



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Союз машиностроителей России
АО «Ульяновский НИАТ»
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

IV Международная научно-производственная конференция,
приуроченная ко Дню Российской науки
и 35-летию АО «Ульяновский НИАТ»
(Россия, Ульяновск, 7-8 февраля 2019 г.)
Сборник научных трудов

Ульяновск
УлГТУ
2019



The Ministry of education and science
of the Russian Federation
Russian engineering union
PC "Ulyanovsk Research Institute of Aviation Technology
and Production Organization"
Ulyanovsk State Technical University
Department of Material Sciences and Fabricating Technology
Department "technology of blanking-die forging"

Science, theory and practice of the aviation industry cluster of modern Russia

Proceedings of the IV international scientific and production conference
dedicated to the Day of Russian science
and 35th anniversary of PC "Ulyanovsk Research Institute of Aviation
Technology and Production Organization"
(Russia, Ulyanovsk, 7-8 February 2019)
Collection of proceedings

Ulyanovsk
UISTU
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Союз машиностроителей России
АО «Ульяновский НИАТ»
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**

IV Международная научно-производственная конференция,
приуроченная ко Дню Российской науки
и 35-летию АО «Ульяновский НИАТ»
(Россия, Ульяновск, 7-8 февраля 2019 г.)
Сборник научных трудов

Ульяновск
УлГТУ
2019

УДК 629.7:658
ББК 39.5+30.6Я43
Н 34

УДК 629.7:658

Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России. IV Международная научно-производственная конференция, приуроченная ко Дню Российской науки и 35-летию АО «Ульяновский НИАТ». (Россия, Ульяновск, 7-8 февраля 2019 г.) : сборник научных трудов. – Ульяновск: УлГТУ, 2019. – 182 с.

В сборник вошли тезисы докладов, представленных на IV Международной научно-производственной конференции, приуроченной ко Дню Российской науки и 35-летию АО «Ульяновский НИАТ» «Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и моделирование технологических процессов в авиационной и других отраслях промышленности», проводимой АО «Ульяновский НИАТ» и УлГТУ.

Издание осуществлено с оригиналов авторов.

ISBN 978-5-9795-1913-5

©Коллектив авторов, 2019
©Оформление. УлГТУ, 2019

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», д.т.н.
Ефимов С. И.	Председатель Ульяновского регионального отделения ООО «Союз Машиностроителей России»
Шишкин В. В.	Директор ИАТУ УлГТУ, доцент, к.т.н.
Кокорин В. Н.	Зав.каф. «Материаловедение и обработка металлов давлением» УлГТУ, д.т.н., профессор
Гречников Ф. В.	Зав. каф. «Обработка металлов давлением» Самарского НИУ им. академика С.П.Королева (г. Самара), академик РАН, профессор, д.т.н.
Закиров И. М.	Академик АН РТ, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры прочности конструкций КНИТУ им. А.Н. Туполева – «КАИ» (г. Казань), д.т.н.
Милюков С. Ф.	Директор Ульяновского филиала ПАО «Корпорация «Иркут»
Рыжаков С. Г.	Директор Ульяновского филиала ПАО «Туполев»
Филимонов В. И.	Профессор кафедры «Материаловедение и обработка металлов давлением» УлГТУ, д.т.н.
Пирогов А. Н.	начальник УИП АО «Авиастар-СП»
Марковцева В. В.	Ответственный секретарь Конференции, н.с. АО «Ульяновский НИАТ»

Уважаемые коллеги!

IV-я международная научно-производственная конференция «Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и упрочения технологической оснастки в авиационной и других отраслях промышленности» в 2019 году приурочена к Дню российской науки и 35-летию АО «Ульяновский НИАТ». Основная цель данного мероприятия остается прежней – расширить научно-теоретическую, научно-производственную, технико-технологическую, социально-гуманитарную актуальность тематик кафедр «Материаловедение и обработка металлов давлением» (ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»), «Технологии заготовительно-штамповочного производства» (УлГТУ – АО «Ульяновский НИАТ»). С 2017 года в структуре конференции организована Гуманитарная секция. Научные проблемы, которые поднимаются в ходе ее работы, расширяют понимание роли и значения человеческих ресурсов в динамических процессах новейших технологий авиационного кластера современной России.

Несмотря на ярко выраженный научно-производственный аспект данной НПК, в содержании многих докладов так или иначе были представлены проблемы и достижения современной науки, образования, культуры.

Диапазон научно-теоретического, инженерно-гуманитарного, производственного проектирования тем участников конференции касался всех сторон современной организации производства авиационной и других отраслей промышленности.

Конференция «Инновации в технологиях формообразования листовых материалов и упрочения технологической оснастки в авиационной и других отраслях промышленности» продолжает оставаться актуальной научной «площадкой» идей, концепций, изобретений, опытных технологий, способствующих развитию связи науки с промышленным комплексом Ульяновского региона, страны.

Оргкомитет конференции.

Секция 1

«Заготовительно-штамповочное производство в машиностроении»

УДК 621.981

**ПОЛУЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОПЕРАЦИЕЙ ГИБКИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА****Волгушев А. А.¹, Нестеренко Е. С.²***1 – магистр 1 года обучения (направление Металлургия 22.04.02)**2 – доцент кафедры обработки металлов давлением Самарского университета*

Аннотация. Представлен процесс гибки деталей с углом менее 90 градусов в штампе с упругим элементом. В процессе гибки в изделии происходит процесс упруго-пластической деформации. После снятия усилия происходит эффект упругого пружинения – угол детали увеличивается. Упругий элемент позволяет уменьшить угол пружинения и добиться необходимых геометрических размеров.

Ключевые слова: гибка, листовая штамповка, упругий элемент, напряжение, деформация, угол пружинения.

**OBTAINING DETAILS OF THE BEND OPERATION WITH THE USE
ELASTIC ELEMENT****Volgushev A. A.¹, Nesterenko E. S.²***1 – master's degree 1 year Samara University (direction training Metallurgy 22.04.02)**2 – assistant professor of the department of metal forming Samara University*

Abstract. The work presents the process of bending parts with an angle of less than 90 degrees in the die with an elastic element. In the process of bending in the part there is a process of elastic and plastic deformations. After removing the force, the effect of elastic reflex occurs, the angle of the part increases. The elastic element allows to reduce reflex angle and achieve the required geometric dimensions.

Key words: bending, sheet-metal forming, elastic element, stress, strain, reflex angel.

О том, что существует проблема получения деталей с точными размерами, известно давно. И проблема их получения – упругое пружинение при деформировании полуфабрикатов. Гнутые детали после снятия со штампа распружинивают упруго и меняют угол гибки на величину угла пружинения. Угол пружинения зависит от механических свойств и толщины материала, радиуса гибки, формы детали и способа гибки. Угол пружинения определяется аналитически путем расчета величины напряжений и упругой деформации, а также и экспериментально, посредством испытаний и замеров.

Существует множество способов одноугловой гибки. К примеру, гибки в инструментальном штампе, представленная ниже на рисунке 1 [1].

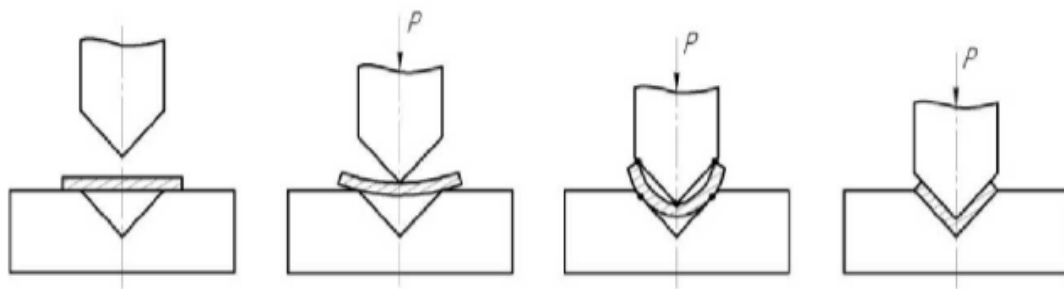


Рис. 1. Гибка в инструментальном штампе

Процесс достаточно прост, но при удалении из штампа получается деталь с увеличенным углом. Плюсом ко всему, такая оснастка не является универсальной и рассчитывается индивидуально для каждого материала, углагиба, а значит, такой способ не подойдет мелкосерийному и единичному производству. Существует способ штамповки в эластичной среде. Схема штамповки в эластичной среде представлена ниже на рисунке 2 [1].

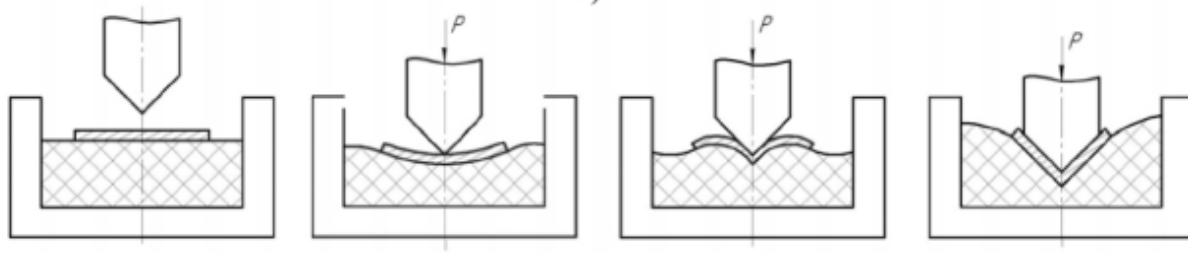


Рис. 2. Схема штамповки в эластичной среде

Хоть и в резине идёт большее компенсирование напряжений, но пружинение никуда не уходит, а значит, нужный угол не получается. Также, калибруя деталь, получить точный размер не получится, а угол пружинения лишь незначительно уменьшится. Чтобы решить проблему получения изделий из разных материалов с одинаковым углом в одном штамповой оснастке, предложен новый способ получения изделий в гибочном штампе с использованием упругого элемента [2-3].

На рисунке 3 представлена принципиальная схема штампа с использованием упругого элемента.

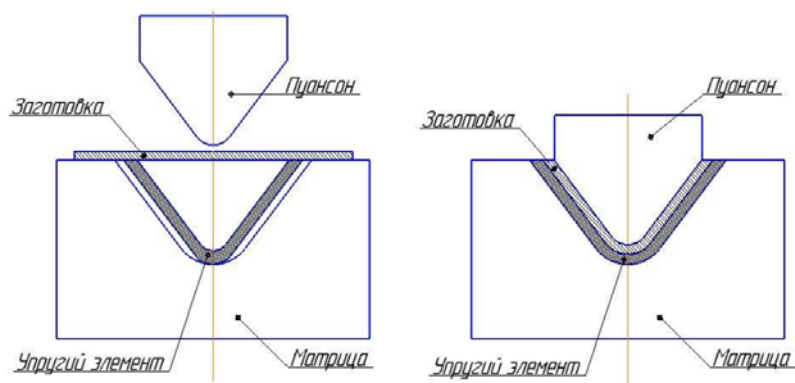


Рис. 3. Принципиальная схема штампа с использованием упругого элемента

В работе будут исследованы заготовки из сталей 08пс, AISI 304 и 08ГСЮТ толщиной 1 мм.

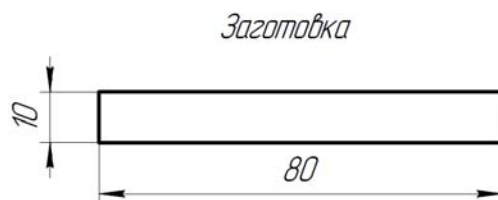


Рис. 4. Схема заготовок

Исходя из книги В.П. Романовского [2], формула для определения одностороннего угла упругого пружинения для V-образной гибки выглядит следующим образом:

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \frac{l}{kS} \cdot \frac{\sigma_T}{E}, \quad (1)$$

где β – угол пружинения (односторонний), град; k – коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя; l – расстояние между опорами, мм; σ_T – предел текучести материала, МПа; E – модуль упругости, МПа. Формула усилия V-гибки без калибровки приведена в В.П. Романовском [4] в таблице 43 и выглядит следующим образом:

$$P = BS\sigma_B k_1, \quad (2)$$

где B – ширина полосы, мм; S – толщина полосы, мм; σ_B – предел прочности, МПа; k_1 – коэффициент для свободногогиба, описанный в таблице 44 [4]. Упругий элемент изготовлен из пружинно-рессорной стали 70. Острые кромки притуплены. Угол пружинения детали учтён в нашем упругом элементе, и этот элемент будет поджимать деталь, тем самым калибруя необходимый нам угол в 30° [5]. Для того, чтобы получить нужный нам угол, к примеру, в $30^\circ 20'$, нам необходимо произвести наладку, т.е. настроить необходимый ход пресса и отрегулировать закрытую высоту штампа. Возможны 3 схемы штамповки:

- когда упругий элемент не участвует в калибровке детали либо его усилия ничтожно малы, то есть момент соприкосновения детали с упругим элементом;
- когда упругий элемент частично участвует в калибровке, то есть промежуточный этап, когда упругий элемент частично касается и матрицы, и детали;
- когда упругий элемент полностью участвует в калибровке, то есть полностью касается и матрицы, и детали.

Схемы представлены на рисунках 5-7:

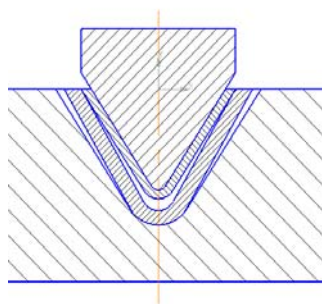


Рис. 5. Схема штамповки, когда упругий практически не касается детали

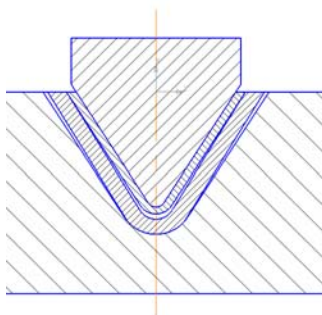


Рис. 6. Схема штамповки, когда деталь частично касается упругого элемента

В данной схеме упругий элемент частично меняет свой угол и переходит в упругое состояние. Именно эта схема на рисунке 12 позволяет нам менять угол посредством наладки хода пуансона, тем самым подбирая необходимый нам, учитывая упругие пружинения.

На рисунке 7 представлена последняя схема штамповки с упругим элементом.

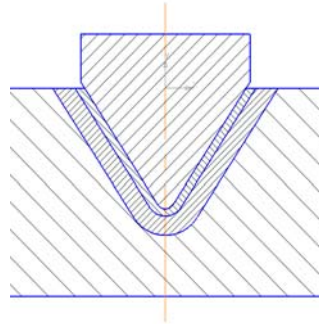


Рис. 7. Схема штамповки, когда деталь полностью касается упругого элемента

Данная схема является крайним положением, когда деталь полностью касается упругого элемента.

Из представленных выше схем мы видим, что можем варьировать угол детали в некоторых пределах, добиваясь необходимого нам значения.

Возьмём уголгиба γ равный 30 градусов. Гнуть будем вдоль и поперёк проката. Углы пружинения будут отмечены как α , а получившиеся углы δ . Теоритические расчёты углов приведены ниже

$$\gamma = 30^\circ; \alpha_{08\text{пс}} = 1,2789^\circ = 1^\circ 17'; \delta'_{08\text{пс до}} = 28^\circ 43';$$

$$\gamma = 30^\circ; \alpha_{\text{AISI 304}} = 1,4324^\circ = 1^\circ 26'; \delta'_{\text{AISI 304 до}} = 28^\circ 34';$$

$$\gamma = 30^\circ; \alpha_{08\text{ГСЮТ}} = 1,902^\circ = 1^\circ 54'; \delta'_{08\text{ГСЮТ до}} = 28^\circ 06';$$

Отштамповав нашу деталь в штампе с упругим элементом, мы имеем следующие значения углов δ :

$$\delta_{08\text{пс вдоль после}} = 30^\circ 18'; \delta_{08\text{пс поперёк после}} = 29^\circ 55';$$

$$\delta_{\text{AISI 304 вдоль после}} = 29^\circ 31'; \delta_{\text{AISI 304 поперёк после}} = 29^\circ 22';$$

$$\delta_{08\text{ГСЮТ вдоль после}} = 29^\circ 10'; \delta_{08\text{ГСЮТ поперёк после}} = 28^\circ 53';$$

Сравнив значения δ и δ' до и после с теоретическими, мы получаем следующие значения Δ - разницу между теоретическим и практическим значением:

$$\Delta_{08\text{пс вдоль проката}} = 30^\circ 18' - 28^\circ 43' = 1^\circ 35';$$

$$\Delta_{08\text{пс поперёк проката}} = 29^\circ 55' - 28^\circ 43' = 1^\circ 12';$$

$$\Delta_{\text{AISI 304 вдоль проката}} = 29^\circ 31' - 28^\circ 34' = 57';$$

$$\Delta_{\text{AISI 304 поперёк проката}} = 29^\circ 22' - 28^\circ 34' = 48';$$

$$\Delta_{08\text{ГСЮТ вдоль проката}} = 29^\circ 10' - 28^\circ 06' = 1^\circ 04';$$

$$\Delta_{08\text{ГСЮТ поперёк проката}} = 28^\circ 53' - 28^\circ 06' = 47';$$

Именно на это значение уменьшился угол пружинения у деталей благодаря введению упругого элемента.

Из результатов мы видим, что упругий элемент уменьшает угол пружинения, но не настолько, чтобы ввести его в массовое производство. Эта конструкция скорее относится к полезной модели в единичном или мелкосерийном производстве, где используются специализированные штампы для получения деталей. С её помощью мы можем регулировать угол детали, обеспечивая высокую точность.

Список литературы

1. Специальные виды штамповки. Часть 1 Штамповка эластичными средами: учеб. пособие / В. А. Глушников. - Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2008, - 72 с.: ил.
2. Нестеренко Е.С. Способ гибки V-образной детали в штампе с упругими элементами // Процессы пластического деформирования авиакосмических материалов. Наука, технология, производство («Металлдеформ-2017»). — 2017. — С. 61-63.
3. Волгушев А.А., Нестеренко Е.С. Исследование процесса гибки V-образных деталей // Международная молодежная научная конференция, посвященная 110-летию со дня рождения академика С.П. Королева, 75-летию КуАИ-СГАУ-СамГУ-Самарского университета и 60-летию со дня запуска первого искусственного спутника Земли. — 2017. — Т. 1. — С. 467.
4. Справочник по холодной штамповке / Романовский В. П. 6-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1979. - 520 е., ил.
5. Схема штампа для операции гибки V-образных деталей / Волгушев А.А., Нестеренко Е.С. // Сборник тезисов докладов международной конференции «Гагаринские чтения». Т. 3. – М.: МАИ. 2018. – С. 260.

УДК 673

**ШТАМПОВКА ПОЛУСФЕРЫ ИЗ СПЛАВА АМЦ В ШТАМПЕ
С УПРУГИМИ МАТРИЦЕЙ И ПРИЖИМОМ****Дикуша А. А.¹, Нестеренко Е. С.²**

1 – магистрант Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, Самара

2 – к.т.н., доцент кафедры «ОМД» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, Самара

Аннотация. Полусферу с широким фланцем получают, используя процесс вытяжки. Типовые дефекты, которые могут появиться при выполнении операции: разрушение заготовки в процессе деформирования, потеря устойчивости заготовки, высокая степень разнотолщинности фланца. Предлагаемый способ вытяжки, вытяжка в штампе с упругими матрицей и прижимом, позволит свести к минимуму данные дефекты и значительно улучшить качество поверхности получаемой детали.

Ключевые слова: листовая штамповка, технологический процесс, вытяжка, штамп для глубокой вытяжки осесимметричных деталей, упругое кольцо.

**STAMPING HEMISPHERE FROM ALLOY AMTS IN THE STAMP WITH
AN ELASTIC CLAMP AND MATRIX****Dikusha A. A.¹, Nesterenko E. S.²**

1 – the student gr. 1239, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

2 – Ph. D., associate Professor, DEP. Processing of metals by pressure, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

Abstract. The hemisphere with a wide flange is obtained using a drawing process. Typical defects that may occur during the operation: the destruction of the workpiece in the process of deformation, loss of stability of the workpiece, a high degree of thickness variation of the flange. The proposed method of drawing, drawing in a stamp with an elastic matrix and a clamp, will minimize these defects and significantly improve the surface quality of the resulting part.

Key words: sheet stamping, technological process, drawing, stamp for deep drawing of axisymmetric parts, elastic ring.

Широкое применение в авиастроении имеют полые тонкостенные осесимметричные детали, например полусфера, обладающие достаточно высокой прочностью, жесткостью и небольшим весом. Детали типа полусфера получают процессом вытяжки.

Вытяжка происходит за счет пластической деформации, которая сопровождается смещением значительного объема металла в область широкого фланца. При большой степени деформации, соответствующей глубокой вытяжке, и при малой разнотолщинности материала, смещенный объем является причиной образования гофров (волн) на деформированной заготовке.

Вытяжка детали с фланцем

Технологические расчеты вытяжки сферических деталей с фланцем имеют ряд отличительных особенностей. При вытяжке деталей с широким фланцем следует строго соблюдать основные правила:

1. в первую операцию вытягивается деталь с заданным по чертежу диаметром фланца (с прибавлением припуска на обрезку) при допустимых коэффициентах вытяжки;

2. в последующих операциях производится перераспределение металла вытянутой сферической части заготовки путем увеличения высоты и уменьшения диаметра вытяжки без деформирования фланца, полученного в первой операции, и без изменения его диаметра;

3. в первой операции в матрицу должно быть втянуто столько металла, сколько требуется для образования окончательно вытянутой части изделия и металла, обратно посаженного на плоскость фланца в последующих операциях (находится подсчетом и графическим построением) [1].

При анализе прямой однопереходной вытяжки сферообразного днища с прижимом и интенсивным перемещением фланца заготовки следует различать несколько зон очага деформаций со сложным напряженно-деформированным состоянием: зону контакта заготовки с матрицей, состоящую из участка, находящегося под прижимом, и участка заготовки, контактирующего со скругленной кромкой матрицы, зону заготовки, свободную от контакта с пуансоном и матрицей, зону контакта заготовки с выпуклой центральной частью пуансона [2].

Штамп для вытяжки полусферы с широким фланцем

Учитывая особенности процесса вытяжки сферической детали с фланцем и дефекты, возникающие с заготовкой в процессе деформирования, была разработана схема процесса вытяжки, на основе штампа для глубокой вытяжки осесимметричных заготовок [2].

На рисунке 1 представлена схема процесса вытяжки детали на штампе с упругими прижимом и матрицей.

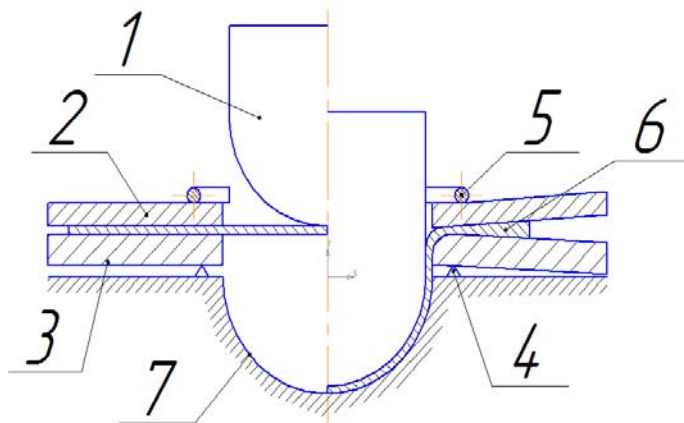


Рис. 1. Схема процесса вытяжки в штампе с упругими прижимом и матрицей
1 - пуансон, 2 - прижим, 3 - матрица, 4 - опорное кольцо, 5 - упругое прижимное кольцо, 6 - заготовка, 7 - калибровочная матрица

Штамп состоит из пуансона 1 с упругими элементами прижимом 2 и матрицей 3, опорного кольца 4, упругого прижимного кольца 5, калибровочной матрицы 7.

В процессе вытяжки опорное кольцо 4 неподвижно. Неравномерное изменение толщины фланца заготовки 6 при глубокой вытяжке тонколистового материала возможно учесть в штампе с упругими прижимом 2 и матрицей 3. Заготовку 6 устанавливают на упругую матрицу 3. К заготовке 6 подводят прижим 2 с упругим прижимным кольцом 5. Вытяжка осуществляется с помощью пуансона 1. Фланец заготовки 6 во время вытяжки прижат упругим кольцом 5, на которое передается усилие прижима 2. Усилие прижима 2 равномерно распределяется по всей поверхности фланца заготовки 6.

Прижим 2 и матрица 3 имеют форму колец. В процессе вытяжки фланец заготовки 6 перемещается между упругим прижимом 2 и рабочей поверхностью упругой матрицы 3. В результате неравномерности деформаций в процессе вытяжки угол естественного утолщения фланца заготовки 6 постоянно меняется. Упруго деформируясь, прижим 2 и матрица 3 меняют угол между рабочей поверхностью матрицы 3 и рабочей поверхностью прижима 2, повторяя угол заготовки 6. При этом давление прижима 2 и матрицы 3 равномерно распределяется по поверхности фланца. Усилие на прижим 2 передается через прижимное кольцо 5, расположенное по внешнему радиусу прижима 2. В процессе вытяжки под действием усилия прижим 2 и матрица 3 будут упруго деформироваться. Величина этого упругого перемещения ограничена упругими свойствами материала оснастки, которые должны превышать $\Delta s_{\max}$ максимальную величину разнотолщинности на фланце [3].

Расчет процесса вытяжки полусферической осесимметричной детали из сплава АМц в штампе с упругими элементами

Для проведения расчета процесса вытяжки была рассмотрена заготовка с диаметром 74 мм из алюминиевого сплава АМц толщиной 1 мм.

Использовалась инженерная методика расчета процесса [4-5]. Были получены следующие данные процесса вытяжки:

Усилие вытяжки: $P = 3,2 \text{ кН}$.

Величина максимальных напряжений на радиусе закругления кромки матрицы:

$$\sigma_{\kappa \max} = 19,32 \text{ МПа}$$

Величина главных меридиональных напряжений в нейтральном сечении:

$$\sigma_{Rc} = 83,9 \text{ МПа}$$

Разнотолщинность на фланце составляет 25% .

На рисунке 2 представлен график распределения напряжений на фланце.

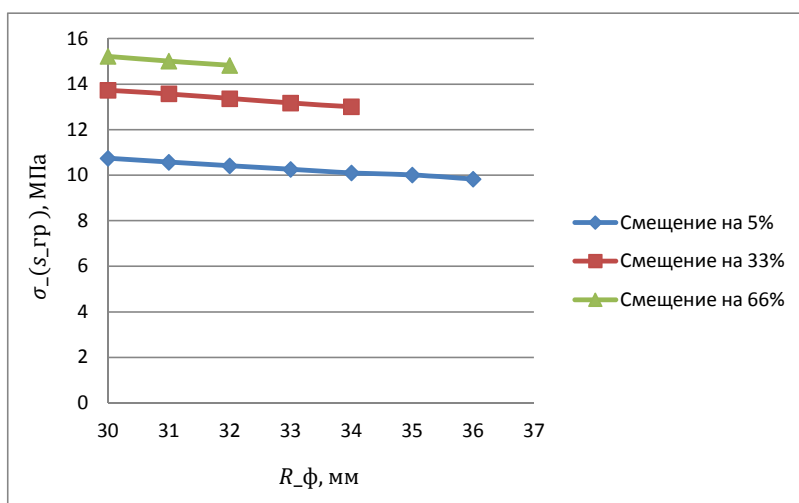


Рис. 2. График распределения напряжений на фланце

Усилие прижима: $Q = 2,12 \text{ кН}$.

Был произведен расчет упругих элементов штампа [6]: прижима и матрицы.

На рисунке 3 представлены результаты расчета высоты прижимного кольца.

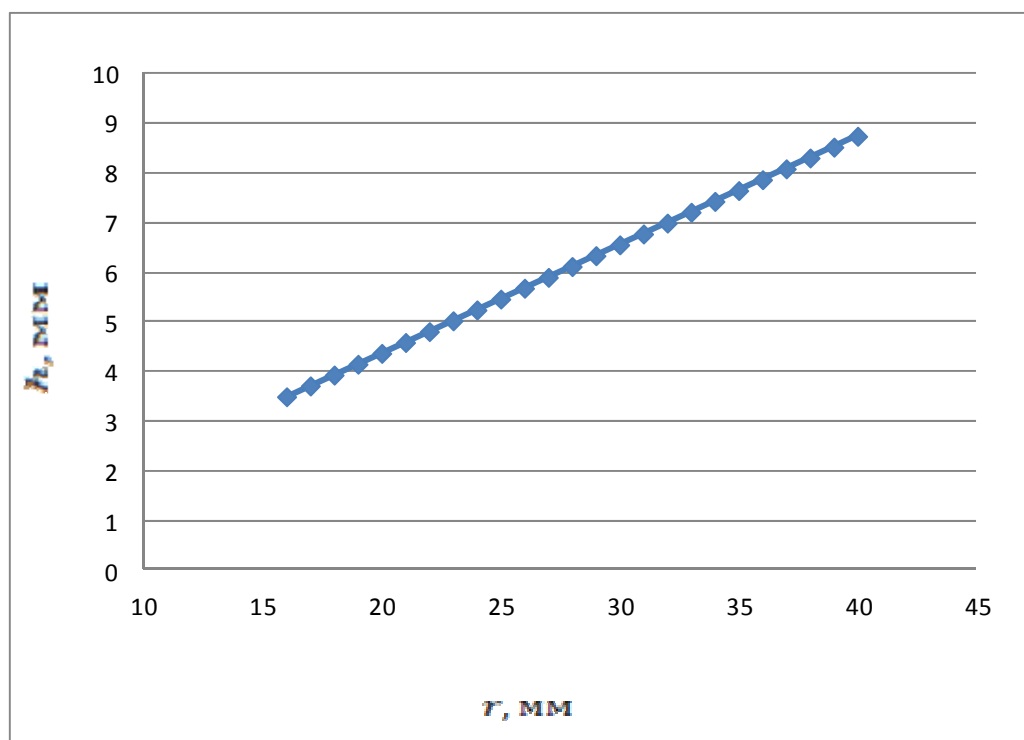


Рис. 3. Высота прижимного кольца

На рисунке 4 представлены результаты расчета высоты матрицы.

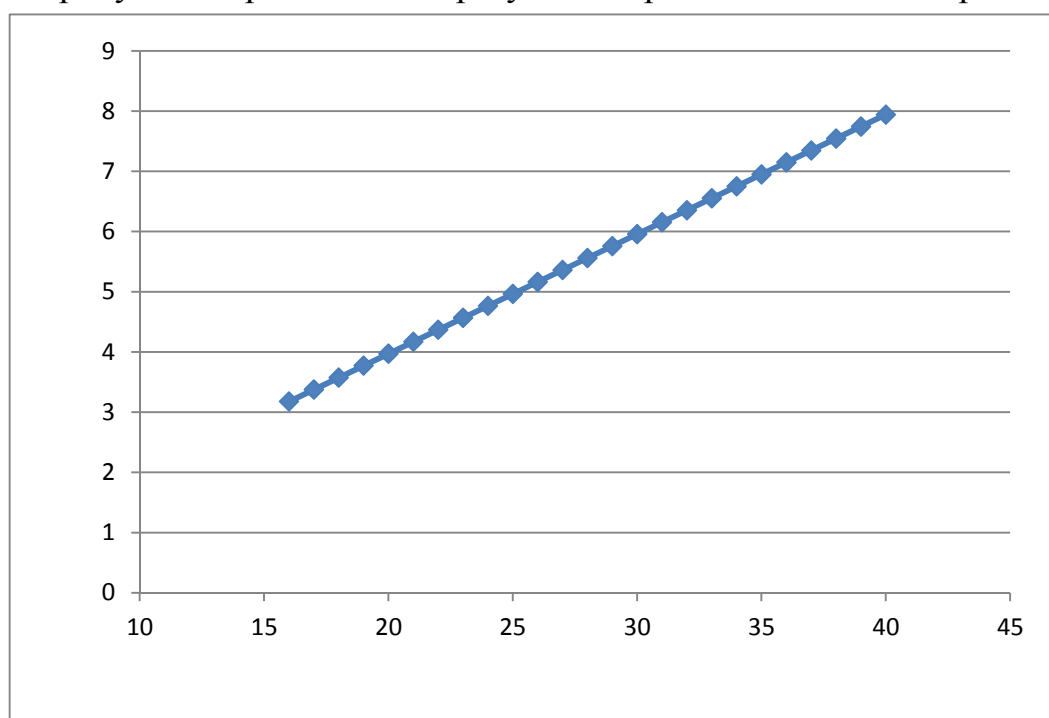


Рис. 4. Высота матрицы

ВЫВОДЫ

В данной работе был исследован новый процесс вытяжки сферических деталей типа полусфера с широким фланцем в штампе с упругим элементом.

Произведен расчет процесса. Напряжения, возникающие в процессе получения изделия, не превышают предельно допустимых.

Произведен расчет параметров штамповой оснастки.

Выявлена особенность влияния упругого элемента на ход процесса, заключающаяся в создании дополнительных растягивающих напряжений, которые препятствуют гофрообразованию.

Разнотолщинность на фланце не превышает 25%, что меньше чем при штамповке в штампе без упругого прижима, которая составляет 35%.

Данный способ можно применять для штамповки полусферы с широким фланцем.

Список литературы

1. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520с.

2. Дикуша А.А., Нестеренко Е.С. Способ штамповки деталей с широким фланцем [Текст] / А.А. Дикуша, Е.С. Нестеренко // Тезисы докладов XLIV Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения». Москва, 2018г – с.265, т.3.

3. Пат. 2494830 Российская Федерация, В21D22/20. Штамп для глубокой вытяжки осесимметричных деталей [Текст] / Попов И.П., Нестеренко Е.С., Кузина А.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский институт)" (СГАУ) – 2011149621/02; заявл. 06.12.2011; опубл. 10.10.2013, Бюл.№28.

4. Мельников, Э.Л. Холодная штамповка днищ [Текст] / Э.Л. Мельников. – М.: Машиностроение, 1986. – 192с.

5. Бояршинов, С.В. Основы строительной механики машин [Текст]: Учебное пособие для студентов вузов / С.В. Бояршинов. – М.: Машиностроение, 1987. – 456с.

6. Нестеренко, Е.С., Кузина, А.А. Вытяжка осесимметричных деталей в штампе с упругими матрицей и прижимом [Текст] / Е.С. Нестеренко, А.А. Кузина // Заготовительные производства в машиностроении. – 2011 - №5. – С. 28-30.

УДК 67.02

**ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЯЧЕИСТЫХ СКЛАДЧАТЫХ
ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНОЙ БУМАГИ
С НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫМ ПОКРЫТИЕМ****Закиров И. М.¹, Семешко М. А.², Каримова Г. Г.³***1 – Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева**2 – ведущий инженер, ООО «Фирма МВЕН»**3 – Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполев*

Аннотация. Статья посвящена разработке экспериментального технологического оборудования для формообразования ячеистых заполнителей из полимерных бумаг с наномодифицированным заполнителем. Описывается технология изготовления таких заполнителей, включающая операции: нанесение упрочняющего покрытия на исходную листовую заготовку; биговку; складывание, термофиксацию. Рассмотрены особенности операции биговки полимерной бумаги с упрочняющим покрытием.

Ключевые слова: полимерная бумага, наномодификация, покрытие, биговка, складывание.

**FORMING A MESH OF FOLDED FILLER FROM THE POLYMER
PAPER NOMEX NANOMODIFICATION COATING****Zakirov I. M.¹, Semeshko M. A.², Karimova G. G.¹***1 – Kazan National Research Technical University named after A. N. Tupolev – KAI**2 – chief engineer, LLC "MVEN"**nurzak@mail.ru, kgg_1@mail.ru*

Abstract. The article is devoted to the development of experimental technological equipment for the formation of cellular fillers from polymer papers with nanomodified filler. Describes the technology of production of such aggregates, including operations of applying reinforcing coating on the original sheet workpiece; creasing; folding, thermofixation. The peculiarities of the operation of creasing polymer paper with a reinforcing coating.

Key words: plastic paper, nano-modification, coating, creasing, folding.

Наиболее перспективный путь повышения прочностных и эксплуатационных характеристик КМ – модифицирование полимерно-композиционной среды наночастицами. Применение наночастиц изменяет схему взаимодействия армирующего материала и матрицы с макроуровня на

уровень молекулярного взаимодействия. Высокая адгезионная прочность взаимодействия компонентов материала, в случае модифицирования наночастицами, обуславливает повышение прочности, жесткости, ударо- и трещиностойкости материала. Прогнозируется, что даже небольшое количество наномодификатора (от 0,5 до 7,5% от массы композиции) позволит получить материал с заданными свойствами.

Использование наномодифицированной ячеистой структуры меньшей плотности (взамен заполнителя из пенопласта – складчатый заполнитель типа М-гофр и Z-гофр) из материала Nomex® и Kevlar®, уменьшение количества связующих компонентов, применяемых при изготовлении деталей, приводит к снижению массы и стоимости панелей из ПКМ. На экономические показатели так же влияет и снижение трудоемкости изготовления.

Возможны два варианта схемы изготовления заполнителя для многослойных панелей из полимерных бумаг (рис. 1).



Рис. 1. Пути получения заполнителя из полимерных бумаг

В соответствии с генеральным маршрутным технологическим процессом изготовления многослойных панелей из композиционных обшивок и заполнителя из материалов Nomex® и Kevlar® с наномодифицированным покрытием предлагается следующее технологическое экспериментальное производство многослойных панелей и узлов ЛА.

Проведенными ранее исследованиями было установлено, что наиболее рациональным в условиях экспериментального производства складчатого ячеистого заполнителя (СЯЗ) является метод нанесения связующего пневматическим распылением. Устройство для его реализации, изготовленное на основании разработанного эскизного проекта, включает

штатив 1 (рис.2) с перемещаемым по высоте кронштейном 2, на котором с возможностью переустановки на заданный шаг смонтирована ползушка 3 с укрепленным на ней пневмораспылителем 4. Перемещение распылителя по штанге кронштейна 2 осуществляется поворотом маховичка 5. Ориентация форсунки распылителя производится его поворотом в вертикальной плоскости на штанге кронштейна, а фиксация в нужном положении обеспечивается затяжкой винта 6.

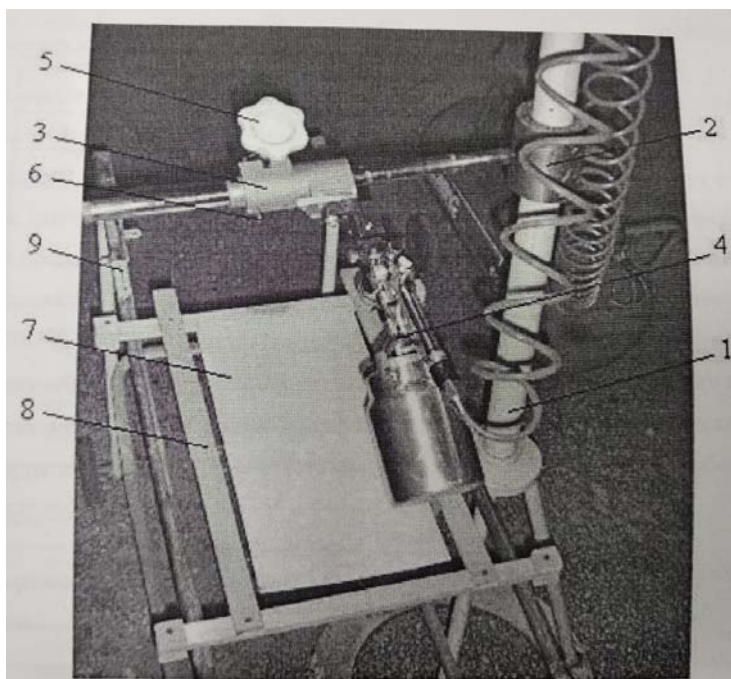


Рис. 2. Установка для нанесения упрочняющего покрытия на заготовку заполнителя

Подлежащая обработке листовая заготовка-карточка 7 размером (с учетом технологических припусков) 300×550 мм из материала Kevlar® толщиной 0,1 мм укрепляется на растяжках в рамке 8, размещаемой на тележке 9. В исходном положении тележка 9 устанавливается под кронштейном 2 таким образом, чтобы сопло распылителя 4 находилось на расстоянии 170 мм от поверхности заготовки 7, а факел распыла покрывал зону около 110 мм в диаметре. После запуска распылителя от пневмосети или компрессора (давление воздуха 0,15 МПа) тележку 9 вручную со скоростью 0,1-0,15 м/с перемещают в направлении, перпендикулярном штанге кронштейна 2, покрывая таким образом связующим полосу, составляющую примерно 1/3 ширины заготовки. В конце хода поворотом маховичка 5 на три полуоборота распылитель перемещают по штанге на один шаг, после чего при обратном ходе тележки 9 обрабатывают следующую часть заготовки. Полностью заготовка покрывается за три хода, после чего рамку 8 переустанавливают и производят покрытие противоположной стороны заготовки 7.

По окончании обработки обеих сторон карточки отключают подачу воздуха, а рамку 8 с заготовкой перемещают в термошкаф, где при температуре 60 °С в течении 0,5 ч производят сушку покрытия.

Процесс двухстороннего нанесения связующего производят необходимое количество раз для получения заданной толщины покрытия.

Режимы термообработки должны обеспечивать получение препрега с состоянием покрытия, позволяющим производить последующие операции по формообразованию СЯЗ без его повреждения с применением определенной технологической оснастки. Такое состояние принято называть «до отлипа». Режимы окончательной термообработки: температура 90-190 °С, общая его продолжительность в ступенчатом цикле 7 часов.

При работах с применением установки для нанесения упрочняющего покрытия методом пневмораспыления следует предпринимать меры защиты органов дыхания согласно инструкциям по проведению соответствующих работ с соблюдением требований пожарной безопасности.

Технологические процессы и соответствующее технологическое оснащение для изготовления обшивок и деталей каркаса ЛА, а также для сборки и склеивания панелей, достаточно хорошо обработаны. Поэтому важным представляется освоение новых производственных процессов, связанных с получением нового композиционного материала и освоением новых технологических процессов изготовления из этого материала складчатого ячеистого заполнителя (М-гофр). С этой точки зрения обоснование состава технических характеристик технологического оснащения более подробно было проведено главным образом применительно к процессу формообразования ячеистого складчатого заполнителя, как нового по конструкции и наиболее ответственного элемента, учитывая использование для его изготовления ПКМ, полученных с применением нанотехнологий.

Ранее было установлено, что наибольшую точность при формообразовании складчатых конструкций из арамидных бумаг можно обеспечить по технологической схеме двухэтапного процесса, включающего следующие основные операции:

- биговка – предварительное формообразование;
- складывание – доведение формы складчатого заполнителя (параметров его структуры) до номинала.

Биговка

Необходимость выполнения операции биговки, причем в большей степени для заполнителя ячеистой структуры типа М-гофр, обусловлена особенностью данной структуры. Только выполнение биговки, т.е. продавливание в бумаге канавок по линиям выступов и впадин гофров с обеих сторон заготовки (в соответствующем направлении) обеспечивает необходимые определенность положения складки и четкость сгиба.

Конструктивное решение технологического оснащения, в частности, использование в биговальном инструменте эластичного элемента позволяет при биговке одновременно получить на заготовке определенную рельефность. Все это в целом существенно облегчает дальнейшее складывание конструкции.

В соответствии с предложенной технологической схемой формообразования были разработаны и конструктивные схемы оборудования (технологического оснащения) для ее реализации. В дальнейшем на базе этих конструктивных схем были разработаны основные элементы экспериментально-опытного технологического оснащения для формообразования ЯСЗ.

При разработке оборудования для формообразования плоского ячеистого заполнителя (М-гофр), заполнителя регулярной структуры, использовался опыт работы по заполнителю структуры Z-гофр. Практика формообразования заполнителей из тонкой арамидной бумаги показывает, что только плотное смыкание смежных участков изгибаемого материала позволяет реализовать минимальный радиус изгиба, получить четкую складку на сгибе и тем самым обеспечить заданную точность формы всей конструкции. Существенным отличием структуры М-гофр и Z-образной структуры является то, что лишь часть граней гофров может быть сведена до полного их взаимного соприкосновения. Указанная особенность ячеистой структуры в значительной степени усложняет процесс формообразования, требуя более выраженного отпечатка биговального инструмента на материале заготовки. В то же время технологические возможности в этом плане существенно ограничены, что обусловлено относительно низкой прочностью бумаги практически минимальной толщины.

Очевидно, что условия массового производства заполнителя предполагают использование наиболее производительных техпроцессов, в частности, основанных на применении «бесконечных» заготовок и ротационных машин для непрерывного формообразования СЗ. Технологическое оборудование в этом случае может быть скомпоновано в поточную линию с раскатом для бумаги (препрега) на одном конце и устройством резки СЗ на блоки заданного размера – на другом. В таком исполнении процесс поддается автоматизации, что важно для массового производства.

Экспериментальная установка для формообразования ячеистого складчатого заполнителя конструктивно включает два основных устройства – агрегат биговки и агрегат складывания.

Агрегат биговки содержит два основных элемента: узел продольной биговки и узел продольно-поперечной биговки.

Узел продольной биговки представляет собой ротационное устройство для выполнения бигов по пилообразным линиям впадин гофров с одной стороны заготовки.

Складывание

На этой операции производится сведение гофров преформы после предварительного формообразования в процессе биговки. В зависимости от параметров структуры заполнителя и характеристик материала заготовки складывание может производиться в несколько переходов. Агрегат складывания представляет собой многопарную систему приводных сборочных валков, смонтированных на общей раме. Каждая пара валков выполнена в виде сердечников, на которых через дистанционные втулки установлены 8-лучевые звездочки из листового материала. По вершинам звездочек выполнены радиальные пазы, в которых укреплены пластинчатые элементы, соединяющие звездочки и образующие таким образом восемь зигзагообразных лопаток, ориентированных вдоль оси валка.

Заключение

В ходе выполнения работ были сформулированы и обработаны предложения по технологическому оснащению производства многослойных ПКМ-панелей со складчатым заполнителем применительно к требованиям Заказчика, исходя из условий объемов производства, достигнутого уровня технологий, а также выбранной номенклатуры панелей летательных аппаратов (ЛА), в которых предполагается использование лёгкого ячеистого заполнителя складчатого типа. При этом также учитывалась специфика, обусловленная применением фуллероидных наномодифицикатов, используемых для повышения прочностных характеристик ПКМ, находящихся применение в конструктивных элементах ЛА.

Из наномодифицированной полимерной бумаги были изготовлены образцы ЯСЗ, а также многослойные панели на их основе в количестве 20 шт. Для проведения механические испытания на изгибную и сдвиговую жесткость панелей была спроектирована и изготовлена специализированная оснастка.

Механические испытания на изгибную и сдвиговую жесткость панелей были проведены на испытательных машинах ЦДМУ-30 и СТ-50.

УДК 621.981

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЗАДАЧ ЯВНОЙ ДИНАМИКИ****Илюшкин М. В.***к.т.н., зам. генерального директора по науке АО «Ульяновский НИАТ»*

Аннотация. В статье описаны варианты идентификации упруго-пластических моделей материала применительно к программам динамического анализа LS-DYNA, Ansys Autodyn и др. Описана идентификация кривой упрочнения материала по справочным данным и по данным испытания на одноосное растяжение. Приведены варианты билинейной, кусочно-линейной и степенной аппроксимации кривой упрочнения. Описаны варианты с учетом зоны шейкообразования и разрушения. Определен подход к решению задач с учетом трехосности напряженного состояния (триаксилити).

Ключевые слова: идентификация, модели материалов, LS-DYNA, ANSYS, кривая упрочнения, шейкообразование, трехосность.

**IDENTIFICATION OF ELASTIC-PLASTIC MATERIAL MODELS FOR
TASKS EXPLICIT DYNAMICS****Ilyushkin M. V.***Deputy of general director in science PC "PC «Ulyanovsk Research Institute of Aviation Technology and Production Organization", c.t.s.*

Abstract. The article describes the variants of identification of elastic-plastic material models in the programs of dynamic analysis LS-DYNA, Ansys Autodyn, etc. The identification of the material hardening curve according to reference data and uniaxial tensile test data is described. Variants of bilinear, piecewise linear and power approximation of the hardening curve are presented. The variants are described taking into account the zone of neck formation and destruction. The approach to the solution of problems taking into account the triaxial stress state (triaxiality).

Key word: Identification, material models, LS-DYNA, ANSYS, hardening curve, neck formation, triaxiality.

Развитие процессов листовой штамповки и изготовление гнутых профилей не может происходить без разработки новых технологий и использования новых материалов. В настоящее время для исследования и оптимизации этих процессов служат программы компьютерного расчета и моделирования. При этом использование точных параметров моделей материала является одним из основных требований для выполнения данных

расчетов. От правильного ввода параметров моделей материала зависит как адекватное физическое поведение исследуемого объекта, так и точность прогнозирования его поведения в реальном процессе.

При моделировании различных процессов деформирования металлических материалов оценивают его упруго-пластические свойства и при необходимости параметры разрушения. Это важно как при моделировании технологических операций, таких как, обработка металлов давлением, обработка резанием, так и в процессах удара, краш-тестов, взрывов и др.

Упруго-пластическое поведение металла зависит от его физико-механических свойств и оценивается такими параметрами как:

- модуль Юнга (E);
- коэффициент Пуассона (μ);
- предел текучести (σ_y);
- предел прочности (σ_u);
- относительное удлинение после разрыва (δ).

Это минимальный набор параметров с помощью которых описывается упруго-пластическое поведение любого металла. Эти параметры могут быть найдены как в справочной литературе, так и быть определены из соответствующих испытаний.

Методы явной динамики часто используются при анализе значительных упруго-пластических деформациях, которые сопровождаются разрушением. Например, это разделительные операции ОМД, задачи механообработки, взрывы и др. В этом случае в модель материала вводят параметры разрушения, самым простым из которых является разрушение по максимальной пластической деформации.

Наиболее распространенное испытание упруго-пластичного материала является испытание на одноосное растяжение, позволяющее получить диаграмму растяжения материала.

С точки зрения обработки листового материала исследователя может интересовать различные участки диаграммы растяжения, поскольку в зависимости от рассматриваемого процесса актуальными могут быть различные зоны диаграммы (упруго-пластический переход, зона упрочнения, зона разрушения) (рис. 1).

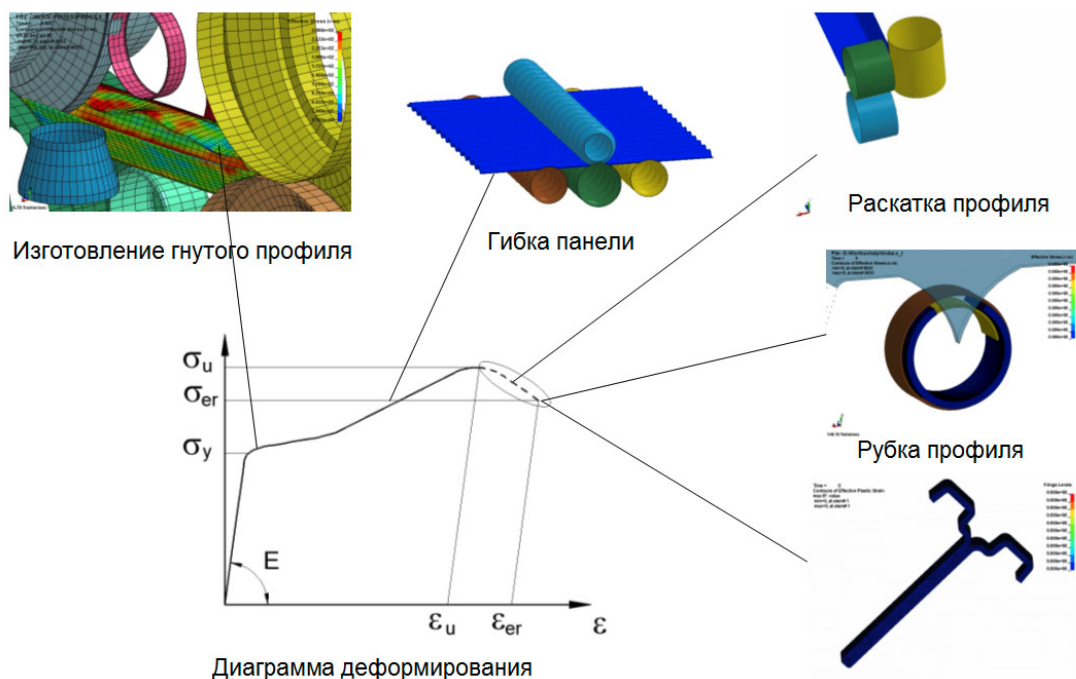


Рис. 1. Рассмотрение различных зон диаграммы растяжения в зависимости от технологического процесса

Исследование диаграммы одноосного растяжения (рис. 2) позволяет выявить 3 основных точки:

1 – предел текучести. Соответствует переходу от упругого состояния в пластическое. При этом деформация соответствует параметру 0,002, напряжение соответствует пределу текучести;

2 – предел прочности. Соответствует окончанию действия однородной деформации в образце. Характеризуется временным сопротивлением по напряжению и соответствующей этому параметру деформации. Этот предел соответствует максимальному усилию на диаграмме одноосного растяжения;

3 – предел разрушения. Соответствует напряжению при котором происходит разрыв образца. Деформация при этом соответствует максимальной деформации в зоне шейкообразования.

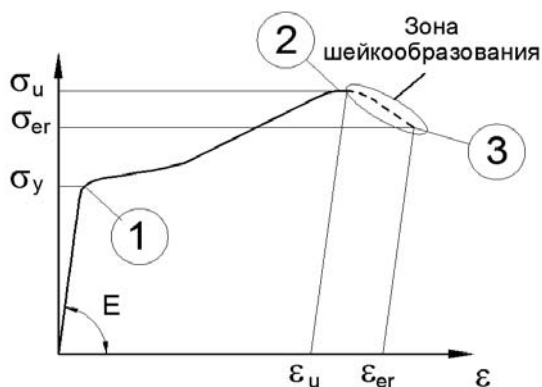


Рис. 2. Характерные точки на диаграмме одноосного растяжения и основные механические параметры

С другой стороны на данной диаграмме можно выделить 3 основные зоны:

- (0-1) – упругая зона;
- (1-2) – зона упрочнения;
- (2-3) – зона шейкообразования.

Наличие процесса шейкообразования в зоне 2-3 связана с локализацией и со значительным ростом деформации в определенной области образца.

В справочной литературе параметр шейкообразования связан со значением поперечного сужения ψ , при этом предельная деформация (деформация разрушения) может быть определена как:

$$\varepsilon_{er} = \ln\left(\frac{1}{1-\psi}\right) \quad (1)$$

При отсутствии в справочных данных параметра ψ предельная деформация может быть найдена по следующей формуле:

$$\varepsilon_{er} = n \cdot \ln(1 + \delta), \quad (2)$$

где n – параметр, связанный с пластичностью материала.

Например, для материала из низкоуглеродистой стали этот параметр может быть принят равным 3.

Все параметры соответствующие упруго-пластическому поведению материала могут быть введены в программы явного анализа LS-Dyna, ANSYS LS-Dyna, ANSYS Autodyn или ANSYS Explicit STR.

График упрочнения может быть представлен в виде аппроксимирующей кривой или функции, которая может быть представлена билинейным, кусочно-линейным, степенным видом.

Билинейная кривая состоит из 2-х линий соответствующих линейной и пластической зоне. Для билинейной кривой требуется ввести пластический (тангенциальный) модуль E_t , который может быть найден по следующей формуле:

$$E_t = \frac{\sigma_{true}^u - \sigma_{true}^y}{\varepsilon_{true}^u - \varepsilon_{true}^y} \cdot E, \quad (3)$$

где E – модуль Юнга.

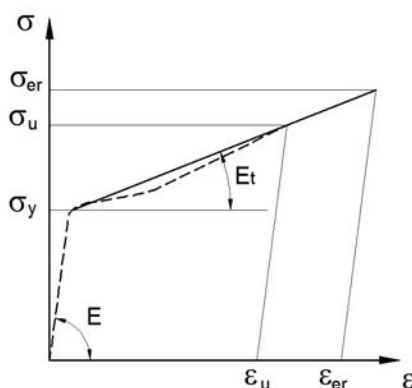


Рис. 3. Аппроксимация диаграммы растяжения билинейным графиком

Билинейная кривая может быть построена как по исходным справочным данным, так и по результатам одноосного растяжения

Зона шейкообразования может быть представлена продолжением пластической кривой, но точность резко уменьшается, поэтому не рекомендуется ее использовать для описания зоны шейкообразования (т.е. не использовать для моделирования процессов разрушения).

В случае кусочно-линейной кривой аппроксимирующая кривая представлена в виде небольших линий точно описывающих истинную кривую растяжения.

Кусочно-линейная кривая строится на базе исходной диаграммы одноосного растяжения.

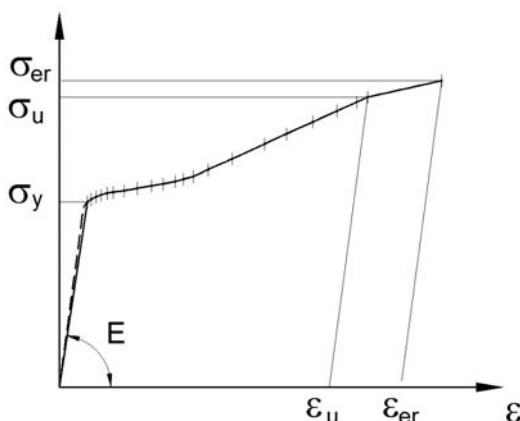


Рис. 4. Аппроксимация кривой растяжения кусочнолинейным графиком

Такой способ является наиболее точным из всех и рекомендуется при моделировании всех процессов.

Из недостатков можно отметить необходимость наличия графика одноосного растяжения после испытания и небольшим увеличением времени расчета.

В другом случае кусочнолинейный график может быть представлен и аппроксимирующей кривой полученный из справочных значений. Например, используя подход Рамберга-Осгуда [1]:

$$e_p = 0,002 \left(\frac{\sigma}{\sigma_{02}} \right)^n, \quad (4)$$

где σ — напряжение,

σ_{02} — предел текучести при 0,2% деформации,

e_p — пластическая деформация,

n — параметр Рамберга-Осгуда.

Из данной формулы вначале рассчитывается значение n при подстановке в формулу значений предела текучести и предела прочности (временного сопротивления):

$$n = \frac{\log e_B - \log e_T}{\log \sigma_B - \log \sigma_{0,2}} \quad (5)$$

После расчета параметра n определяется величина пластической деформации от напряжения (где напряжение $\sigma_i = \frac{\sigma \cdot i}{100}$ при $i=1...100$). Далее создается таблица $e_i = f(\sigma_i)$.

Также может быть использован подход приведенный в источниках [2,3]. В этом случае также используется степенная аппроксимация истинных диаграмм деформирования:

$$\sigma = \sigma_B \left(\frac{e_p}{e_B} \right)^m, \quad (6)$$

где e_p – деформация,

e_B – деформация соответствующая пределу прочности,

e_p – пластическая деформация,

m – параметр упрочнения.

В начальный момент находится параметр m для параметров соответствующих пределу текучести и пределу прочности.

Далее создается таблица значений $\sigma_i = f(e_i)$, где $e_i = \frac{e \cdot i}{100}$, $i=1...100$.

Данные способы рекомендуется использовать при отсутствии диаграммы одноосного растяжения.

Другим способом получения коэффициентов степенной кривой упрочнения является аппроксимация в программе EXCEL (рис. 5).

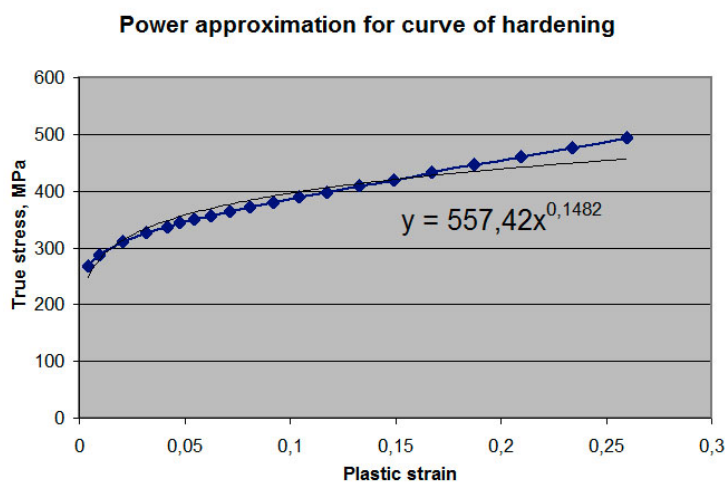


Рис. 5. Аппроксимация кривой упрочнения степенной функцией для стали 3 в программе EXCEL

Степенная функция описывается следующим уравнением:

$$\sigma = ke^n, \quad (7)$$

где k – коэффициент прочности;

n – коэффициент упрочнения.

Данный способ является достаточно точным и рекомендуется к использованию (часто примеряется в листовой штамповке) из-за простоты определения, легкости введения в программу, быстрого расчета.

Полученные параметры вводятся в программу динамического анализа. Например, в программе LS-DYNA можно использовать следующие модели материалов:

MAT 3, 24 – для описания параметров билинейной кривой;

MAT 24 – для описания параметров кусочно-линейной кривой;

MAT 18 – для описания параметров степенной кривой.

Кроме этого имеется достаточно много других способов определения кривых упрочнения позволяющих учитывать:

- температуру деформации;
- скорости деформации;
- анизотропию.

Использование справочных данных для расчета не позволяет с большой точностью смоделировать поведение материала. Для точного расчета нужно использовать тестовые испытания к которым можно отнести:

- испытание на одноосное растяжение;
- испытание на кручение;
- другие испытания.

Эти испытания позволяют получить точную кривую упрочнения и адекватно описать поведение материала.

Приведем последовательность действий для получения кривой упрочнения на базе одноосного растяжения.

Кривая, полученная после одноосного растяжения представляет собой график зависимости

$$F = f(\Delta l), \quad (8)$$

где Δl – удлинение образца на измеряемом расстоянии l_0 ;

F – усилие растяжения.

Из этого графика рассчитываются инженерные напряжения и инженерные деформации:

$$\sigma_{eng} = \frac{F}{S_0}, \quad (9)$$

$$\varepsilon_{eng} = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad (10)$$

где S_0 – исходная площадь образца.

Далее вычисляются логарифмические деформации и логарифмические напряжения (истинные значения)

$$\sigma_{true} = \sigma_{eng} (1 + \varepsilon_{eng}), \quad \varepsilon_{true} = \ln(1 + \varepsilon_{eng}), \quad (11)$$

Далее рассчитывается кривая упрочнения. Ее отличия от предыдущего графика – использование только пластической составляющей.

Полная деформация

$$\varepsilon_{total} = \varepsilon_{spring} + \varepsilon_{plastic}, \quad (12)$$

тогда

$$\varepsilon_{plastic} = \varepsilon_{total} - \varepsilon_{spring},$$

где $\varepsilon_{spring} = \frac{\sigma_{true}}{E}$,

$$\varepsilon_{plastic} = \varepsilon_{total} - \frac{\sigma_{true}}{E} \quad (13)$$

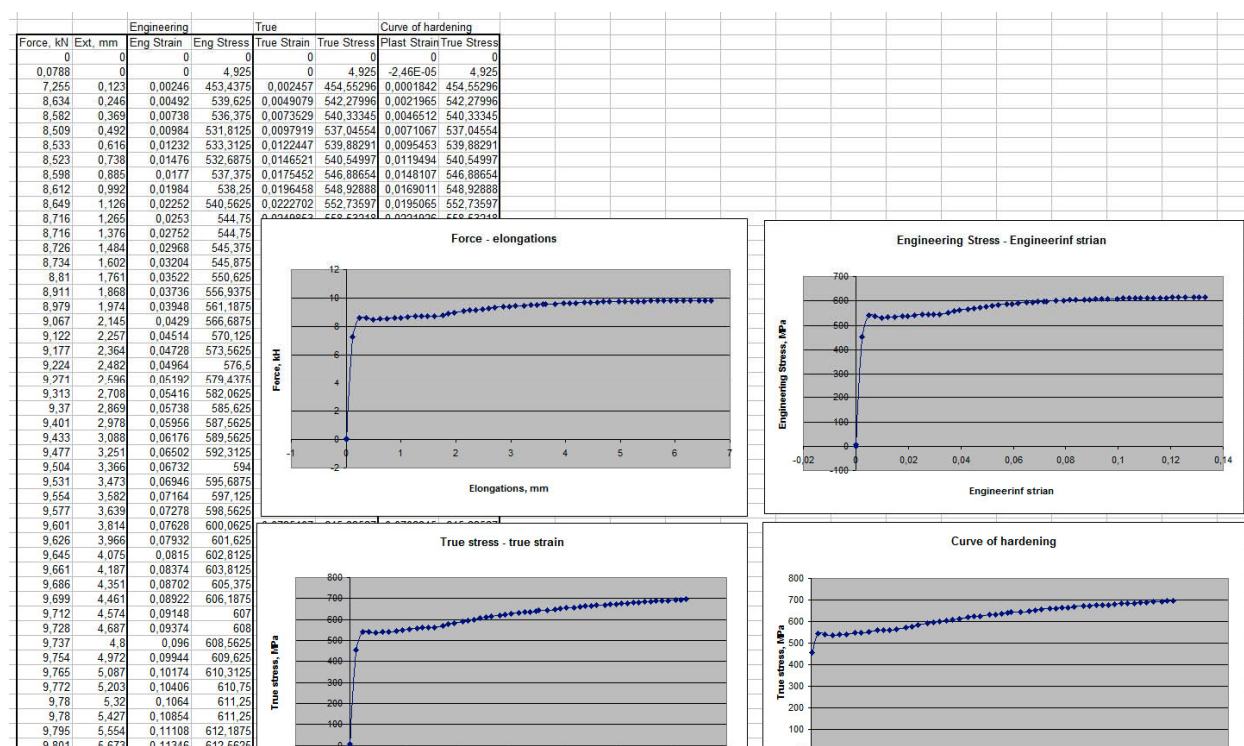


Рис. 6. Расчет кривой упрочнения в программе EXCEL на основании данных испытания на одноосное растяжение

Данные формулы работают до зоны шейкообразования (до параметра σ_u). Описание зоны шейкообразования более сложно, для этого можно использовать несколько подходов.

1. Измерения минимальной площади образца S_t в зоне шейкообразования на всей стадии испытания, тогда в любой момент времени рассчитывается действующая деформация:

$$\varepsilon_{neck} = \ln\left(\frac{1}{1-\psi_t}\right) = \ln\left(\frac{d_0}{d_t}\right), \quad (14)$$

$$\sigma_{neck} = \frac{F}{S_t}, \quad (15)$$

где d_t , S_t – соответственно диаметр и площадь в зоне шейкообразования в момент времени t .

Но нужно учитывать, что процесс в зоне шейкообразования имеет более сложный характер, чем простое одноосное растяжение. Поэтому эти значения имеют некоторую погрешность.

2. К исходной кривой от точки соответствующей пределу прочности σ_u добавляется наклонная линия, описывающая зону шейкообразования.

В первом приближении кривая упрочнения за точкой локального сужения имеет угол наклона соответствующий значению σ_u [4]. Предельная деформация соответствует значению ε_{er} находится по формуле

$\varepsilon_{er} = \ln\left(\frac{1}{1-\psi}\right)$, а значение σ_{er} из построения.

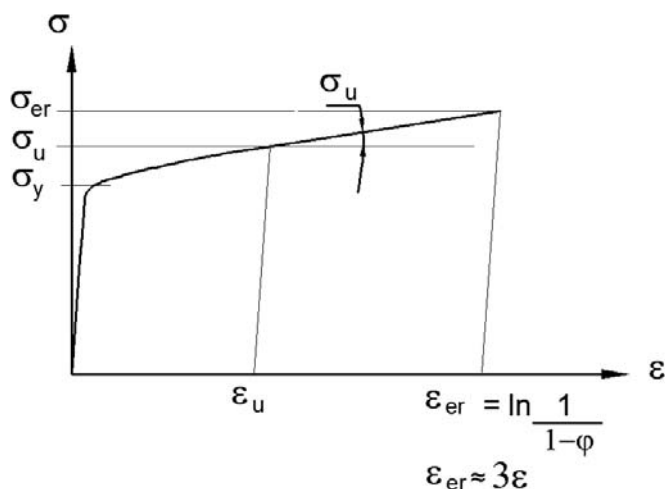


Рис. 7. Кривая упрочнения по углу наклона в зоне шейкообразования

3. Проведение кривой прямой от точки предела прочности до точки разрушения [5]. В этом случае требуется определение точек σ_{er} и ε_{er} и проведение линии от σ_u к этой точке [6].

$$\sigma_{er} = \frac{F_{er}}{S_K} = k \frac{\sigma_u}{1-\psi}, \quad (16)$$

где F_{er} - усилие разрушения,

S_K – площадь шейки после разрушения

Где $k = F_{er} / F_{max}$ - коэффициент разрушающей нагрузки (обычно находится в диапазоне 0,6...1)

4. Напряжение разрушения находят по формуле:

$$\sigma_{er} = \frac{F_{er}}{\pi r_1^2 \left(1 + \frac{r_1}{4r_2}\right)} \quad (17)$$

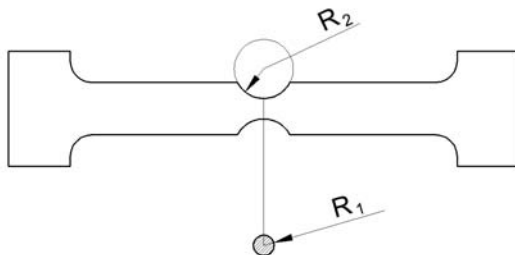


Рис. 8. Измерение величин радиусов после испытания на одноосное растяжение

$$\varepsilon_{er} = \ln \left(\frac{1}{1 - \psi} \right)$$

Параметр разрушения находится по формуле

Последние способы имеют недостатки, а именно кривая на графике представляет собой линию между σ_B и σ_{er} .

Избежать этого позволяет способ получения кривой упрочнения с помощью итерационного приближения графика усилия при моделировании к эксперименту.

При моделировании процессов деформирования, например, процессов ОМД материал может находиться в различном напряженном состоянии. При моделировании важно учитывать присутствующее напряженное состояние в каждый момент деформирования. Это особенно важно учитывать при моделировании процессов разрушения, где от напряженного состояния меняется величина деформации разрушения. К примеру при сжатии деформация разрушения значительно больше чем при растяжении и на материал можно воздействовать более жесткими режимами деформирования. Этим объясняется и применение метода Стесненного изгиба на предприятии АО «Ульяновский НИАТ», где применяют режимы сжатия для получения изделий в виде профилей из труднодеформируемых сплавов.

Правильно учитывать поведения материала в зависимости от напряженного состояние позволяют и программы динамического моделирования, например, программа ANSYS/LS-DYNA. Программа позволяет ввести параметры триаксилити и параметры Лоде которые учитывают действующее напряженное состояние.

Обычно пользуются параметром трехосности напряженного состояния (который характеризует жесткость схемы напряженного состояния):

$$\eta = -\frac{p}{\sigma_{VM}}, \quad (18)$$

где p – гидростатическое давление $p = -1/3 \cdot (\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})$; σ_{VM} – напряжение Мизеса.

Типовая кривая разрушения с учетом напряженного состояния приведена на рис. 9. Параметры значений трехосности напряженного состояния в таблице 1.

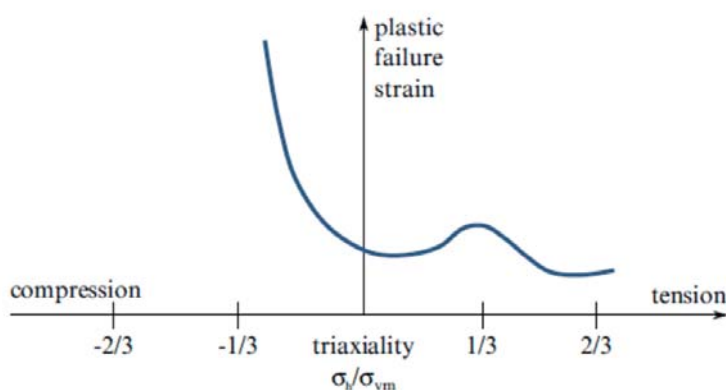


Рис. 9. Типовая кривая разрушения для моделирования листовых металлов с помощью shell элементов [7]

Таблица 1

Примеры значений трехосности напряженного состояния

Главные напряжения			η	Описание
σ_1	σ_2	σ_3		
1	0	0	0,333	1-осное растяжение
1	1	0	0,667	2-осное растяжение
1	1	1	∞	3-осное растяжение
1	-1	0	0	Сдвиг
1	0	0	-0,333	1-осное сжатие
-1	-1	0	-0,667	2-осное сжатие
-1	-1	-1	$-\infty$	3-осное сжатие

При отсутствии реальных данных разрушения металла в зависимости от жесткости нагружения могут использоваться следующие обобщенные зависимости

$$1. \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_{f0}} = 1,65 \cdot \exp(-1,5\eta) \quad [8], \quad (19)$$

$$2. \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_{f0}} = 2^{1-3\eta} \quad [9], \quad (20)$$

$$3. \quad \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_{f0}} = \begin{cases} \infty, \eta \leq -\frac{1}{3} \\ \frac{1}{2} \cdot \frac{3\eta + \sqrt{12 - 27\eta^2}}{1 + \eta\sqrt{12 - 27\eta^2}}, -\frac{1}{3} < \eta \leq \frac{1}{3} \\ 1,65 \exp(-1,5\eta), \eta > \frac{1}{3} \end{cases} \quad [7], \quad (21)$$

где ε_f - пластическая деформация разрушения;

ε_{f0} - пластическая деформация разрушения при одноосном растяжении;

η - параметр трехосности напряженного состояния.

Обобщенные зависимости разрушения от трехосности напряженного состояния и график зависимости разрушения приведены на рис. 10-11.

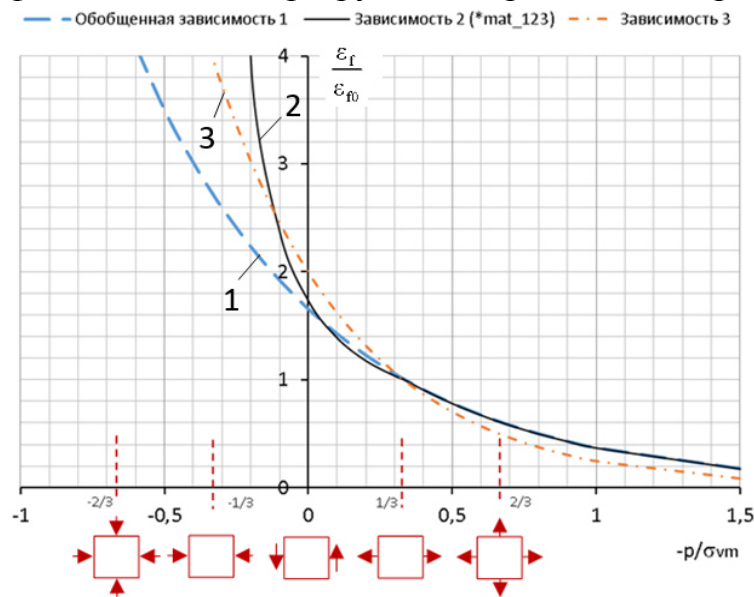


Рис. 10. Обобщенные зависимости разрушения от трехосности напряженного состояния: 1 – обобщенная зависимость [8], 2 – обобщенная зависимость [9], 3 – обобщенная зависимость [7]

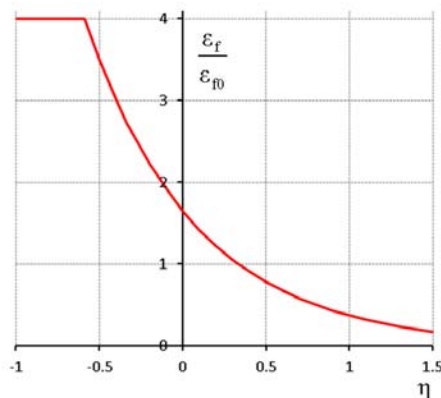


Рис. 11. График зависимость разрушения ε_f и ε_{f0} от трехосности напряженного состояния η [4]

Пример применения зависимостей от трехосности напряженного состояния приведены на рис. 12-13.

На рис. 12 приведены графики растяжения и сжатия цилиндрических образцов для которых определен параметр разрушения по предельной деформации равный 50% без учета напряженного состояния. Как видно из графиков разрушение соответствует также значению 50%. Но визуально можно отметить, что разрушение при сжатии не соответствует действительности. Исправить это позволяет учет напряженного состояния.

На рис. 13 приведены графики растяжения и сжатия цилиндрических образцов для которых определен параметр разрушения в зависимости от напряженного состояния по формулам рассмотренным выше. Как видно из графиков, разрушение при растяжении происходит при деформации 20%, а при сжатии 77%. Что практически соответствует реальной ситуации при деформировании.

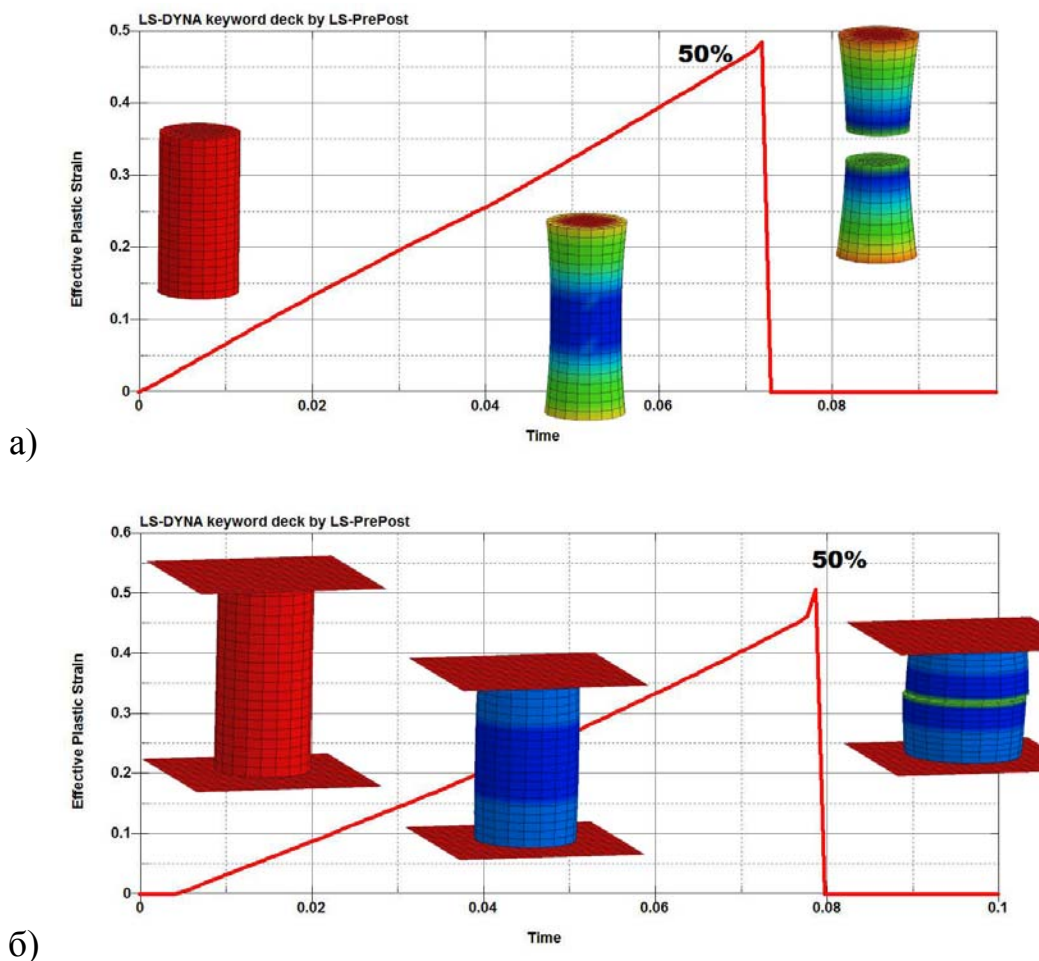


Рис. 12. Исследование разрушение образцов при растяжении (а) и при сжатии (б).
Критерий разрушения – максимальные пластические деформации (50%)

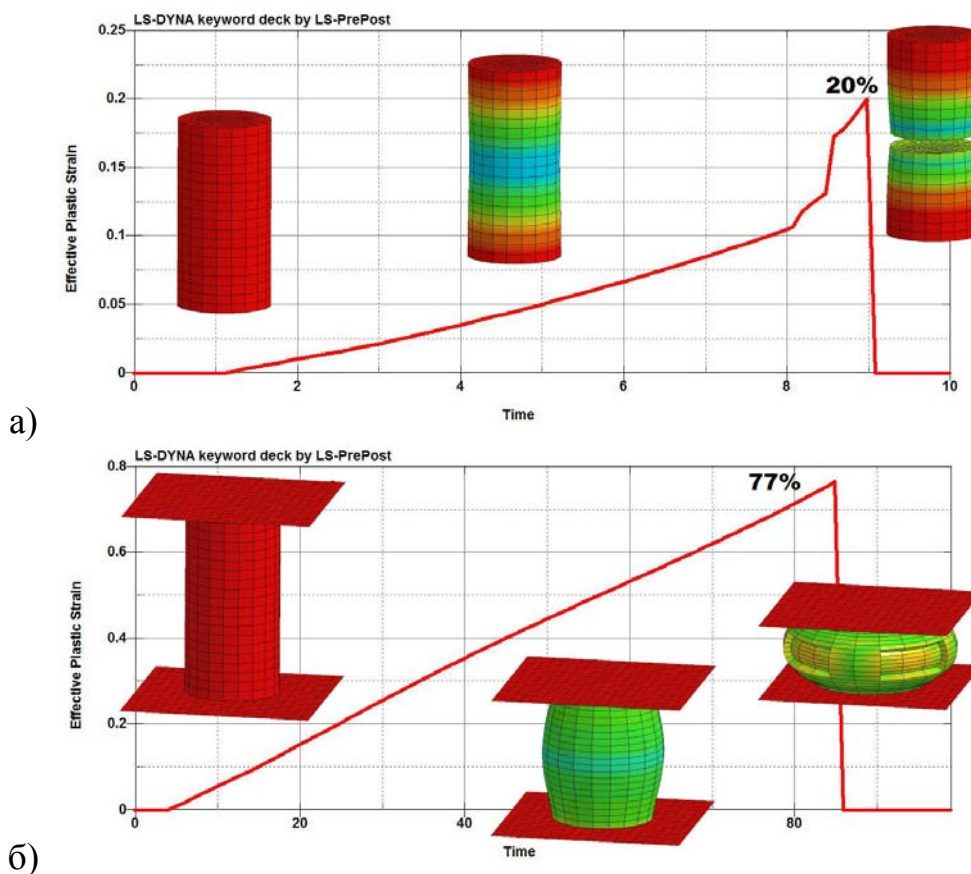


Рис. 13. Исследование разрушение образцов при растяжении (а) и при сжатии (б). Критерий разрушения – максимальные пластические деформации (50%) с учетом напряженного состояния

Таким образом, имеется несколько подходов для получения кривой упрочнения и ввод этой кривой в программу моделирования. Этот выбор зависит от наличия исходных данных (справочные или экспериментальные) и требуемой точности расчета.

Для рассматриваемых задач рекомендуется использовать кусочно-линейную и степенную аппроксимацию кривой упрочнения;

При значительных упруго-пластических деформациях рекомендуется учитывать зону шейкообразования по одному из представленных вариантов;

При моделировании процессов деформирования и разрушения рекомендуется учитывать зависимость пластичности материала от напряженного состояния.

Список литературы

1. DOT/FAA/AR-MMPPS-01 Metallic Materials Properties Development (MMPDS).
2. Циклические деформации и усталость материалов. Том 2. Долговечность металлов с учетом эксплуатационных и технологических факторов. Под редакцией Трощенко В.Т. – Киев: Наукова думка. 1985.
3. Гохфельд Д.А., Гецов Л.Б., Кононов К.М., Кульчихин Е.Т., Ребяков Ю.Н., Саадаков О.С., Тимашев С.А., Чепурский В.Н. Механические свойства сталей и сплавов при нестационарном нагружении. Справочник. Екатеринбург: УрО РАН, 1996.
4. Кирсанов А.Р. Методика оценки повреждаемости ГТД на этапах его создания, изготовления и эксплуатации от поражающего воздействия птиц. Диссертация на соискание к.т.н. Москва 2016 г.
5. LS-DYNA Analysis for structural mechanics. Predictive Engineering.
6. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Соппротивление материалов: Учебное пособие. – М.: Наука. Гл. ред. – мат. Лит, 1986 – 560 с.
7. LSTC, “LS-DYNA Keyword User’s Manual Volume II Material Models”.
8. Гецов Л.Б. Материалы и прочность газовых турбин. Конструктивная прочность, опыт эксплуатации, методы расчета прочности и ресурса, детали из конструкционных керамических материалов / Л.Б. Гецов. – Рыбинск: ООО “Издательский дом Газотурбинные технологии”, 2011. – Книга 2. – 496 с.
9. Manjoine, M.J.: Creep-Rupture Behavior of Weldments /// 1982.

УДК 621.83

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНТУРНОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ
МЕТАЛЛОПРОКАТА****Кокорин В. Н.¹, Подмарев Д. Р.²***1 – Ульяновский Государственный Технический Университет, Ульяновск**2 – АО Ульяновское конструкторское бюро приборостроения, Ульяновск*

Аннотация. В рамках импортозамещения в настоящее время выделяется большое внимание разработке новых, инновационных технологий контурной лазерной резки листового металлопроката. Цель данного исследования – моделирование и построение зависимостей процесса контурной лазерной при внедрении предварительной пластической деформации металлопроката.

Ключевые слова: механическая активация лазерная резка, упрочнение, металлопрокат.

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR CONTURAL LASER
CUTTING WITH THE APPLICATION OF MECHANICAL ACTIVATION
OF METAL ROLLING****Kokorin V. N.¹, Podmarev D. R.²***1 – Ulyanovsk state technical university, Russia, Ulyanovsk**Vnkokorin@mail.ru**2 – JSC Ulyanovsk instrument manufacturing design bureau, Ulyanovsk**Damirka10a@gmail.com*

Abstract . Within the framework of import substitution, great attention is currently being paid to the development of new, innovative technologies for contour laser cutting of sheet metal. The purpose of this study is to simulate and build dependencies of the contour laser process when introducing preliminary plastic deformation of metal.

Key words: laser cutting, mechanical activation, hardening, metal rolling.

В настоящее время на потребительском рынке изделий получаемых из листового металлопроката востребованы способы разделительных операций имеющие высокий уровень качества боковой поверхности среза, включая отсутствие или минимизацию заусенцев, высокую размерную точность деталей и ее элементов, обеспечение высокого уровня энерго и материалоемкости.

Для решения этой проблемы используются высокоэнергетические методы разделительных операций, в частности контурная лазерная резка.

В сравнении с традиционными методами раскроя листового металлопроката (штамповка, вырубка), преимущества лазерной резки неоспоримы. Это высокая скорость, экономия материала и производительность процесса, идеальная поверхность реза, незначительная зона термического воздействия, изготовление изделий любой сложности в единичных экземплярах, высокая, повторяемость сложных изделий в любых количествах, отсутствие деформации материала [1].

Используя возможности лазерной резки, можно раскроить по сложному контуру практически любой листовой материал при отсутствии механического воздействия на обрабатываемый материал.

Одной из задач, встающих при проектировании технологического процесса, является минимизация времени обработки заготовки с целью снижения себестоимости изделия. Путем решения этой задачи являются:

- 1) повышение качества реза;
- 2) повышение производительности за счет локализации пучка энергии в зоне реза и как следствие уменьшение зоны температурного воздействия на материал.

Для повышения качества лазерной резки рекомендуется уменьшать тепловое воздействие на металл заготовки с целью уменьшения теплопроводности при обеспечении локализации теплового градиента.

В научной литературе представлены основные методы снижения теплопроводности, а именно охлаждение зоны реза при помощи охлаждающей жидкости, распыляемой вместе с потоком газа, либо непосредственным охлаждением водой обрабатываемой поверхности, а также методы, основанные на механической активации металла.

Рассмотрены вопросы механической активации за счет прикладываемого силового воздействия [2], при этом за счет деформационного упрочнения металла резко снижается его теплопроводность, увеличивается плотность дефектов кристаллической решетки (дислокаций, точечных дефектов, двойниковых границ и т.д.).

С целью повышения эффективности разделительных операций листовой штамповки на кафедре «Материаловедение и обработка металлов давлением» Ульяновского государственного технического университета предложен новый способ лазерной контурной резки при механической активации металлопроката, позволяющий существенно повысить технологические возможности разделительных операций [3].

В качестве регистрационных параметров (откликов), использовались характеристики размерной точности (Δ) и неплоскостности ($\square$).

На рисунке 1-2 представлены зависимости отклонения размеров (Δ) и неплоскостности ($\square$) от материала и габаритного диапазона заготовки.

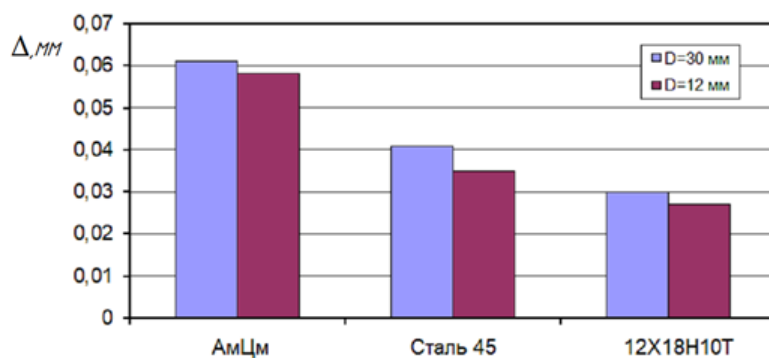


Рис. 1. Зависимость отклонения размеров Δ от материала и габаритного диапазона вырезаемого элемента

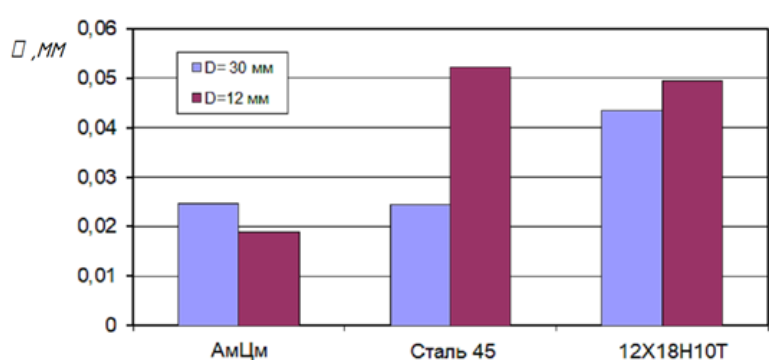


Рис. 2. Зависимость неплоскостности $\square$ от материала и габаритного диапазона вырезаемого элемента

Дальнейшее исследование функциональных связей установило ряд зависимостей отклонения размеров и неплоскостности (Δ и $\square$) от предела прочности (σ_B) и степени деформации (ε) при различных соотношениях диаметра вырезаемого элемента (D) к толщине материала (S), D/S.

На рисунках 3-6 представлены зависимости отклонения размеров и неплоскостности (Δ и $\square$) от предела прочности (σ_B) при различных соотношениях D/S.

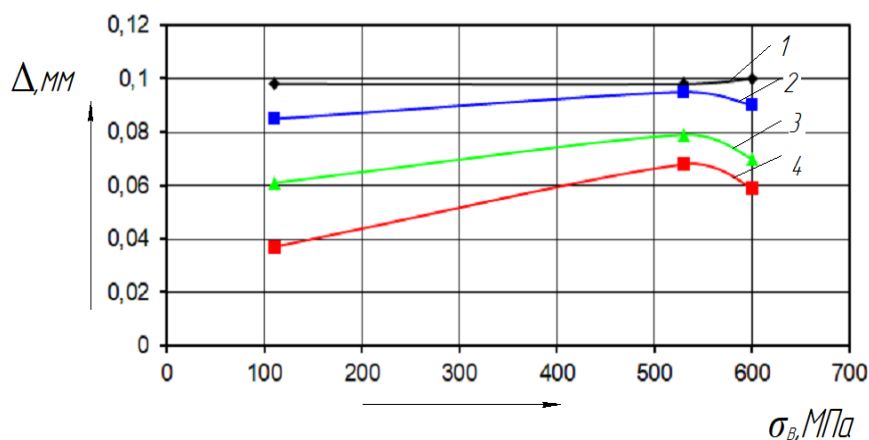


Рис. 3. Зависимость отклонения размеров Δ от величины предела прочности σ_B материала заготовки при D=30 мм: 1- $\varepsilon=0\%$; 2- $\varepsilon=25\%$; 3- $\varepsilon=50\%$; 4- $\varepsilon=75\%$

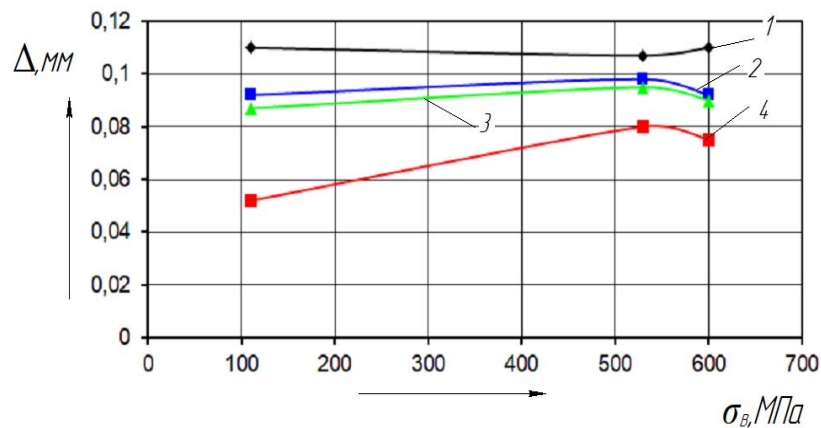


Рис. 4. Зависимость отклонения размеров Δ от величины предела прочности $\sigma_{\text{в}}$ материала заготовки при $D=12$ мм: 1- $\epsilon=0\%$; 2- $\epsilon=25\%$; 3- $\epsilon=50\%$; 4- $\epsilon=75\%$

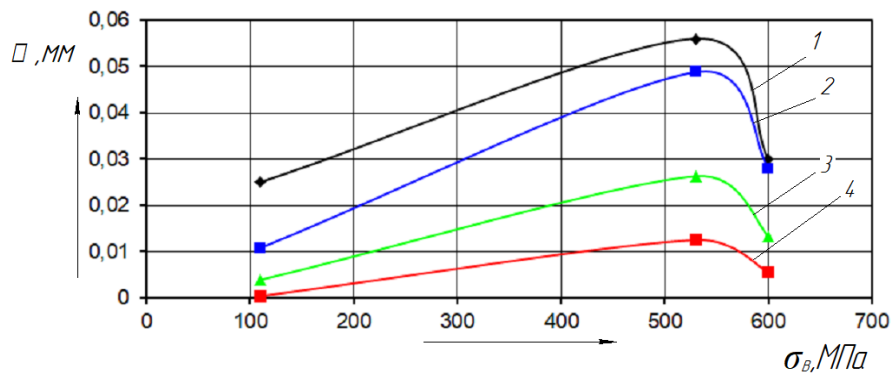


Рис. 5. Зависимость неплоскостности $\square$ от величины предела прочности $\sigma_{\text{в}}$ материала заготовки при $D=30$ мм: 1- $\epsilon=0\%$; 2- $\epsilon=25\%$; 3- $\epsilon=50\%$; 4- $\epsilon=75\%$

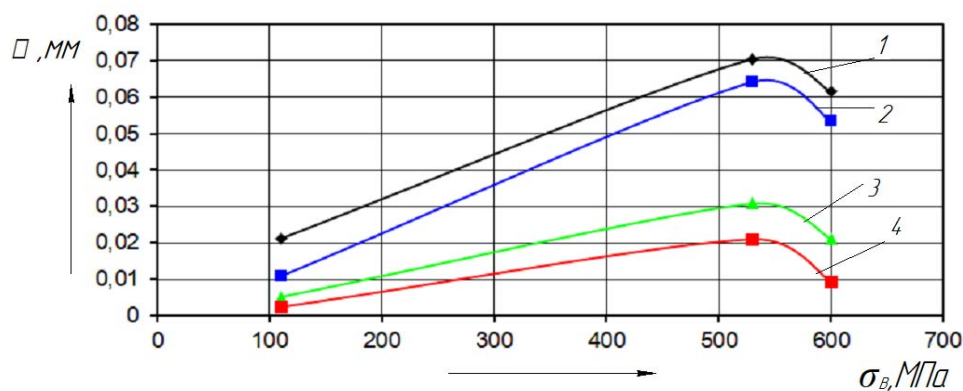


Рис. 6. Зависимость неплоскостности $\square$ от величины предела прочности $\sigma_{\text{в}}$ материала заготовки при $D=12$ мм: 1- $\epsilon=0\%$; 2- $\epsilon=25\%$; 3- $\epsilon=50\%$; 4- $\epsilon=75\%$

Как было установлено в ряде работ [2,3] применение холодного деформирования металла влияет на качество боковой поверхности реза. В экспериментальных исследованиях проведен анализ изменения различных откликов при различных величинах пластического деформирования металлопроката по толщине $\epsilon=25\%, 50\%, 75\%$.

На рисунках 7-10 представлены зависимости отклонения размеров и неплоскостности (Δ и $\square$) от степени деформации (ε) при различных соотношениях D/S и марок материалов.

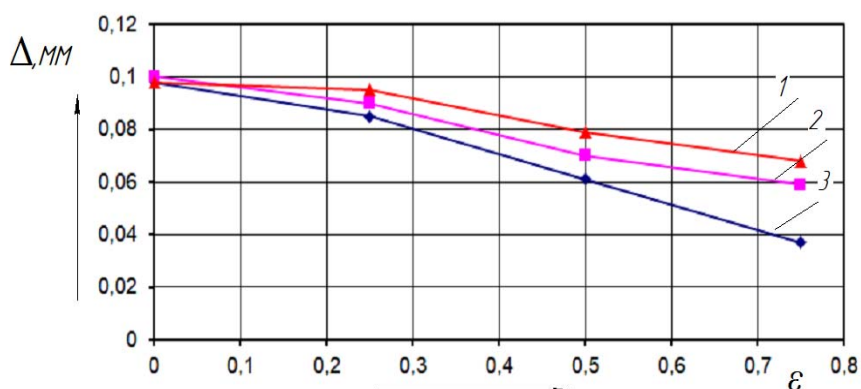


Рис. 7. Зависимость отклонения размеров Δ от степени деформации ε заготовки при D=30 мм: 1- 12X18H10T; 2- Сталь 45; 3- АМцМ

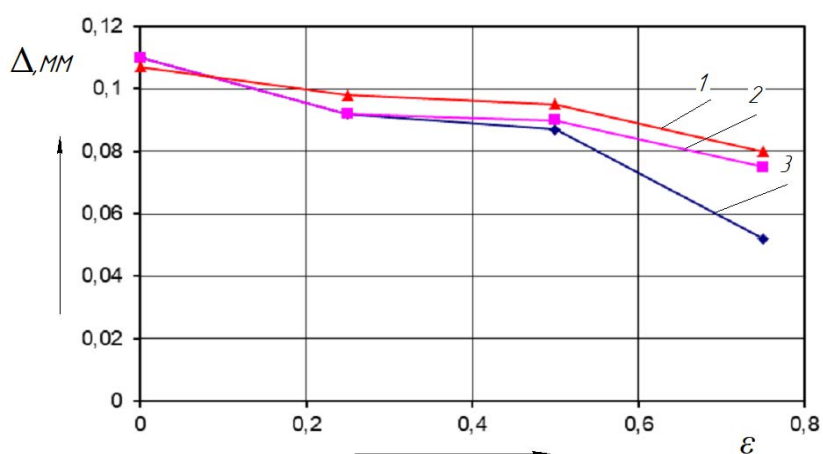


Рис. 8. Зависимость отклонения размеров Δ от степени деформации ε заготовки при D=12 мм: 1- 12X18H10T; 2- Сталь 45; 3- АМцМ

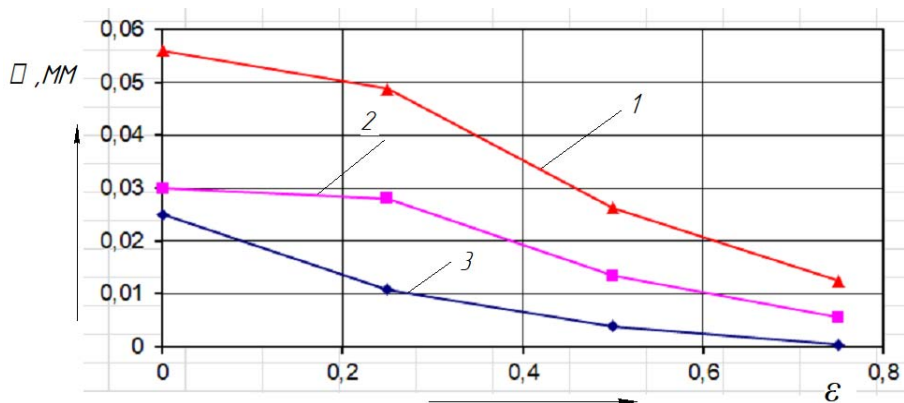


Рис. 9. Зависимость неплоскостности $\square$ от степени деформации ε заготовки при D=30 мм: 1- 12X18H10T; 2- Сталь 45; 3- АМцМ

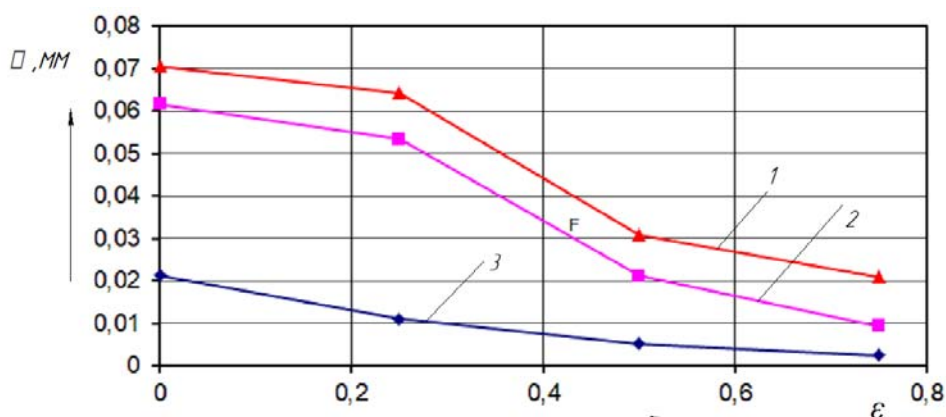


Рис. 10. Зависимость неплоскостности Δ от степени деформации ϵ заготовки при $D=12$ мм: 1- 12Х18Н10Т; 2- Сталь 45; 3- АМцМ

По результатам выполненных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- наименьшие отклонения по плоскости имеют заготовки из цветных металлов в сравнении с заготовками из черных металлов;
- с увеличением степени деформации отклонение размеров у заготовки из цветных металлов меньше, чем у заготовки из черных металлов; неплоскостность у заготовки из цветных металлов меньше, чем у заготовки из черных металлов;
- с уменьшением отношения D/S наблюдается увеличение отклонения размеров и отклонения по плоскости заготовок при различной степени деформации;
- с уменьшением интенсивности упрочнения металлов наблюдается уменьшение величины отклонения размеров и неплоскостности заготовок.

Список литературы

1. Панченко В.Я., Голубев В.С., Васильцов В.В. и др. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок / Под ред. В. Я. Панченко. М.: Физматлит. 2009. – 664 с.
2. М.В.Кокорин, Д.Р.Подмарев, К.С.Левушкин, В.Н.Кокорин. Лазерный технологический комплекс для контурного раскроя листовых материалов «ТЕГРА-500Р». 49 НТК «Вузовская наука в современных условиях». – Ульяновск.: УлГТУ, 2015. – С.113–117.
3. Кокорин В.Н., Шанченко Н.И., Мищенко О.В., Кокорин М.В., Подмарев Д.Р., Левушкин К.С. Моделирование процесса контурной лазерной резки с механической активацией листового металлопроката// Упрочняющие технологии и покрытия.–2015.–№11.–с.42– 49.

УДК 673

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОЙ ВЫТЯЖКИ ДЕТАЛЕЙ
ИЗ БИМЕТАЛЛА****Летунов А. В.¹, Кузин А. О.², Нестеренко Е. С.³**

1 – студент, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева

2 – заведующий лабораторией кафедры ОМД, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева

3 – к.т.н., доцент каф. ОМД, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева

Аннотация. Детали типа «стаканчик» получают методом глубокой вытяжки из листового материала. При выполнении операции могут возникнуть дефекты, а именно: образование гофров, разнотолщинность детали, потеря устойчивости и обрыв дна заготовки, а также разрушение поверхностного металла. Предлагаемый способ вытяжки, вытяжка в штампе с упругими матрицей и прижимом, позволит свести к минимуму данные дефекты и значительно улучшить качество поверхности получаемой детали.

Ключевые слова: листовая штамповка, биметалл, технологический процесс, глубокая вытяжка, штамп для глубокой вытяжки осесимметричных деталей, упругое кольцо.

**INVESTIGATION OF THE PROCESS OF DEEP DRAWING
OF PARTS FROM BIMETAL****Letunov A. V.¹, Kuzin A. O.², Nesterenko E. S.³**

1 – the student, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

2 – head of laboratory, DEP. Processing of metals by pressure, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

3 – PhD, associate Professor, DEP. Processing of metals by pressure, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

Letunovalexey@mail.ru

AlexandrKuzin88@gmail.com

Nesterenko77@mail.ru

Abstract. Details like "cup" is obtained by the method of deep drawing of sheet material. During the operation, defects may occur, namely: formation of corrugations, difference in thickness of the part, loss of stability and breakage of the bottom of the workpiece, as well as destruction of the surface metal. The proposed method of drawing, drawing in a stamp with an elastic matrix and a clamp, will minimize these defects and significantly improve the surface quality of the resulting part.

Key words: sheet stamping, bimetal, technological process, deep-drawing, stamp for deep-drawing axially symmetric parts, elastic ring.

Широкое применение в авиационной, автомобильной, электронной промышленности получили биметаллические элементы (изделия). Биметалл Сталь – Медь широко используется в электротехнической и авиационной промышленности, ведь данный материал обладает свойствами двух металлов одновременно: прочностью и твердостью стали, а также хорошей электропроводностью и коррозионной стойкостью меди.

При вытяжке происходит пластическая деформация заготовки, которая сопровождается смещением значительного объема металла в область фланца. Глубокая вытяжка характеризуется большой степенью деформации. Если заготовка имеет небольшую толщину, то смещенный объем металла может стать причиной появления гофров (волн) на деформируемой заготовке [1].

Вытяжка осесимметричных деталей в штампе с упругими матрицей и прижимом

Как видно из вышесказанного, основными проблемами при получении полых цилиндрических деталей являются разнотолщинность и гофрообразование. Такие недостатки можно уменьшить при вытяжке в штампе с упругими матрицей и прижимом.

Данный способ был разработан в Самарском национальном исследовательском университете им. академика С.П. Королева на кафедре обработки металлов давлением Поповым И. П., Нестеренко Е. С. и Кузиной А. А..

Штамп состоит из пуансона 1 с упругими элементами прижимом 2 и матрицей 3, опорного кольца 4, упругого прижимного кольца 5 (рисунок 1).

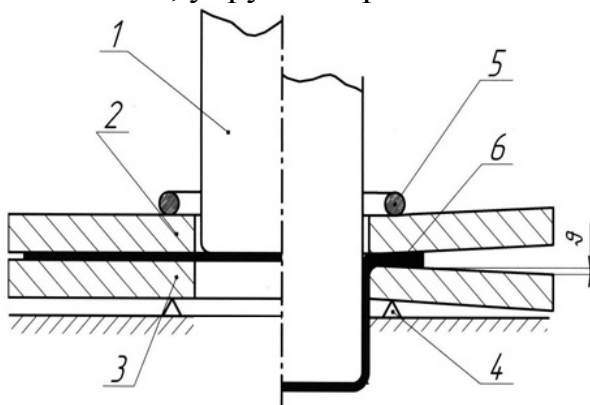


Рис. 1. Штамп для глубокой вытяжки

В процессе вытяжки опорное кольцо 4 неподвижно. Неравномерное изменение толщины фланца заготовки 6 при глубокой вытяжке тонколистового материала возможно учесть в штампе с упругими прижимом 2 и матрицей 3. Заготовку 6 устанавливают на упругую матрицу 3. К заготовке 6 подводят прижим 2 с упругим прижимным кольцом 5. Вытяжка

осуществляется с помощью пуансона 1. Фланец заготовки 6 во время вытяжки прижат упругим кольцом 5, на которое передается усилие прижима 2. Усилие прижима 2 равномерно распределяется по всей поверхности фланца заготовки 6.

Прижим 2 и матрица 3 имеют форму колец. В процессе вытяжки фланец заготовки 6 перемещается между упругим прижимом 2 и рабочей поверхностью упругой матрицы 3. В результате неравномерности деформаций в процессе вытяжки угол естественного утолщения фланца заготовки 6 постоянно меняется. Упруго деформируясь, прижим 2 и матрица 3 меняют угол между рабочей поверхностью матрицы 3 и рабочей поверхностью прижима 2, повторяя угол заготовки 6. При этом давление прижима 2 и матрицы 3 равномерно распределяется по поверхности фланца. Усилие на прижим 2 передается через прижимное кольцо 5, расположенное по внешнему радиусу прижима 2. В процессе вытяжки под действием усилия прижим 2 и матрица 3 будут упруго деформироваться. Величина этого упругого перемещения ограничена упругими свойствами материала оснастки, которые должны превышать $\Delta s_{\max}$ максимальную величину разнотолщинности на фланце [2].

Исследование свойств биметалла Сталь – Медь

Чтобы оценить пригодность биметалла Сталь – Медь толщиной 1,15 мм к процессу глубокой вытяжки, в первую очередь необходимо определить механические свойства материала, исследовать структуру металлов.

Для определения механических свойств биметалла были проведены испытания на растяжение на оборудовании Testometric FS – 150 кН с использованием многофункционального программного обеспечения WinTest Testometric. Для эксперимента были подготовлены образцы с размерами: 120x20 мм [3].

Основными определяемыми характеристиками являются: предел прочности при растяжении, сжатии, модуль упругости при растяжении, сжатии, предел текучести, удлинение, адгезия и прочность при отрыве, коэффициент трения, твердость, прочность на прокол и т.д.

После проведения растяжения на оборудовании Testometric FS – 150кН был получен график зависимости напряжения (МПа) от деформации (%) (рисунок 2).

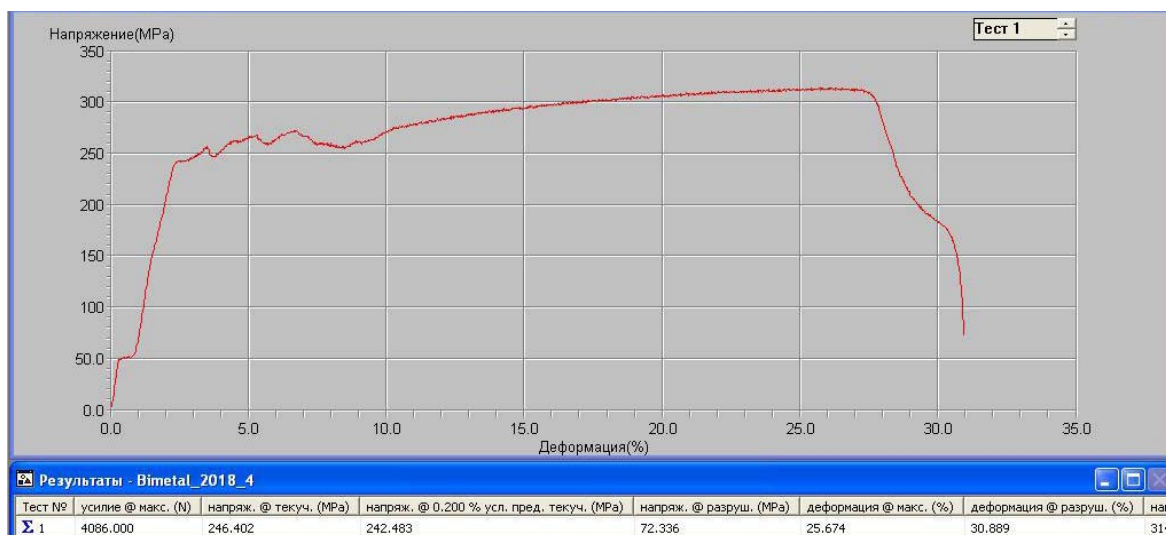


Рис. 2. Кривая упрочнения образца

При испытании на растяжение помимо характеристик прочности материала, определяют также характеристики пластичности. Рассматривая полученную диаграмму (рисунок 2), можно определить:

- максимальное усилие – 4086 Н;
- напряжение текучести 246,4 МПа;
- предел прочности 314 МПа;
- условный предел текучести – 242,5 МПа;
- напряжение разрушения 25,6 %;
- деформация – 30,9 %

Структура металла является важным фактором, определяющим его свойства. С помощью микроанализа можно выявить дефекты металла, которые понижают механические свойства материала.

Структуру металла исследуют согласно ГОСТ 5639-82 на плоских и гладких поверхностях – шлифах [4].

Для более наглядного представления, изображение поверхности шлифа было увеличено в 100 раз. При этом представляется возможным рассмотреть всю толщину заготовки (рисунок 3). При помощи программного обеспечения КОМПАС – 3D V16 была измерена толщина плакирующего слоя меди с каждой стороны $S_1 = 0,09$ мм, что соответствует 90 мкм (15,65% от толщины всего биметалла).



Рис. 3. Сталь – Медь (увеличение x100)

Проведение эксперимента

Перед проведением эксперимента по глубокой вытяжке биметаллической листовой заготовки были рассчитаны усилия:

- усилие резания: $P_{рез} = 0,5 \frac{1,15^2}{\text{tg } 3} 188,4 = 2,491 \text{ кН};$
- усилие вырубки: $P_{выр} = 1,2 \cdot 188,4 \cdot 1,15 \cdot 251,8 = 65,47 \text{ кН};$
- усилие вытяжки: $P_{выт} = 3,14 \cdot 33 \cdot 1,15 \cdot 314 \cdot 0,9 = 33,6 \text{ кН};$
- усилие прижима: $Q = 0,25 \cdot 3,14 [60^2 - (33 + 2 \cdot 5,8)^2] \cdot 0,24 = 3,2 \text{ кН}.$

Испытания проводились на испытательной машине Zwick Roell BUP 200 – испытательная машина, которая используется для определения и оценки свойств листового металла [5].

Для эксперимента используем биметаллическую заготовку Сталь – Медь с размерами 110x110 мм, толщиной 1,15 мм (рисунок 4).

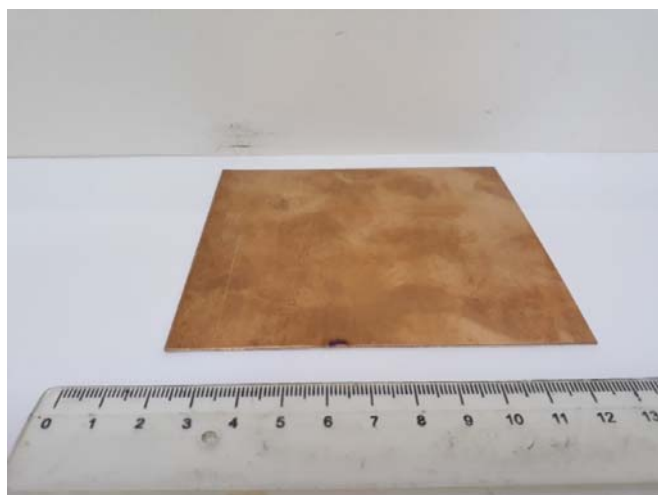


Рис. 4. Биметаллическая заготовка

При проведении первого эксперимента прижим не использовался, в результате чего на поверхности детали образовались гофры (рисунок 5).

Технические параметры 1-го эксперимента:

1. $P_{\text{выт}} = 30,2 \text{ кН}$; $VD = 1,55 \text{ мм/с}$; $S = 40 \text{ мм}$.



Рис. 5. Эксперимент 1

При проведении следующих экспериментов усилие прижима было равно: 0,5; 3; 4; 5; 6; 10; 30; 70 кН. При данных значениях усилий прижима заготовки получались хорошего качества, без гофров и внешних дефектов. Пример седьмого эксперимента представлен на рисунке 6. Технические параметры 7-го эксперимента:

7. $P_{\text{выт}} = 28,82 \text{ кН}$; $Q = 4 \text{ кН}$; $VD = 1,55 \text{ мм/с}$; $S = 40 \text{ мм}$.



Рис. 6. Эксперимент 7, усилие прижима 4 кН

В ходе работы была проведена вытяжка стаканчиков из биметаллической листовой заготовки Сталь – Медь. При каждом испытании использовались разные значения усилий прижима.

Проведем анализ результатов и построим график зависимости усилия вытяжки от усилия прижима (рисунок 7). Выяснилось, что усилие прижима практически не влияет на усилие вытяжки. При повышении усилия прижима от 0,5 до 4 кН, усилие вытяжки падает с 31,77 кН до 28,82 кН.

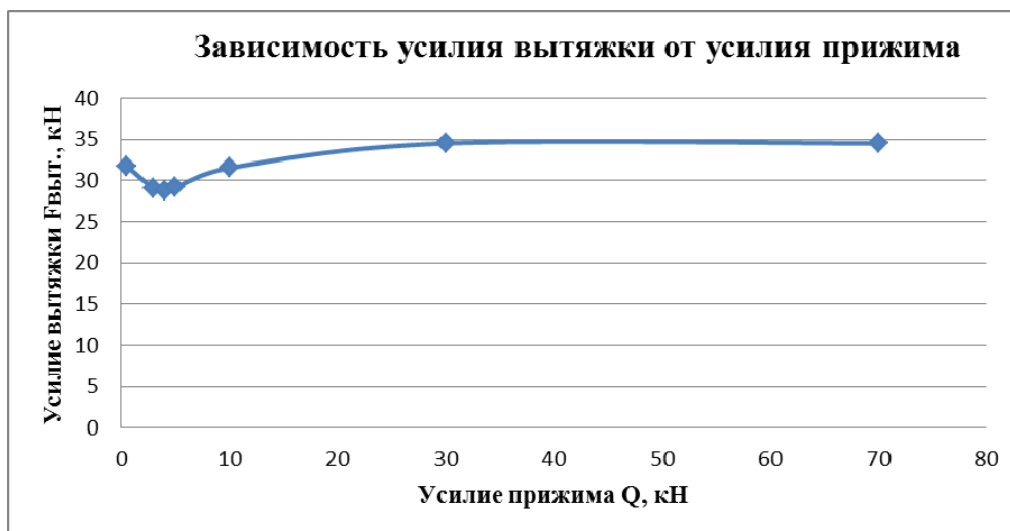


Рис. 7. График зависимости усилия вытяжки от усилия прижима

При повышении усилия прижима (5 – 10 кН) происходит резкий рост усилия вытяжки – от 29,02 кН до 34,5 кН.

При дальнейшем повышении усилия прижима до 30 кН, усилие вытяжки стабильно и равно в среднем 34,5 кН.

Если же усилие прижима установить на отметке 70 кН, то произойдет отрыв дна заготовки.

Анализируя результаты испытаний, можно сделать вывод, что материал Сталь – Медь имеет высокие пластические свойства. Данный материал легко штампуется с усилием прижима от 0,5 кН до 30 кН. Наиболее оптимальным усилием прижима является значение 4 кН, при данном значении усилие вытяжки минимально и равно 28,82 кН.

ВЫВОДЫ

В данной работе был исследован процесс глубокой вытяжки с использованием нового метода штамповки стаканчика из биметаллической листовой заготовки Сталь – Медь.

Для определения механических свойств проводилось испытание на растяжной испытательной машине Testometric FS – 150. При испытании на растяжение помимо характеристик прочности материала определялись также характеристики пластичности.

Для выявления дефектов, а также исследования самой структуры материала была произведена подготовка образца (резка, шлифовка, полировка) и проведен микроанализ.

Произведен расчет усилий для осуществления процессов резки листа на заготовки, вырубки, вытяжки образцов, а также усилие прижима.

Для определения пригодности материала к процессу глубокой вытяжке были проведены испытания на испытательной машине Zwick Roell BUP 200.

Результаты проведенных экспериментов показали, что данный биметалл толщиной 1,15 мм хорошо подходит для вытяжки, так как имеет

хорошие пластичные свойства. Применение биметалла вместо обычного материала повышает прочностные, коррозионные, электропроводные свойства детали, поэтому его можно использовать в разных отраслях промышленности.

Список литературы

1. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979.
2. Пат. 2494830 Российская Федерация, В21D22/20. Штамп для глубокой вытяжки осесимметричных деталей [Текст] / Попов И.П., Нестеренко Е.С., Кузина А.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский институт)" (СГАУ) – 2011149621/02; заявл. 06.12.2011; опубл. 10.10.2013, Бюл.№28.
3. ГОСТ 11701-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент (с изменениями № 1, 2) [текст] – Введ. 1986-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1993. 54 – 78 с.
4. ГОСТ 5639-82 Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна (с Изменением N 1) [электронный ресурс] – Режим доступа: свободный // URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005473> (дата обращения: 22.11.2018).
5. Ерисов, Я.А. Проведение испытаний на глубокую вытяжку на машине ZWICK/ROELL BUP 200. Методические указания [текст] / Я.А. Ерисов, И.Н. Петров, И.А. Камайкин. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2016. – С.7-23 с.

УДК 621.7.04

**ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ
НА МАКСИМАЛЬНОЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ
ОПЕРАЦИЙ РАЗДАЧИ, ОБЖИМА, ВЫТЯЖКИ И ОТБОРТОВКИ**

Луканова Е. О.¹, Евсюков С. А.²

1 - МГТУ им. Н.Э.Баумана, аспирант каф. МТ-6 «Технологии обработки давлением», г. Москва

2 - МГТУ им. Н.Э.Баумана, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой МТ-6 «Технологии обработки давлением», г. Москва

Аннотация. В докладе представлены результаты моделирования получения детали совмещением операций раздачи, обжима, вытяжки и отбортовки. С помощью программного комплекса Autoform проведено моделирование процесса при использовании различной толщины исходной заготовки, определено влияние данного параметра на максимальное формоизменение, показаны границы относительной толщины исходной заготовки без разрыва детали.

Ключевые слова: совмещение, раздача, обжим, вытяжка, отбортовка, моделирование, толщина, формоизменение.

**THE INFLUENCE OF THE INITIAL BLANK THICKNESS
ON THE MAXIMUM FORMING BY THE COMBINATION OF SUCH
OPERATIONS AS EXPANSION, CRIMPING, DRAWING
AND FLANGING**

Lukanova E. O.¹, Evsyukov S. A.²

1 - Bauman Moscow State Technical University, Postgraduate student of "Metal Forming Technology", Moscow. xpymka@inbox.ru,

2 - Bauman Moscow State Technical University, doctor of technical sciences, professor, head of chair "Metal Forming Technology", Moscow. mt6evs@yandex.ru

Abstract. The report presents the simulation results of part production by combining such operations as expansion, crimping, drawing and flanging. The process was simulated using the Autoform software with different thicknesses of the initial blank. The influence of this parameter on the maximum forming was determined. Limits of the relative initial blank thickness without breaking are presented.

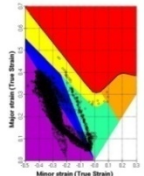
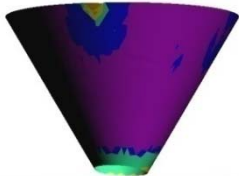
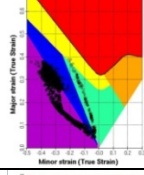
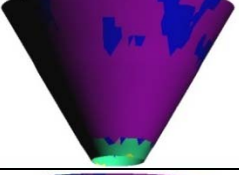
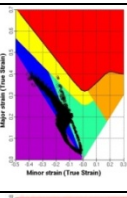
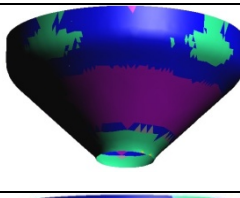
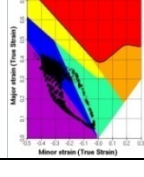
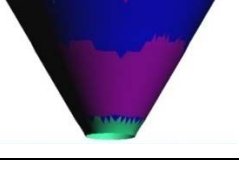
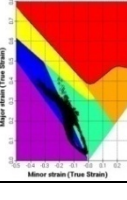
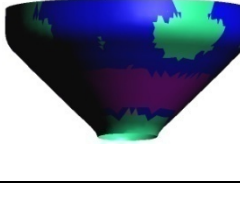
Key words: combination, expansion, crimping, drawing, flanging, simulation, thickness, forming.

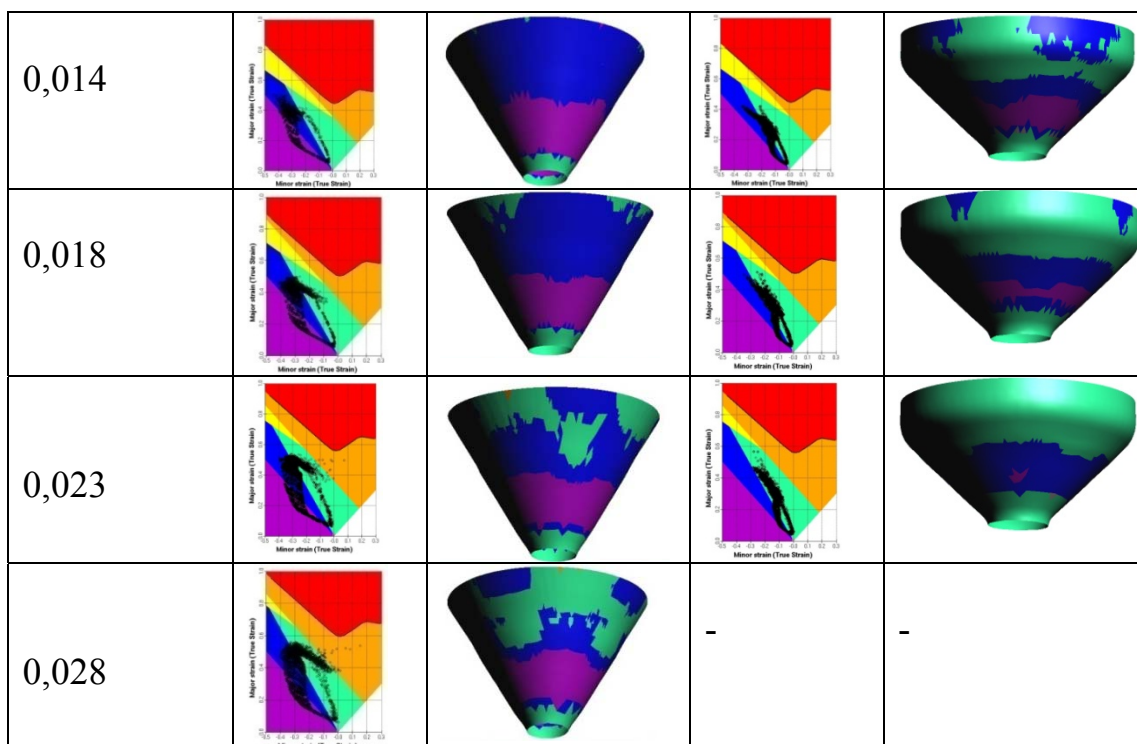
Во всех отраслях промышленности широко применяются конические детали для различных соединений трубных деталей. Одним из способов их получения является совмещение операций раздачи, обжима, вытяжки и отбортовки в одном штамповочном переходе из предварительно вытянутого стаканчика с пробитым в доньшке отверстием [1]. В той или иной степени представлены результаты исследования процессов совмещения операций раздачи и обжима [2, 3, 4], вытяжки и отбортовки [5, 6], вытяжки, обжима и раздачи [7, 8], однако процесс совмещения всех четырех операций недостаточно изучен, поэтому представляет особый интерес.

В связи с вышесказанным было проведено моделирование получения конических деталей из стали 08кп совмещением четырех операций с различной относительной толщиной исходной заготовки, в программном комплексе AutoForm. Схемы процессов совмещения показаны в работах [1,9]. За основу были взяты детали без цилиндрических поясков и с цилиндрическими поясками из стали 08кп, при этом коэффициент формоизменения деталей равен 4,5, условия деформирования идентичны. Особое внимание было уделено влиянию относительной толщины исходной заготовки $S_{отн} = S_{заг}/D_{заг}$ (где $S_{заг}$ – толщина исходной заготовки, $D_{заг}$ – диаметр круглой заготовки, используемой для вытяжки стаканчика перед совмещенной операцией) на максимальное формоизменение (таблица 1).

Таблица 1

Влияние относительной толщины исходной заготовки на формоизменение для получения конусообразных деталей

Относительная толщина исходной заготовки	Деталь без цилиндрических поясков		Деталь с цилиндрическими поясками	
	FLD- диаграмма	Формоизменение	FLD- диаграмма	Формоизменение
0,004			-	-
0,005				
0,009				



Как видно из таблицы 1, для детали без цилиндрических поясков утонение материала больше, чем допустимое возникает в зонах на краю заготовки по большому диаметру в зоне раздачи (обозначено оранжевым цветом) для относительных толщин заготовки 0,004, 0,023 и 0,028. В данных областях есть опасность разрыва заготовки. Для относительных толщин 0,004 и 0,005 можно наблюдать небольшие желтые зоны на краю заготовки по меньшему диаметру в зоне отбортовки, в данных местах тоже есть риск возникновения трещин. Для относительных толщин 0,009, 0,014 и 0,018 нет зон риска образования трещин, в фиолетовых и синих зонах не наблюдается складкообразования, поэтому данные относительные толщины являются наиболее оптимальным для проведения процесса совмещения операций раздача, обжим, вытяжка и отбортовка для получения конусообразной детали с коэффициентом формоизменения 4,5.

Дополнительно было установлено, что для детали без цилиндрических поясков относительная толщина 0,004 является предельно допустимой нижней границей без явных разрывов. При меньшей относительной толщине наблюдаются разрывы на краю заготовки по большому диаметру в зоне раздаче и дефекты в середине заготовки (рис. 1).

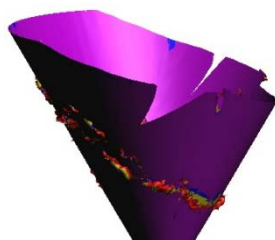


Рис. 1. Формоизменение заготовки для получения конусообразной детали при исходной относительной толщине менее 0,004

Исходная относительная толщина 0,028 – это предельно допустимая верхняя граница. При большей относительной толщине происходит разрыв на краю заготовки в зоне раздачи (рис. 2).

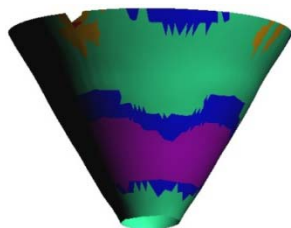


Рис. 2. Формоизменение заготовки для получения конусообразной детали при исходной относительной толщине, превышающей 0,028

Для детали с цилиндрическими поясками (таблица 1) утонение материала больше, чем допустимое возникает в зонах на краю заготовки по меньшему диаметру в зоне отбортовки (обозначено оранжевым цветом) для относительной толщины заготовки 0,028. В данной области есть опасность разрыва заготовки. Для относительной толщины 0,005 можно наблюдать небольшие желтые зоны на краю заготовки по меньшему диаметру в зоне отбортовки, в данных местах тоже есть риск возникновения трещин. Для относительных толщин 0,009 - 0,023 не наблюдаются зоны опасности возникновения разрыва, данные относительные толщины являются наиболее оптимальными для осуществления процесса.

В отличие от получения детали без цилиндрических поясков по большему и меньшему диаметрам, исходная относительная толщина для данного процесса совмещения операций 0,005 является предельно допустимой нижней границей без явных разрывов. При меньшей относительной толщине наблюдаются красные зоны разрыва на краю заготовки по меньшему диаметру в зоне отбортовки и дефекты в середине заготовки в зоне перехода от раздачи к обжиму (рис. 3).

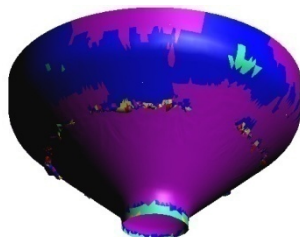


Рис. 3. Формоизменение заготовки для получения конусообразной детали с цилиндрическими поясками по большему и меньшему диаметрам при исходной относительной толщине менее 0,005

Исходная относительная толщина 0,028 - предельно допустимая верхняя граница. При большей относительной толщине в ходе процесса деформирования также происходит разрыв (красные зоны) на краю заготовки по меньшему диаметру в зоне отбортовки (рис. 4).

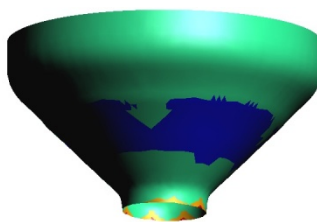


Рис. 4. Формоизменение заготовки для получения конусообразной детали с цилиндрическими поясками по большому и меньшему диаметрам при исходной относительной толщине, превышающей 0,028

Выводы:

1. Наиболее стабильно процесс совмещения операций раздачи, обжима, вытяжки и отбортовки для получения конусообразной детали без цилиндрических поясков происходит при исходной относительной толщине от 0,009 до 0,023, при этом установлено, что относительная толщина 0,004 является предельно допустимой нижней границей, а 0,028 предельно допустимой верхней границей относительной толщины без образования явных разрывов.

2. Наиболее стабильно процесс формообразования при получении конической детали с цилиндрическими поясками по меньшему и большему диаметрам протекает при относительной толщине исходной заготовки от 0,018 до 0,023, при этом установлено, что предельно допустимыми нижней и верхней границами относительной толщины являются 0,005 и 0,028 соответственно.

3. Конические детали с цилиндрическими поясками по меньшему и большему диаметрам и без цилиндрических поясков имеют практически одинаковый диапазон допустимых исходных относительных толщин, при этом диапазон оптимальных относительных толщин без образований зон риска трещин шире при получении деталей с цилиндрическими поясками.

Список литературы

1. Евсюков, С.А. Совмещения операций раздачи, обжима, вытяжки и отбортовки в одном штамповочном переходе / С.А. Евсюков, Е.О. Яковлева // Состояние и перспектива развития отечественных технологий обработки металлов давлением и оборудования кузнечно-прессового машиностроения: Сборник научных статей и докладов XIII Конгресса «Кузнец-2017». - Рязань, 2017. - С. 61-66.

2. Евсюков, С.А. Штамповка конических переходников // Кузнечно-штамповочное производство. - 1994. - № 12. - С. 8-12.

3. Попов, Е.А. Использование трубной заготовки вместо листовой// Новые процессы обработки металлов давлением. - М., 1962. - С. 144-150.

4. Розов, Ю.Г. Влияние «краевого эффекта» на ограничение деформации в совмещенном процессе обжима-раздачи трубных заготовок по условию

образования кольцевых складок // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. - Краматорск: ДГМА, 2016. - С. 29-35.

5. Петрушина, М.М. Разработка технологического процесса штамповки профильных колец с двойными стенками методом совмещения вытяжки и отбортовки / М.М. Петрушина, С.А. Евсюков // Заготовительные производства в машиностроении. - 2012. - №8. - С. 22-25.

6. Кухарь, В.Д. Теоретическое исследование комбинированного процесса вытяжки и отбортовки в кольцевую матрицу полусферического профиля / В.Д. Кухарь, А.Н. Пасько, О.А. Екимова // Известия ТулГУ. Серия Технические науки. - Тула : Изд-во ТулГУ, 2013. - Вып. 8. - С. 356-363.

7. Яковлева, Е.О. Технология изготовления капсулы для спекания путем совмещения операций обжима, раздачи и вытяжки. [Электронный ресурс] // Труды Всероссийской научно-технической конференции «Студенческая весна 2013: Машиностроительные технологии». – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – № гос. регистрации 0321300796. – URL: studvesna.qform3d.ru?go=articles&id=791 (дата обращения: 23.11.2018).

8. Евсюков, С.А. Методика проектирования технологического процесса изготовления деталей с раструбом / С.А. Евсюков, А.А. Сулейман // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. - 2013. - № 10 [Электронный ресурс]. - URL: <http://technomag.edu.ru/doc/636230.html> (дата обращения: 24.11.2018).

9. Яковлева Е.О. Влияние толщины исходной заготовки на толщину детали получаемой совмещением операций раздачи, обжима, вытяжки и отбортовки / Е.О. Яковлева, С.А. Евсюков, Т.Ю. Артюховская // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – Орел: ОрелГТУ. – 2018. – № 3 (329). – С. 94–98.

УДК 621.981

**ПРОДОЛЬНАЯ ГИБКА ЗАГОТОВОК ШПАНГОУТОВ ПАНЕЛЕЙ
ФЮЗЕЛЯЖА ИЗ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ****Марковцев В. А.¹, Попов А. Г.², Артемьев Д. А.³**

*1 – генеральный директор, д.т.н. АО «Ульяновский НИАТ», зав. каф.
«Технологии ЗШП» УлГТУ г. Ульяновск*

2 – доцент, к.т.н. каф. «Материаловедение и ОМД» УлГТУ, г. Ульяновск

3 – бакалавр 4 года каф. «Материаловедение и ОМД» УлГТУ, г. Ульяновск

Аннотация. В современных российских и зарубежных пассажирских и транспортных самолетах широко применяются гнутые шпангоуты из высокопрочных алюминиевых сплавов. Основные преимущества гнутых листовых шпангоутов по сравнению с прессованными – повышенная коррозионная стойкость и низкая относительная масса. Разработанная в АО «Ульяновский НИАТ» технология совмещенных процессов формообразования и продольной гибки заготовок шпангоутов позволит существенно сократить трудоемкость и повысить качество изготовления гнутых шпангоутов из листовых заготовок с лакирующим слоем. Рассмотрены технологическая схема формообразования профиля шпангоута с учетом последующей продольной гибки заготовки и экспериментальная гибочно-прокатная установка для изготовления заготовок шпангоутов.

Ключевые слова: гнутый профиль, шпангоут, продольная гибка, гибка-прокатка в роликах, последняя клеть окончательного формообразования, высокопрочные алюминиевые сплавы, сжатие.

**LONGITUDINAL BENDING OF WORKPIECES OF THE FRAMES OF
FUSELAGE PANELS FROM SHEET MATERIALS****Markovtsev V. A.¹, Popov A. G.², Artemiev D. A.³**

*1 – doctor of technical Sciences, General Director of PC "Ulyanovsk Research
Institute of Aviation Technology and Production Organization", head. CFR.*

"technology for blanking and stamping production" UlSTU, Ulyanovsk

*2 – associate Professor, Ph.D., DEP. "Material science and processing of metals
by pressure" UlSTU, Ulyanovsk*

3 – bachelor 4 years caf. "Material science and OMD" UlSTU, Ulyanovsk

Annotation. In modern Russian and foreign passenger and transport aircraft are widely used bent frames of high-strength aluminum alloys. The main advantages of bent sheet frames in comparison with pressed – increased corrosion resistance and low relative weight. The technology of combined processes of forming and longitudinal bending of billets of frames developed in JSC "Ulyanovsk NIAT" will significantly reduce the complexity and improve the quality of production of bent

frames from sheet blanks with a cladding layer. The technological scheme of forming of a profile of a frame taking into account the subsequent longitudinal bending of preparation and experimental bending-rolling installation for production of preparations of frames is considered.

Keywords: bent profile, frame, longitudinal bending, bending - rolling in rollers, the last crate of final forming, high-strength aluminum alloys, compression.

В конструкциях панелей фюзеляжей современных российских и зарубежных пассажирских и транспортных самолетов широко применяются гнутые шпангоуты из высокопрочных алюминиевых сплавов, например, 1163, В95, В-1469 или их аналоги. Шпангоуты изготавливаются из плакированных листовых заготовок толщиной от 1 до 3 мм, а высота стенки профиля от 40 до 80 мм.

Основные преимущества гнутых листовых шпангоутов по сравнению с прессованными – повышенная коррозионная стойкость и низкая относительная масса. Кроме того гнутые листовые шпангоуты более технологичны в условиях серийного производства самолетов [1].

При традиционном изготовлении шпангоутов панелей фюзеляжей, осуществляют штамповку эластичными средами тонкостенных листовых заготовок из высокопрочных алюминиевых сплавов на гидравлических прессах по форм-блокам с последующей доводкой до заданных геометрических параметров [2].

На рис. 1 представлен шпангоут из листовой заготовки панели фюзеляжа самолета после механической обработки.

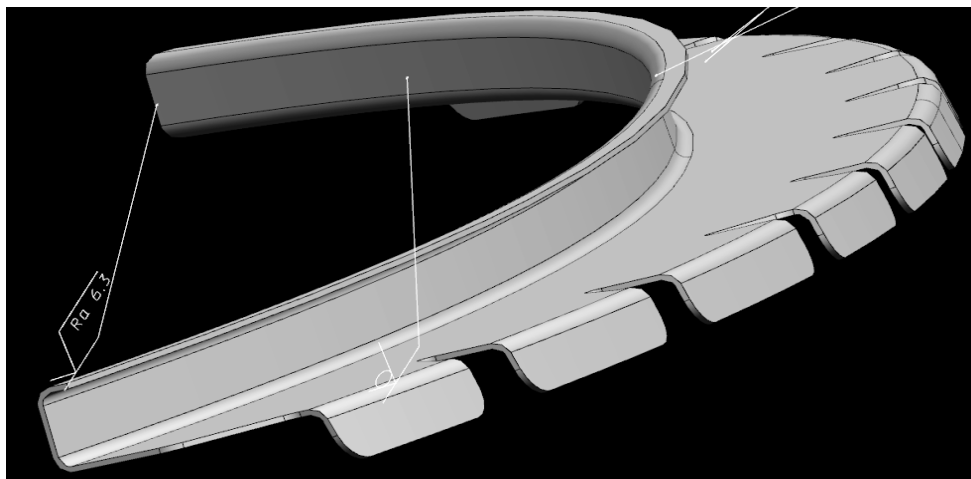


Рис. 1. Шпангоут из листовой заготовки панели фюзеляжа

Штамповка эластичными средами, а также доводочные работы осложняются не только низкой пластичностью высокопрочных алюминиевых сплавов, но и наличием на поверхностях заготовках плакирующего слоя с низкими механическими свойствами.

На передовых зарубежных авиационных предприятиях шпангоуты панелей фюзеляжа принято изготавливать из профильных заготовок совмещая процессы формообразования профиля и продольной гибки шпангоута. Аналогичная технология была разработана и внедрена в АО «Ульяновский НИАТ» с использованием метода стесненного изгиба [3], [4]. Сжимающие напряжения в процессах продольной гибки профильных деталей уменьшают опасность образования трещин на внешнем растянутом волокне при гибки и повышает пластичность металла, что особенно актуально для высокопрочных алюминиевых сплавов.

Схема формообразования профиля шпангоута в процессе гибки-прокатки в роликах с использованием метода стесненного изгиба представлена на рис. 2.

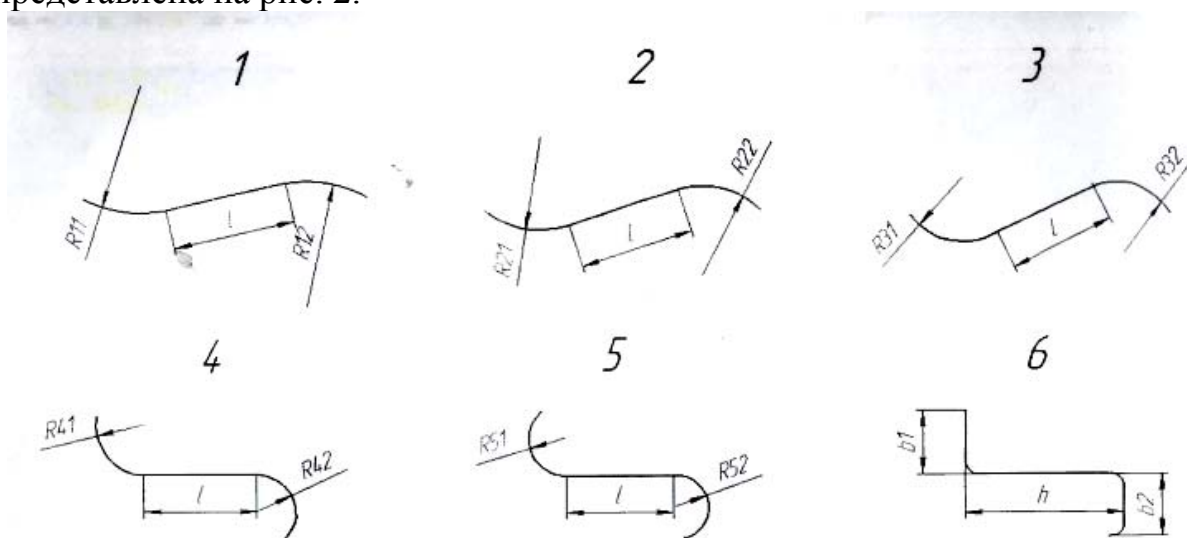


Рис. 2. Схема формообразования профиля шпангоута в процессе гибки-прокатки в роликах

Выполнение трех первых переходов, по нашему мнению, целесообразно выполнять в роликах с горизонтальным расположением осей в клетях гибочно-прокатного стана с последовательным уменьшением радиусов формования полок профиля от R11 и R12 до R31 и R32. Последующие три перехода могут быть реализованы в роликах с вертикальными валами с дальнейшим уменьшением радиусов формования полок профиля до R51 и R52 и осадкой полок в замкнутом калибре последней формообразующей клетки 6. Такая схема формообразования профиля шпангоута позволяет обеспечить выход профиля из последней формообразующей клетки 6 гибочно-прокатного стана (см. рис. 2) и последующую продольную гибку заготовки шпангоута в горизонтальной плоскости.

На рис. 3 представлена разработанная в АО «Ульяновский НИАТ» экспериментальная установка для изготовления заготовок шпангоутов гибкой-прокаткой в роликах с последующей продольной гибкой.



Рис. 3. Экспериментальная установка для изготовления заготовок шпангоутов

Заготовки шпангоутов из листовых заготовок высокопрочного алюминиевого сплава В 95 полученные на экспериментальной установке гибкой-прокаткой в роликах с последующей продольной гибкой приведены на рис. 4.



Рис. 4. Опытные образцы заготовок шпангоутов

Проведенные исследования позволяют заключить о возможности получения заготовок шпангоутов из листовых заготовок высокопрочного алюминиевого сплава с продольным радиусом изгиба менее 1500 мм.

Список литературы

1. Марковцев В.А. Формообразование стесненным изгибом в роликах и правка гнутых тонкостенных профилей / В.А. Марковцев, В.И. Филимонов. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2006. – 244 с.

2. Горбунов М. Н. Технология заготовительно-штамповочных работ в производстве летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1981. — 224 с.

3. Патент РФ № 2564798 Способ изготовления профиля из листовой заготовки с продольной гибкой его в процессе профилирования и устройство для его осуществления. В. А. Марковцев – Оpubл. 2015.10.10. Бюл. № 28.

4. Марковцев В.А., Илюшкин М.В., Попов А.Г. Расчет технологических режимов продольной гибки в роликах тонкостенных профилей из листовых заготовок // Авиационная промышленность, 2016.-№1.- С.33-37.

УДК 621.981

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ЗАГОТОВОК ШПАНГОУТОВ ДЛЯ ПАНЕЛЕЙ ФЮЗЕЛЯЖА
САМОЛЕТОВ****Марковцев В. А.¹, Хайрулин М. И.², Марковцева В. В.³***1 – генеральный директор АО «Ульяновский НИАТ»**2 – аспирант 1 года обучения каф. «Материаловедение и ОМД» УлГТУ**3 – научный сотрудник АО «Ульяновский НИАТ»*

Аннотация. В статье рассмотрены способы получения гнутых профилей с заданной продольной кривизной. Проведен анализ материалов и сплавов, применяемых в авиастроении в России и странах зарубежья.

Ключевые слова: стрингер, шпангоут, фюзеляж, гнутый профиль.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES
OF MANUFACTURING FRAMES FOR THE PANELS
OF THE AIRCRAFT FUSELAGE****Markovtsev V. A.¹, Khairulin M. I.², Markovtseva V. V.³***1 – doctor of technical Sciences, General Director of PC "Ulyanovsk Research Institute of Aviation Technology and Production Organization," head. CFR.**"technology for blanking and stamping production" UlSTU, Ulyanovsk**2 – first year postgraduate, UlSTU**3 – research fellow of PC "Ulyanovsk Research Institute of Aviation Technology and Production Organization"*

Abstract. The article describes the methods of obtaining curved profiles with a given longitudinal curvature. The analysis of materials and alloys used in the aircraft industry in Russia and abroad.

Key words: stringer, frame, fuselage, roll-formed detail.

В состав фюзеляжа самолета входят обшивка стрингеры и шпангоуты. Стрингеры представляют собой продольные, а шпангоуты поперечные элементы жесткости которые образуют несущий каркас самолета, придают жесткость обшивке. На рисунке 1 представлена конструкция отсека фюзеляжа самолета МС-21 со стрингерами и шпангоутами [1].

Их изготавливают из листовых заготовок высокопрочных алюминиевых сплавов В95, Д16, 1420, 1163 [2]. Для прокатного производства используют листовой металл, поставляемый в рулонах.



Рис. 1. Отсек фюзеляжа самолета МС-21 со стрингерами и шпангоутами

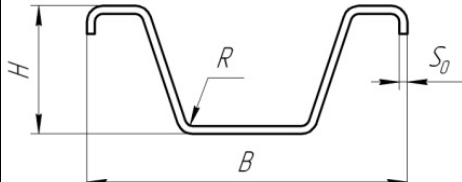
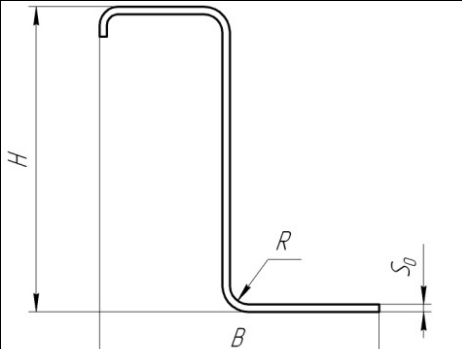
Так же помимо алюминиевых сплавов в последнее годы в авиастроение широко начали использовать высокотехнологичные композиционные материалы. Они позволяют снизить вес самолета, устранить необходимость в стрингерах из алюминиевых и титановых сплавов. Одним из композитов, используемых в авиации, является углепластик [3]. На рисунке 2 приведена панель фюзеляжа самолета Boeing 787 в состав, которой входят шпангоуты из титанового сплава и стрингеры из углепластика [4]. Этот материал чрезвычайно прочный и легкий. Он состоит из длинных тонких углеродных волокон и эпоксидной смолы. Эпоксидная смола удерживает углеродные волокна на месте относительно друг друга и обеспечивает некоторую прочность на сжатие, в то время как волокна обеспечивают прочность на растяжение. Детали из углепластика изготавливают автоклавно-препреговым методом [3, 5].



Рис. 2. Панель фюзеляжа самолета Boeing 787 с неметаллическими стрингерами

Для получения заготовок шпангоутов в авиастроении используют различные гнутые профили (характеристики поперечных сечений шпангоутов приведены в таблице 1). Заготовки шпангоутов с заданной продольной кривизной изготавливают методом стесненного изгиба на гибочно-прокатных станах и профилегибочных станках. Стесненный изгиб как технологическая операция характеризуется тем, что в процессе гибки к листовой заготовке прикладывают дополнительные усилия сжатия в тангенциальном и радиальном направлениях. В отличие от обычной гибки, при которой нейтральный слой смещается в сторону внутреннего контура, под действием дополнительных усилий сжатия в зоне сгиба происходит смещение нейтрального слоя от средней линии в сторону наружного контура [2]. Формообразование профилей методом стесненного изгиба при гибке - прокатке осуществляется в роликовом инструменте с замкнутым рабочим калибром. Создание дополнительных сжимающих усилий производится за счет избыточной ширины заготовки в процессе ее формообразования при осадке криволинейных элементов в закрытом рабочем калибре с упором торцов заготовки в уступы или бурты ноликов.

Таблица 1

Типаж шпангоутов из гнутых профилей					
Тип профиля	Геометрия сечения	Размеры, мм			
		B	H	S ₀	R
Корытный, в том числе с отбортовками		30-94	8-50	0,6-2	1,2-6
Z-образный, в том числе с отбортовками		16-90	13-65	0,6-2	1,2-5

Применение корытных и Z-образных профилей возможно в конструкциях фюзеляжа, испытывающих большие нагрузки. Эскизы переходов формообразования профилей приведены на рисунке 3.

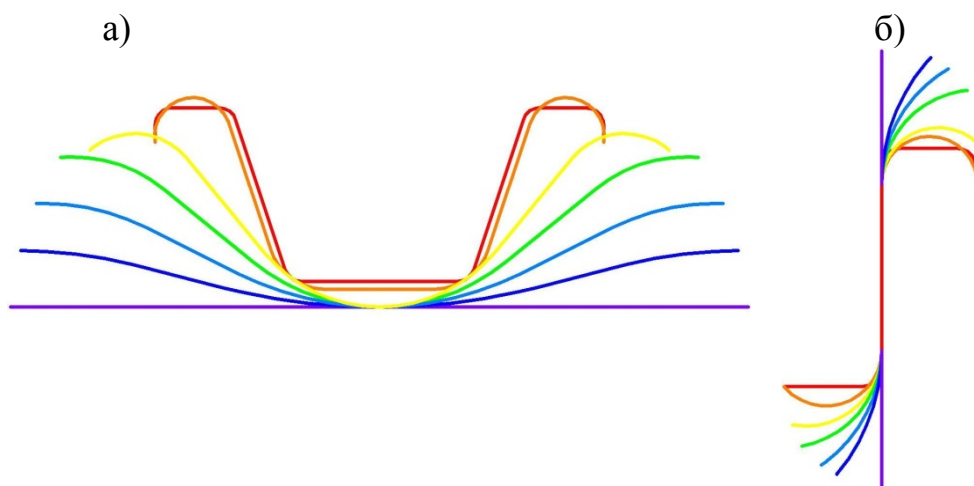


Рис. 3. Эскизы переходов формообразования профилей:
а) корытного; б) Z-образного

Изготовление профилей гибкой - прокаткой из материалов Д16 и В95 возможно одним из технологических маршрутов (предпочтительнее применять маршрут 1 в исходном состоянии "М" (отожженное). В отдельных случаях по маршруту 2 допускается применение исходного состояния "Т" для сплавов типа Д16; "Т1", "Т2" - для сплавов типа В95. В таблице 2 представлены технологические маршруты изготовления заготовок шпангоутов.

Таблица 2

Технологические маршруты изготовления заготовок шпангоутов

Операции	
Маршрут 1	Маршрут 2
Входной контроль. Раскрой материала. Подготовка заготовки . Формообразование профиля. Закалка профиля. Правка профиля растяжением в свежезакаленном состоянии. Старение естественное (Т) - для Д16, старение искусственное (Т2) - для В95. Контроль свойств и структуры профилей.	Входной контроль. Раскрой материала. Подготовка заготовки. Закалка заготовки. Формообразование профиля в свежезакаленном состоянии. Правка профиля растяжением в свежезакаленном состоянии. Старение естественное (Т) - для Д16, старение искусственное (Т2) - для В95. Контроль свойств и структуры профилей.

После формообразования профиля заготовкам шпангоута необходимо придать продольную кривизну. Схема процесса продольной гибки показана на рисунке 5. Параметрами настройки в рассматриваемом способе

формообразования являются расстояние L_p между опорным и нажимающим роликами, перемещение H_p нажимного ролика. Согласно схеме имеем [6]:

$$H_p = y_p + \left(\frac{D_0}{2} + h_c \right) (1 - \sin \delta_p) \quad (1)$$

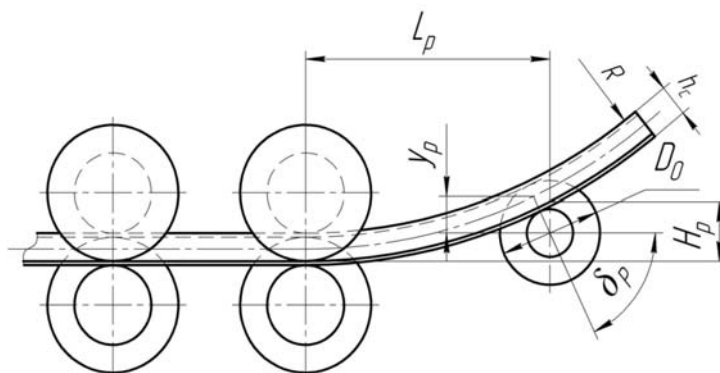


Рис. 5. Схема процесса продольной гибки

В настоящее время АО «Ульяновский НИАТ» разрабатывается продольная гибка, совмещенная с формообразованием профиля, которая может быть реализована путем установки гибочного модуля за последней клетью станка ГПС. Значительно большая степень деформации материала при формообразовании сечения профиля, по сравнению с продольной гибкой, и фактическая их реализация в одном месте (в клети окончательного формообразования профиля) создает условия для смещения материала и интенсификации продольной гибки для ее осуществления за один проход через гибочный модуль [7].

Так же подобные заготовки изготавливают с помощью механической обработки на станках с ЧПУ из плиты с различными габаритами и толщинами или из пресованных профилей простой геометрической формы с заранее заданной кривизной. На рисунке 6 представлено сечение заготовки шпангоута, получаемой фрезерной обработкой на станке с ЧПУ.

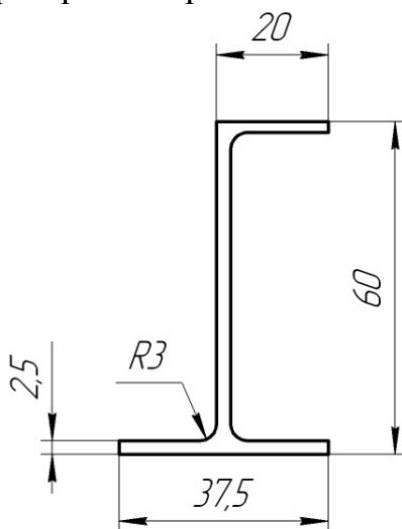


Рис. 6. Сечение заготовки шпангоута, получаемой фрезерной обработкой на станке с ЧПУ

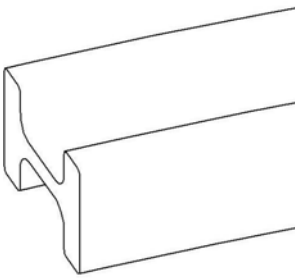
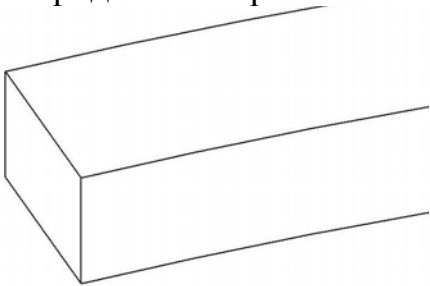
Немецкая компания Premium Aerotec является мировым лидером в производстве панелей фюзеляжа, напольных конструкций, элементов крыла самолетов семейства Airbus A320, A330 и A350 [8]. Для производства заготовок шпангоутов с заданной продольной кривизной компания Premium Aerotec использует листовой материал из высокопрочных алюминиевых сплавов. Процесс изготовления заготовок шпангоутов полностью автоматизирован и непрерывен. Ленту устанавливают на разматывающее устройство, затем пропускают через правильное устройство и формируют на гибочно-прокатном станке за 10 переходов. Сразу после формообразования заготовке шпангоута придают заданную продольную кривизну на профилирующем станке, после чего отрезают в размер. На рисунке 7 представлены заготовки шпангоутов для самолета Airbus A320 полученные на автоматизированной линии компании Premium Aerotec.



Рис. 7. Заготовки шпангоутов для самолета Airbus A320 полученные на автоматизированной линии компании Premium Aerotec

Таблица 3

Значения коэффициента использования материала в зависимости от типа обработки и вида заготовки

Вид заготовки	Тип обработки	КИМ
ПЛИТА 100×2000×4000	Механическая обработка	0,2-1%
Прессованный профиль с заданной продольной кривизной 		13-20%
Прессованный профиль с заданной продольной кривизной 		7-10%
Листовой металл	Гибка - прокатка в роликах	85-90%

При изготовлении заготовок шпангоутов наиболее технологично применение гибки - прокатки в роликах. Использование этой технологии позволяет повысить в десятки раз коэффициент использования материала при изготовлении заготовок шпангоута по сравнению с механической обработкой. В таблице 3 приведены значения коэффициента использования материала в зависимости от типа обработки и вида заготовки.

Кроме этого производство заготовок шпангоутов из гнутых профилей позволяет снизить трудоемкость продукции по сравнению с изготовлением фрезерной обработкой на станке с ЧПУ. Так же основным преимуществом получения заготовок шпангоутов профилированием является наличие лакирующего слоя на поверхности деталей, что придает коррозионную стойкость и повышает ресурс элементов жесткости каркаса летательных аппаратов.

Список литературы

1. MC-21 Сборка самолета. URL: http://www.irkut.com/MC-21_Presentation_rus.pdf (дата обращения: 03.02.2019).
2. Марковцев В.А, Филимонов В.И. Формообразование стесненным изгибом в роликах и правка гнутых тонкостенных профилей – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 244 с.
3. Carbon Fiber Epoxy Composite. URL: <http://sahil34935.blogspot.com/2013/03/carbon-fiber-epoxy-composite.html? m=1> (дата обращения: 03.02.2019).
4. Fuselage Section Cross 787. URL: <https://airfreshener.club/quotes/fuselage-section-cross-787.html> (дата обращения: 03.02.2019).
5. MC-21 — лайнер с «чёрным» крылом. URL: <https://aviation21.ru/ms-21-lajner-s-chyornym-krylom/> (дата обращения: 03.02.2019).
6. Марковцев В.А., Илюшкин М.В., Попов А.Г. Расчет технологических режимов продольной гибки в роликах тонкостенных профилей из листовых заготовок // Авиационная промышленность, 2016. №1. С. 33-37.
7. Лысов М.И., Сосов Н.В. Формообразование деталей гибкой. – М.: «Машиностроение», 2001. - 388 с.
8. WORLD-CLASS PRODUCTS. URL: <https://www.premium-aerotec.com/en/ products/> (дата обращения: 21.10.2018).

УДК 669.018.258.5

**ФОРМОВАНИЕ ЛИСТОВЫХ СТАЛЕЙ
С ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТРУКТУРОЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА**

Мельников А. А.¹, Дмитриева М. О.²

1 – к.т.н., доцент кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва

2 – студент гр. 4325, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва

Аннотация. В работе рассмотрено изменение структуры при формировании заготовки профилей из листовых сталей ДФМС с применением лазерного нагрева. Показано, что уменьшение толщины заготовки в зонегиба соответствовало пластической деформации со степенью до 40%.

Ключевые слова: двухфазные ферритно-мартенситные стали, упрочнение, изменение структуры.

**FORMING SHEET STEELS WITH A FERRITIC-MARTENSITIC
STRUCTURE USING A LOCAL LASER HEATING**

Melnikov A. A.¹, Dmitrieva M. O.²

1 – PhD, associate Professor of the Department of Metals Technology and Aviation Materials, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

2 – the student gr. 4325, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

Abstract. The article is devoted to the structural change when forming the blank of sheet steel with a ferritic-martensitic structure using a laser heating. It is shown that a decrease in the thickness of the workpiece in the bend zone corresponded to large deformation with a degree of up to 40%.

Key words: steel with a ferritic-martensitic structure, hardening, structural change.

Двухфазные ферритно-мартенситные стали (ДФМС) – низкоуглеродистые низколегированные стали, структура которых представляет собой мелкозернистую ферритную матрицу с 15-25 % мартенсита в виде отдельных включений [1].

Стали ДФМС предназначены для изготовления деталей холодной пластической деформацией гибкой. Их окончательные прочностные характеристики формируются в процессе изготовления деталей в результате упрочнения при деформации и последующей термообработки.

Упрочнение ферритно-мартенситных сталей происходит в результате образования зерен мартенсита. Высокая пластичность феррита с включениями мелких зерен мартенсита уменьшают начальную пластическую деформацию [2].

Режим термической обработки для получения деталей с требуемыми свойствами назначается в зависимости от состава стали с учётом параметров термического оборудования скорости и продолжительности нагрева [3].

Исследования проводились на образцах из малоуглеродистой стали, химический состав приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав образцов в весовых %

C	Al	Si	Cr	Mn	Ni	Fe
0,09	0,06	0,34	0,02	1,84	0,14	основа

Формовка профиля производилась в роликах профилегибочного стана с предварительным нагревом места изгиба лазером. Температура нагрева осуществлялась до температуры выше точки A_{c1} , но ниже точки A_{c3} с быстрым охлаждением, что соответствует неполной закалке. Охлаждение нагретой полосы проводилось за счет теплоотвода в готовый профиль.

Уменьшение толщины заготовки в зонегиба соответствовало пластической деформации со степенью до 40%. В результате такой обработки в стали сформировалась двухфазная ферритно-мартенситная структура, обеспечивающая повышенную прочность и жесткость профиля (рис. 1).

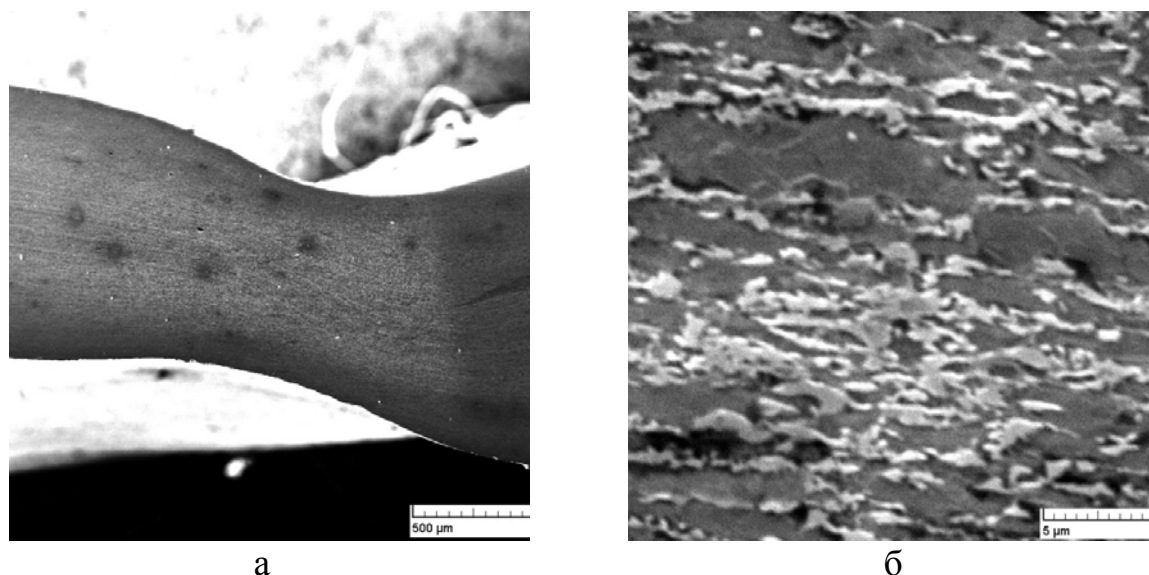


Рис. 1. а – изменение толщины в зонегиба; б – микроструктура в зонегиба

Повышенная технологическая пластичность ДФМС после такой обработки позволяет применять их для изготовления высокопрочных деталей

сложной формы, что является преимуществом этих сталей перед другими высокопрочными сталями.

Список литературы

1. Арзамасов, Б. Н. Конструкционные материалы [Текст]: справочник / Б. Н. Арзамасов [и др.] – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с.
2. Голованенко, С. А. Двухфазные низколегированные стали [Текст] / С. А. Голованенко, Н. М. Фонштейн. – М.: Металлургия, 1986. – 206с.
3. Фонштейн, Н. М. Факторы, определяющие сопротивление разрушению двухфазных ферритно-мартенситных сталей [Текст] / Н. М. Фонштейн // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1987. – № 10. – С. 10-17.

УДК 621.983.3.011.24

**УЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ
ОБТЯЖКОЙ ОБОЛОЧЕК СЛОЖНЫХ ФОРМ**

Михеев В. А.¹, Агафонова Д. В.²

1 - «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», д.т.н, профессор каф. «Обработка металлов давлением», г. Самара.

2 - «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», аспирант каф. «Обработка металлов давлением», г. Самара.

Аннотация. Предположения о технологическом наследовании свойств, основаны на анализе функции распределения зерен по ориентациям и на результатах получения требуемых текстур конкретных листовых материалов на отдельных этапах их обработки. Технологическая наследственность отвечает за получение соответствующих технологических характеристик, а следовательно отвечает за повышение качества обрабатываемой заготовки.

Ключевые слова: Технологическая наследственность, оболочка сложной формы, обтяжка, кривизна.

**THE VIEW OF TECHNOLOGICAL HEREDITY IN THE STUDY
OF PROCESSES OF FORMING A CLOSE-FITTING SHELLS
OF COMPLEX SHAPES**

Mikheev V. A.¹, Agafonova D. V.²

1 - "Samara National Research University", doctor of engineering science, professor, Samara.

2 - "Samara National Research University", postgraduat department "processing of metals by pressure", Samara.

Dafna_Agafonova@mail.ru

Abstract. Assumptions about the technological inheritance of properties are based on the analysis of the grain distribution function by orientations and on the results of obtaining the required textures of specific sheet materials at certain stages of their processing. Technological heredity is responsible for obtaining the appropriate technological characteristics, and therefore is responsible for improving the quality of the workpiece.

Key words: Technological heredity, close-fitting shells of complex shapes, covering, curvature.

В процессе формообразования обтяжкой листовых обшивочных деталей оболочек двойной кривизны происходит изменение свойств материала заготовки, так как процесс изготовления сложных пространственных форм является многопереходным. Учёт технологической наследственности отвечает за получение соответствующих технологических характеристик, а именно за перенос свойств заготовки, сформировавшихся на предыдущих операциях, на последующие при изготовлении деталей. Следует также отметить, что проявление технологической наследственности может привести, как к улучшению, так и к ухудшению эксплуатационных характеристик детали. Типичной операцией, задерживающей или исключаящей передачу наследственных свойств, является термическая обработка.

Технологическим наследованием называют процесс переноса свойств от предыдущих операций к последующим, а технологической наследственностью является процесс сохранения свойств (наследственной информации). Известно, что носителями наследственной информации являются материал, кристаллическая и зернёная структура. Носители информации активно участвуют в технологических процессах, проходя через различные операции прокатки и штамповки, испытывая воздействия технологических факторов. Но часто неизвестными оказываются текстурная морфология и параметры состояния, определяемые физико-механическими свойствами материала.

Для эффективного повышения качества изготавливаемых изделий необходимо уметь управлять процессом технологического наследования, а именно развивать полезные свойства, искореняя по мере возможности отрицательные. Следует учесть [1], что обнаружить структурные изменения наследственные дефекты можно только при обработке материалов, поскольку при технологическом процессе могут наследоваться различные свойства обрабатываемой заготовки. Важно установить не только качественные, но и количественные связи технологического наследования, для этого необходимо обратиться к системному анализу.

Все технологические операции и их технологические переходы рассматриваются комплексно. Невозможно дать детальное описание технологических сред, поэтому технологическую наследственность рассматривается и изучается во взаимосвязи отдельных элементов системы объектов производства. В условной классификации выделяют детерминированные (феноменологические), стохастические (вероятностные) и сложные системы (синергетические).

При наследовании свойств изделия, например, в детерминированных системах не возникает неопределённости в передаче свойств. Если известен способ передачи информации и есть данные по предыдущим состояниям системы, тогда можно прогнозировать её будущее состояние. А для стохастической системы аналогичное сделать невозможно, можно лишь с

небольшой вероятностью предположить какими будут наследственные свойства изделия.

Так сложные системы отличаются плохой предсказуемостью, но тем не менее они обладают способностью к выбору поведения, то есть обладают системным свойством, которого нет у её элементов при любом способе декомпозиции. Системные свойства формируются путём накопления, усиления или проявления одних свойств элементов одновременно с нивелированием, ослаблением и скрыванием других при их взаимодействии.

Такой взгляд при изучении сложных систем основан на синергетическом подходе. Синергетика, будучи наукой о процессах развития [2] и самореализации сложных систем произвольной природы, изучает дополнительные эффекты [3].

В различных ситуациях сложные системы ведут себя по-разному, проявляют различные свойства, в том числе и альтернативные.

Для изменения поведения системы требуется прирост воздействия, превышающее некоторое пороговое значение. В результате система начинает обладать свойствами, отличными от ее свойств в прошлом.

Такое поведение системы схоже с фазовыми переходами первого и второго рода. В соответствии с синергетическим подходом фазовые переходы происходят в результате самоорганизации, процесс которой описывается тремя степенями свободы, отвечающими параметру порядка, сопряженному ему полю и управляющему параметру.

Использовать единственную степень свободы - параметр порядка, возможно для описания только квазистатического фазного перехода.

В системах, значительно удаленных от состояния термодинамического равновесия, каждая из указанных степеней свободы приобретает самостоятельное значение. В них процесс самоорганизации складывается в результате конкуренции положительной обратной связи параметра порядка с управляющим параметром и отрицательной обратной связи с сопряженным полем. Поэтому кроме процесса релаксации к равновесному состоянию в течение времени при участии 2-х степеней свободы может реализоваться автоколебательный режим, а при участии 3-х возможен переход в неустойчивое состояние. Применительно к сложным системам, следует понимать под основным процессом - целенаправленное поведение и развитие, а под мелкомасштабными флуктуациями - случайные отклонения, вызванные, в частности, взаимодействием с технологической средой. Листовая заготовка представляет собой сбалансированную систему, вследствие чего ее свойства находятся во взаимосвязи. Некоторые из взаимосвязей свойств очевидны и достаточно исследованы, другие не столь очевидны и требуют дополнительных исследований.

Листовой материал обладает значительной анизотропией свойств, являющихся следствием кристаллического строения материала и последующего его текстурирования при прокатке [4]. Такую характеристику

листового материала необходимо учитывать. Одним из перспективных путей улучшения качества изделий и повышения деформационных свойств полуфабрикатов для различных операций штамповки является формирование в листовом материале заранее заданной анизотропии свойств. Для этого необходимо знать величину показателей анизотропии, методы описания текстурной морфологии. Кроме того должна быть сформирована оптимальная технологическая среда, которая в свою очередь будет формировать оптимальные свойства изделий.

Поэтому можно сказать, что эффективное использование природной анизотропии кристаллических материалов приводит к совершенствованию технологической среды. В результате могут образоваться дополнительные связи между элементами системы. Увеличение многосвязности, например, между зёрнами материала, приводит, к существенной их морфологической перестройке. Принципиальным отличием системы зёрен от системы атомов в кристалле является самостоятельность информации и её влияние на морфологию текстуры листового материала.

Таким образом, система зёрен материала закрепляет свою новую, измененную морфологию. Исходный гомогенный, элементный состав может стать гетерогенным, сохранив или не сохранив гомогенность на уровне подсистем более низкого уровня. Это является следствием функциональной деятельности, то есть морфологическому преобразованию предшествует накопление циркулирующей информации, целенаправленное ее нарастание и, направленное ориентирование свойств материала [5].

Схема заданных технологических структур происходит на границе потери устойчивости, поэтому значение управляющего параметра является бифуркационным, а явление бифуркацией. После возникновения бифуркации что-то определенное сказать о постбифуркационном периоде сложно, состояние системы непредсказуемо. Тем не менее можно сказать о способе для возведения «барьеров» в ходе технологического наследования. Суть этого способа состоит в создании самоорганизационных систем [6].

Особенность, уникальность поведения сложных систем заключается в креативной триаде. В синергетике креативная триада представлена как процесс самоорганизации [7], рождения параметров порядка и упорядоченных структур мезоуровня из хаоса микроуровня. В точке бифуркации мезоуровень исчезает и возникает прямой контакт, рождающий мезоуровень с иными качествами. Ещё одним фактором преобразования морфологии на мезоуровне являются функционально генерируемые поля технологических сред. Взаимодействия вещества с физическими полями еще слабо изучено, а методы описания полей, позволяющие получить численные результаты, далеко неадекватны. Предсказать результаты технологического воздействия на морфологию удастся для ограниченного класса задач.

Предположения о технологическом наследовании свойств, основаны на результатах получения требуемых текстур конкретных листовых материалов

на отдельных этапах их обработки и анализе функции распределения зерен по ориентациям. Примером можно назвать стабильные и нестабильные ориентировки при прокатке баночной ленты. Ряд специальных исследований режимов нагрева слитков перед горячей прокаткой, её температурно-скоростных параметров и создание принципиально новых процессов высокоскоростной холодной прокатки. Прокатка с большими обжатиями и скоростями деформации обеспечивает получение гомогенного состояния материала и мелкозернистую рекристаллизованную структуру с направленными свойствами.

Список литературы

1. Ящерицын, П.И. Технологическая наследственность в машиностроении.: учебное пособие/ Рыжов Э.В., Аверченков В.И.. Мк.: Наука и техника, –1977. –256 с.
2. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, –1980. –400 с.
3. Баланкин А.С. Синергетика деформируемого тела. М.: МО СССР, – 1991. –404 с.
4. Гречников Ф.В. Деформирование анизотропных материалов /Самарский унив-т. – М.: Машиностроение, –1998. – 448с.: ил.
5. Иванова В.С. Синергетика и фракталы в материаловедении. /Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоев А.А. – М.: Наука, 1994. – 383 с.: ил.
6. Васильев А.С. Направленное формирование свойств изделий машиностроения. – под ред. доктора тех. наук. / Дальский А.М., Золотаревский Ю.М., Кондаков А.И. А.И. Кондакова. М.: Машиностроение, –2003г. –352 с.
7. Никифоров А.Д. Процессы управления объектами машиностроения/ Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф.. – М.: Высшая школа, –2001г. –445 с.

УДК 621.981

**ПОПЕРЕЧНОЕ ГОФРИРОВАНИЕ СТАЛЬНОГО ЛИСТА
ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ РОТОРАХ С ВЫСТУПАМИ****Попов А. Г.¹, Марковцев В. А.², Храмов М. А.³***1 – доцент, к.т.н. каф. «Материаловедение и ОМД» УлГТУ, г. Ульяновск**2 – генеральный директор, д.т.н. АО «Ульяновский НИАТ», зав. каф.**«Технологии ЗШП» УлГТУ, г. Ульяновск**3 – магистр 1 года каф. «Материаловедение и ОМД» УлГТУ, г. Ульяновск*

Аннотация. При возведении тоннелей и арочных мостов в дорожном строительстве широко используются сборные металлические гофрированные конструкции с пролетами от 5 до 25 м. Основным элементом этих металлоконструкций является стальной гофрированный изогнутый оцинкованный лист (СГЛ) шириной от 1000 до 1400 мм и толщиной от 3 до 6 мм. В АО «Ульяновский НИАТ» разработана, изготовлена и исследована экспериментальная установка роторного гофрирования, внедрение которой позволит повысить производительность производства плоских СГЛ не менее чем в 3 раза. Экспериментальные исследования геометрических параметров плоских СГЛ показали незначительные уменьшение толщина стенки отклонение от формы волны в пределах допусков.

Ключевые слова: стальной гофрированный изогнутый лист, длина волны, ротор с выступами, экспериментальной установки роторного гофрирования, геометрические параметры плоских СГЛ, привод, толщина стенки.

**TRANSVERSE CORRUGATION STEEL SHEET IN ROTATING ROTORS
WITH OVERHANGS****Popov A. G.¹, Markovtsev V. A.², Khramov M. A.³***1 – associate Professor, Ph.D., DEP. "Material science and processing of metals by pressure" UlSTU, Ulyanovsk**2 – doctor of technical Sciences, General Director of PC "Ulyanovsk Research Institute of Aviation Technology and Production Organization", head. CFR.**"technology for blanking and stamping production" UlSTU, Ulyanovsk**3 – master 1 year, DEP. "Material science and processing of metals by pressure" UlSTU, Ulyanovsk*

Annotation. In the construction of tunnels and arched bridges in road construction are widely used prefabricated corrugated metal structures with spans from 5 to 25 m. the Main element of these metal structures is a steel corrugated curved galvanized sheet (SGL) with a width of 1000 to 1400 mm and a thickness of 3 to 6 mm. In JSC "Ulyanovsk NIAT" developed, manufactured and investigated an experimental installation of rotary corrugation, the introduction of which will

increase the productivity of production of flat SGL at least 3 times. Experimental studies of the geometric parameters of plane SGL showed a slight decrease in the wall thickness deviation from the waveform within tolerances.

Keywords: steel corrugated curved sheet, wavelength, rotor with protrusions, experimental installation of rotary corrugation, geometrical parameters of flat SGL, drive, wall thickness.

В настоящее время при возведении тоннелей, водопропускных систем и арочных мостов в дорожном строительстве широко используются сборные металлические гофрированные конструкции с пролетами от 5 до 25 м. Основным элементом этих металлоконструкций является стальной гофрированный изогнутый оцинкованный лист (СГЛ) шириной от 1000 до 1400 мм и толщиной от 3 до 6 мм, фото которого представлено на рис. 1.

Традиционное гофрирование плоского стального листа толщиной более 3 мм, производится штампами в специализированных гидравлических прессах с последовательным формованием каждой волны гофра сначала в черновых, а затем в чистовых ручьях штампов [1].

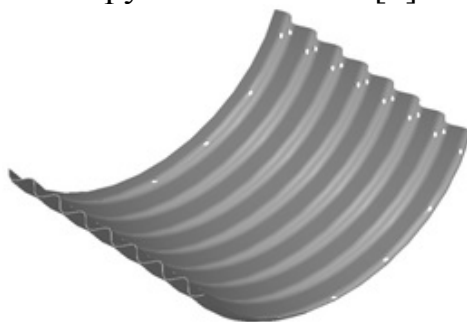


Рис. 1. Стальной гофрированный изогнутый оцинкованный лист (СГЛ) для изготовления сборных металлических гофрированных конструкций

В последующем, после пробивки отверстий, плоские гофрированные листы изгибаются в продольном направлении по заданному контуру в роликовых гибочных установках, которые разрабатывает и производит АО «Ульяновский НИАТ». Традиционная технология гофрирования стального плоского листа характеризуется низкой производительностью (до 20 мин. на лист) и высокими трудозатратами.

Для повышения производительности и снижения затрат при изготовлении СГЛ предлагается использовать технологию роторного гофрирования стального плоского листа во вращающихся роторах с выступами [2]. Даже по оценочным расчетам эта технология позволит повысить производительность производства плоских СГЛ не менее чем в 3 раза.

Для определения перспектив технологии гофрирования стального плоского листа во вращающихся роторах с выступами в АО «Ульяновский

НИАТ» изготовлен и испытан экспериментальный образец установки роторного гофрирования, схема которой представлена на рис. 2.

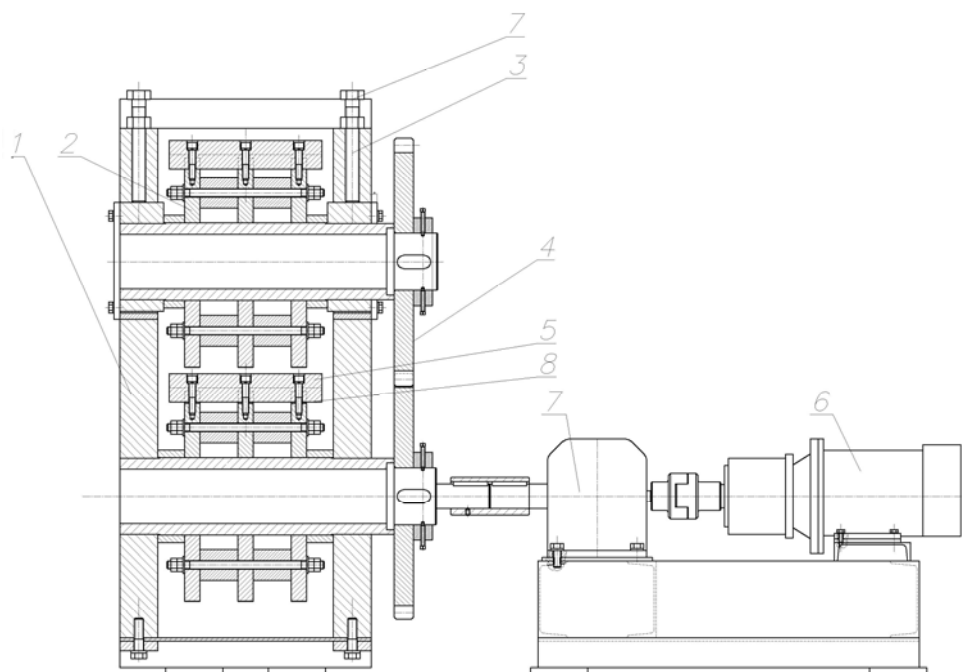


Рис. 2. Схема экспериментальной установки роторного гофрирования.

- 1 – корпус; 2 – ротор вращающийся; 3 – направляющие вращающегося ротора;
4 – шестерни синхронизирующие; 5 – деформирующие выступы;
6 – регулируемый электродвигатель; 7 – редуктор; 8 – механизм регулирования винтовой; 9 – накладки регулировочные

Экспериментальная установка была разработана для исследования процессов гофрирования плоских стальных листов шириной до 300 мм и толщиной h от 2,5 до 4 мм с возможностью регулирования зазора между деформирующими выступами 5 за счет изменения расстояния r между осями роторов 2 механизмом 8 и диаметра D_r ротора 2 с выступами 5 с помощью накладок 9. Привод вращающихся роторов 2 осуществляется через редуктор 7 регулируемым электродвигателем 6.

Основными объектами исследования являлись геометрические параметры плоских СГЛ, получаемых на экспериментальной установке из стальных листовых заготовок из стали 09Г2С по ГОСТ 19281-73.

На рис. 3 приведены геометрические параметры, измеряемые на образцах плоских СГЛ, полученных в экспериментальной установки роторного гофрирования. Исследования проводились при гофрировании стального листа шириной 185 ± 5 мм и длиной 1450 ± 20 мм.



Рис. 3. Образец плоского СГЛ, полученного на экспериментальной установке роторного гофрирования

A – длина волны; H – амплитуда волны; b – толщина стенки плоской СГЛ; c – отклонение от формы.

Результаты измерений геометрических параметров образцов плоских СГЛ изготовленных на экспериментальной установке роторного гофрирования.

Варьируемые параметры при проведении исследований экспериментальной установки роторного гофрирования и исходного стального листа:

- толщина исходного листа, h , мм 2,5; 3; 4
- диаметр ротора с выступами, D_p , мм от 600 до 615
- размер между осями роторов, p , мм от 618 до 620
- скорость вращения роторов, n , об/мин 1,5; 2,0.

Измеренные при экспериментальных исследованиях параметры образцов плоских СГЛ:

- толщина стенки, b , мм – уменьшение по сравнению с исходной на 1-5 %
- длина волны, A , мм – меньше заданной на 1-4 мм
- амплитуда волны, H , мм – меньше заданной на 1-3 мм
- отклонение от формы, c , мм не более 3 мм.

При испытаниях контролировалась нагрузка на электродвигатель привода экспериментальной установки роторного гофрирования путем измерения силы тока, максимальное значение которого составляло до 10 А на начальном этапе гофрирования.

Список литературы

1. www.gofrostal.ru - Сайт АО «Опытный завод «Гидромонтаж», Московская обл.

2. Патент № 106152 РФ МКИ В 21 D 13/04. Устройство для изготовления профилированного листа способом поперечного гофрирования / С.М. Анпилов – опубл. 10.07.2011. Бюл. № 19.

3. ВСН 176 – 76 Инструкция по проектированию и постройке металлических гофрированных водопропускных труб М.: ГУП ЦПП, 2001г.

УДК 673

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА П-ОБРАЗНОЙ ГИБКИ ДЕТАЛЕЙ
ИЗ БИМЕТАЛЛА****Рихтер П. Е.¹, Нестеренко Е. С.², Кузин А. О.³**

1 – студент Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, Самара

2 – к.т.н., доцент кафедры «ОМД» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, Самара

3 – заведующий лабораторией кафедры «ОМД» Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, Самара

Аннотация. П-образную деталь, с применением биметалла, получают используя процесс гибки. Типовые дефекты, которые могут появиться при выполнении операции: утяжина в месте изгиба, трещины, складки, неточности размеров и формы. Предлагается проводить данный процесс с помощью штампа из патента для гибки П-образных деталей с применением биметалла Сталь-Медь. Данный метод позволит получить детали более высокой прочностью и повышенными жаростойкими характеристиками, также повышается коррозионная стойкость.

Ключевые слова: заготовка, двухугловая гибка, биметалл, угол пружинения, нейтральный слой, радиус гибки, упругое пружинение, штамп, усилие гибки, заготовка, деталь, технологический процесс.

**EXPLORING OF THE PROCESS OF P-SHAPED FLEXIBILITY
OF PARTS FROM BIMETAL****Rikhter P. E.¹, Nesterenko E. S.², Kuzin A. O.³**

1 – the student gr. 1239, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

2 – Ph. D., associate Professor, DEP. Processing of metals by pressure, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

3 – head of laboratory DEP. Processing of metals by pressure, Samara national research University named after academician S. P. Korolev

petek14@mail.ru

Nesterenko77@mail.ru

alexandrkuzin88@gmail.com

Abstract. P-shaped detail, with using bimetal, get using the bending process. Typical defects that may appear during the operation: sink at the bend, cracks, folds, inaccuracies in size and shape. It is proposed to carry out this process using a stamp from the patent for bending P-shaped details with using the Steel-Copper

bimetal. This method will allow to get details with higher strength and high heat-resistant characteristics, as well as corrosion resistance increases.

Key words: billet, double-angle bending, bimetal, spring angle, neutral layer, bending radius, elastic springing, stamping, force of flexibility, workpiece, detail, technological process.

Широкое применение в авиастроении, автомобильной и электронной промышленности имеют биметаллические детали, например П-образные, которые обладают высокой коррозионной стойкостью, повышенными жаростойкими качествами и высокой прочностью.

В большинстве случаев в холодной штамповке во время технологической операции «гибка» применяют радиус с малым закруглением, при этом толщина заготовки становится меньше, а сам нейтральный слой смещается в сторону сжатых волокон.

Результаты испытаний на разрыв заготовки

Большую роль играют механические свойства материала, для этого необходимо выполнить испытание на растяжение заготовки. После проведения эксперимента на оборудовании Testometric FS – 150kN, был получен график зависимости напряжения (МПа) от деформации (%), который изображен на рисунке 1.

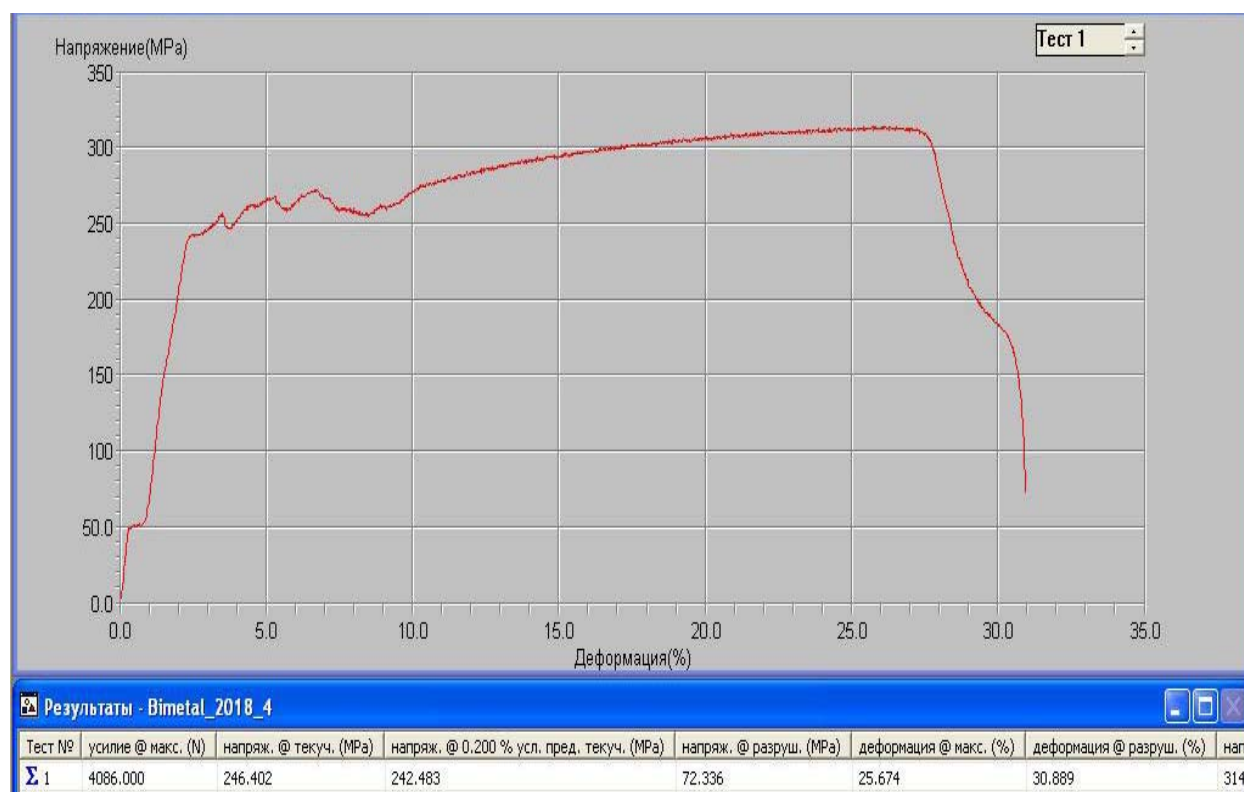


Рис. 1. Кривая упрочнения материала

Исходя из полученных результатов, можно определить основные параметры, такие как: максимальное усилие, напряжение текучести,

условный предел текучести, напряжение разрушения, максимальная деформация и деформация разрушения. Их значения равны:

- максимальное усилие – 4086 Н;
- предел текучести – 246,402 МПа;
- условный предел текучести – 242,483 МПа;
- максимальная деформация – 25,674 %;
- деформация – 30,889 %;
- предел прочности – 314 МПа.

Микроанализ биметалла Сталь – Медь

Для того чтобы определить химический состав исходного материала, была проведена шлифовка, полировка заготовки и дальнейшее травление шлифа. Изготовление и анализ шлифа под микроскопом на разные увеличения помогают определить структуру и поверхность материала, что в свою очередь дает возможность узнать марку стали исходя из диаграммы Fe-C.

В первую очередь, для проведения данного эксперимента, был взят небольшой кусок биметалла Сталь-Медь. Затем данный экспозиционный материал был отполирован в несколько этапов, для достижения максимально требуемого конечного результата. После полировки было произведено травление шлифа 7% азотной кислотой. Данное химическое травление применяется для определения границ зерен, выявления неровностей и трещин. Затем полученный шлиф поместили под микроскоп, чтобы исходя из полученных результатов, определить точную марку стали [5].



Рис. 2. Структура травленого шлифа биметалла Сталь-Медь под увеличением x50

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что данная марка стали – Сталь 45. На рисунке 2 отчетливо видно, что количество феррита и перлита в стали одинаковое, то есть равное соотношение.

Штамп для П-образной гибки заготовок

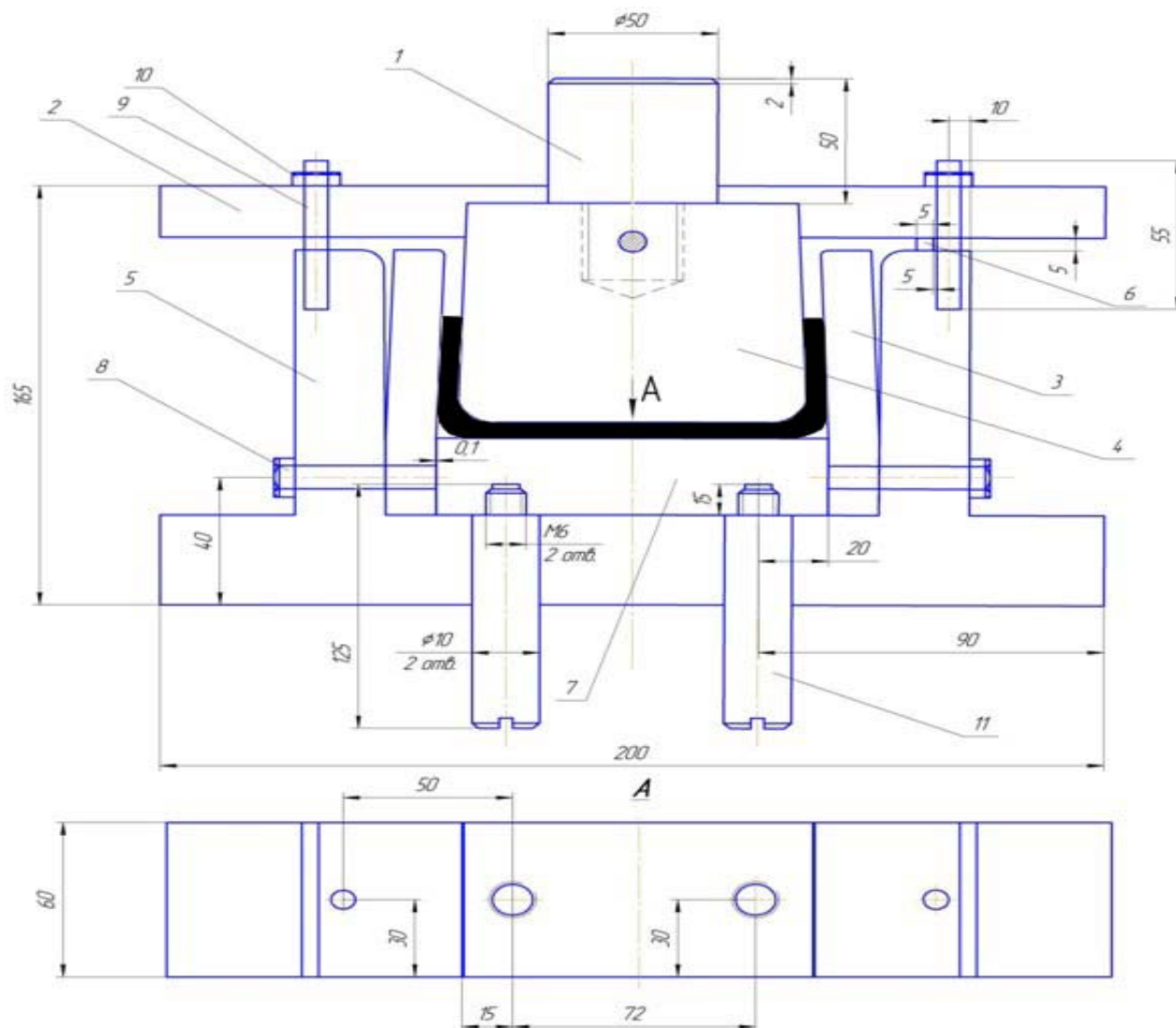


Рис. 3. Схема штампа. 1 – хвостовик, 2 – верхняя плита штампа, 3 – упругая планка, 4 – пуансон, 5 – матрица (нижняя плита штампа), 6 – упор, 7 – выталкиватель, 8 – соединительный болт, 9 – направляющая верхней плиты, 10 – стопорная гайка, 11 – направляющая выталкивателя

В самом начале данного процесса заготовка фиксируется на матрице 5 и выталкивателе 7, который находится в верхнем положении. При движении пуансона 4 вниз выталкиватель 7 опускается, упругие планки 3 начинают прижимать вертикальные полки заготовки к пуансону 4, создавая дополнительную нагрузку на заготовку. При обратном ходе выталкиватель 7 выводит заготовку из матрицы 5, при этом упругие планки 3 на протяжении всего процесса прижимают заготовку к пуансону 4. После окончания процесса заготовку снимают с пуансона 4 пинцетом.

Штамповую оснастку целесообразно изготавливать из инструментальных сталей, предназначенных для штампов холодной штамповки. Рабочие элементы штампа (матрица, пуансон) материалы У8 или

У10 и после термообработки твердость HRC 50-55. Упругая планка сталь 65Г подвергается термообработки: отжиг при температуре 840-860 °С, время 1 час с охлаждением в печи; полная закалка в воду при температуре 840-860 °С, время 20 минут; высокий отпуск при температуре 550-600 °С, 20 минут, далее охлаждение на воздухе; азотирование при температуре 550-600 °С, время 55 часов для повышения стойкости [3,4].

Размеры пуансона и матрицы соответствуют размерам детали. Пуансон корректируется в зависимости от геометрических параметров детали, угла пружинения, минимального радиуса гибки и материала заготовки [1].

Результаты эксперимента

В ходе проведения данной работы одной из главных целей было получить деталь П-образной формы из биметалла Сталь-Медь. Также желательно было, чтобы она была с радиусом равным 15 мм и отклонением от прямого угла не больше 2-3 градусов. Чертеж детали, которую можно принять за удовлетворительный результат работы, изображен на рисунке 4.

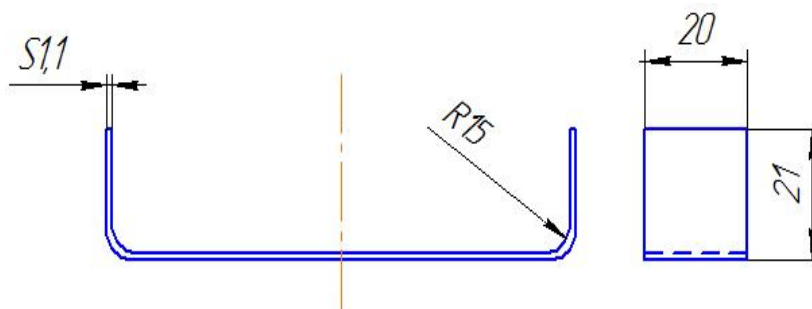


Рис. 4. Эскиз детали



Рис.5. Полученная деталь



Рис. 6. Полученная деталь (чертеж)

Из полученных результатов можно отметить то, что гибка в штампе из данного патента (рисунок 5-6) соответствует всем нормам, которые требуются при постановке задачи, и не требуют дальнейшей калибровки [1,2].

ВЫВОДЫ

В данной работе был исследован процесс П-образной гибки заготовки из биметалла Сталь-Медь.

Эксперименты проводились для заготовок толщиной 1,1 мм из биметаллического материала Сталь-Медь. Был проведен поиск, подбор и дальнейший раскрой листа материала на заготовки. Был проведен микроанализ биметалла Сталь-Медь.

Результаты проведенных экспериментов показали, что применение биметалла способствует увеличению прочностных и жаростойких характеристик, также повышается коррозионная стойкость.

Данный патент, который был выбран в ходе проведения дипломного проекта, отлично подходит для выполнения процесса гибки из биметалла Сталь-Медь толщиной 1,1 мм, потому что полученные детали соответствуют всем нормам конечных величин углов и радиусов и не требуют дальнейшей калибровки.

Список литературы

1. Пат.153887 Российская Федерация, МПК5 В21D5/02 Штамп для гибки плоских деталей с упругой планкой [текст] / Попов И.П., Нестеренко Е.С., Кузин А.О.; заявитель и патентообладатель Самара. науч. исслед. ин-т. - №2015114028/02; заявл. 15.04.15; Оpubл. 10.08.15, Бюл. № 22. – 3 с.
2. Патентный поиск в РФ [электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. // URL: <http://www.freepatent.ru/> (дата обращения: 11.03.2018).
3. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке [текст] / справочное издание/В.П.Романовский, Н.З. Симоновский, Л.В. Щетинина. – Л.: Машиностроение, 1979. – С.51-76.

4. Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением [текст] / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. - М.: Машиностроение, 1977. — 423 с.

5. Сталь 45 [электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. // URL: http://metallichekiy-portal.ru/marki_metallov/stk/45 (дата обращения: 20.12.2018).

УДК 621.981

**О ФОРМОВКЕ В ВАЛКАХ ПРОФИЛЯ
ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО МАТЕРИАЛА****Филимонов А. В.¹, Филимонов В. И.²**

1 – главный инженер ООО «Новые промышленные технологии» (г. Нижний Новгород),

2 – В.Н.С. АО «Ульяновский НИАТ», д.т.н., профессор

Аннотация. Технология формовки профиля 165×50×2 мм с отбортовками и боковыми дуговыми элементами жёсткости, разработанная на основе типовой методики проектирования по методу интенсивного деформирования, внедрена в строительной индустрии с сокращением затрат на отработку на 27%.

Ключевые слова: гнутый профиль, высокопрочный материал, клеть, профилирующий станок, отработка технологии, технологичность.

ON ROLL-FORMING OF HIGH-STRENGTH MATERIAL**Filimonov A. V.¹, Filimonov V. I.²**

1 – Ltd. "New Industrial Technologies" (city of Nizhniy Novgorod),

2 – JSC "Ulyanivsky NIAT"

Abstract. The roll-forming of the profile 165×50×2 mm with flanges and side-arc rigidity elements, developed according to standard design methodology based on the intensive roll-forming is commissioned in the industrial industry with tooling set-up cost cut to 27%.

Key words: roll-formed profile, high-strength material, stand, roll-forming machine, tooling set-up, feasibility.

Формовка гнутого профиля постоянного сечения в валках профилировочной автоматизированной линии является процессом с небольшими затратами труда (только подача начального участка ленты в валки) с последующим мониторингом работы линии, что позволяет расширить зону обслуживания оператора при условии сдвига такта загрузки линий [1]. Однако отработка технологии профиля с элементами жёсткости (рис. 1) из высокопрочного

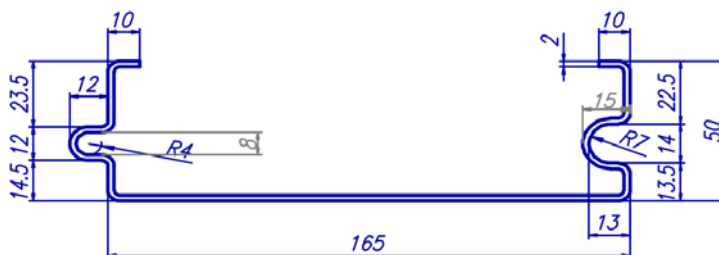


Рис. 1. Конфигурация профиля 165×50×2 мм

материала связана со значительными трудовыми затратами, если проектирование технологии не основано на состоятельных технологических расчётах [2].

Разрабатываемая технология по методу интенсивного деформирования (МИД) [3] отличается от традиционного профилирования применением модульного оборудования (вместо дорогого универсального), использованием особых схем формообразования с меньшим числом переходов, использованием формующих валков небольших размеров с замкнутым контуром, а также совмещением формообразования с правкой.

Освоение производства указанного профиля представляет собой далеко не тривиальную технологическую задачу из-за высоких требований по точности к парным элементам жёсткости (дуговым элементам и отбортовкам) для возможности сборки, к высоте профиля и угловым зонам, прилегающим к основанию и отбортовкам (рис. 2), что обеспечивает функциональность профилей и созданной на их основе металлической конструкции в целом.

Предварительно был выбран профилировочный станок СПУ-400K12 с наращиваемыми модулями (четыре клетки в одном модуле) [4]. Концепция освоения профиля базировалась на общей методике разработки технологии производства многоэлементных полузамкнутых и замкнутых профилей [2, 5].

Требования к профилю были следующими: 1) неуказанные предельные отклонения размеров – Н14, h14, IT14/2; 2) точность внутренних радиусов – $\pm 0,3$ мм; 3) серповидность на длине 3 м, – не более 1,0 мм; 4) угол скручивания на длине 3 м, – не более 1° ; 5) предельные отклонения углов – $\pm 0,5^\circ$; 6) отклонения высоты и размера отбортовки – не более $+0,2$ мм.

Расчёты при создании технологии относятся к следующим этапам разработки: 1) анализ технологичности конструкции профиля, 2) расположение его сечения в чистовой клетки, 3) определение базового элемента и оси профилирования, 4) расчёт числа переходов, 5) разработка схемы формообразования, 6) выбор оборудования, 7) проектирование технологического оснащения. Ниже дано описание этапов разработки технологии и соответствующие расчётные зависимости.

Анализ технологичности конструкции профиля обычно проводят по 34 признакам [6] на стадии технического задания на разработку технологии. Для нашего квази-симметричного профиля не требуется поворота сечения для компенсации скрутки; размер отбортовок (более 3s) укладывается в заданные пределы; боковые элементы жёсткости хотя и представляют определённые сложности при формовке в горизонтальных валках, однако

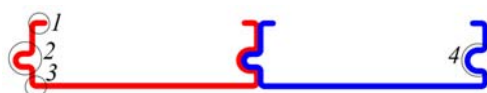


Рис. 2. Сборка конструкции и участки 1-4, к которым предъявляются повышенные требования по точности

они могут быть сформованы предварительно на первых переходах (при суммарных углах подгибки несущих полок до 45°); пластичность металла достаточна для формовки угловых зон. Проверка профиля по другим признакам технологичности противоречий не вызвала, поэтому профиль был признан технологичным.

Расположение профиля в чистовой клети обычно выполняют открытой частью вверх с наклоном донной части профиля на угол $\Delta\alpha$ (при существенной асимметрии) [2]:

$$\Delta\alpha = \frac{\alpha_1 \cdot b_1 - \alpha_2 \cdot b_2}{b_1 + b_2}, \quad (1)$$

где α_1 , α_2 – углы подгибки левой и правой несущих полок; b_1 , b_2 – ширина левой и правой несущих полок соответственно.

Для данного профиля ширина полок (в конечной позиции) одинакова при равных углах подгибки, поэтому угол поворота сечения остаётся нулевым, хотя различие боковых элементов жёсткости в ряде случаев может создавать значительную асимметрию, приводящей к необходимости поворота сечения к чистовой клети профилировочного станка. В нашем случае дуговые элементы жёсткости различаются расположением (один обращён вовне, а другой вовнутрь) и размерами (радиусы изгиба составляют 4 и 7 мм соответственно), однако жёсткости подгибаемых профилей по полярному моменту инерции оказываются соизмеримыми. «Раскрыв» профиля вверх позволяет оператору контролировать ход процесса и доставляет определённое удобство при отладке технологии. Расположение сечения профиля в чистовой клети предопределяет выбор «базового элемента» и «оси профилирования».

Базовый элемент (БЭ) и ось профилирования (ОП) в МИД связаны с физическим участком заготовки (прямолинейным элементом или зоной изгиба), который обычно контактирует с нижними участками валковой пары [2]. Это отличает МИД от традиционного профилирования, где эти два понятия соотносятся со скоростным режимом формовки и часто не связаны физически с телом заготовки. Например, в различных способах формовки труб ось профилирования располагают «по нижней точке», «по центру тяжести», «по единому уровню кромок» [7]. В двух последних случаях базовый элемент не имеет физического тела, хотя и представляется геометрически точкой и отрезком (соединяющим торцы заготовки) соответственно. В целом, выбор базового элемента и оси профилирования может отражаться на скоростном режиме формовки (различие скоростей по высоте сечения) высоких профилей, а также выборе технологических баз при изготовлении формирующих валков. Относительно базового элемента осуществляется подгибка несущих полок, причём в МИД радиусы изгиба задают с первого перехода в отличие от традиционного профилирования [8], где радиус меняется монотонно по переходам. Для рассматриваемого

профиля базовым элементом является его донная часть, а ось профилирования будет располагаться на её середине.

Расчёт числа переходов для многоэлементных профилей в МИД формализован и дается зависимостью (2) (хотя в традиционном профилировании это обусловлено традициями научных школ) [9]:

$$N = \frac{\Delta}{L_m \cdot \beta} \cdot \sqrt{\frac{H}{W}} \cdot \sqrt{\frac{s}{k \cdot T}} \cdot \frac{\sigma_s}{\sigma_b} \cdot \sqrt[3]{n} \cdot \frac{2\xi}{\pi} \cdot \eta, \quad (2)$$

где Δ – смещение кромки в вертикальной плоскости, содержащей оси рабочих валов клетки последнего перехода, по отношению к соответствующим точкам плоской заготовки, мм; L_m – межклетьеовое расстояние профилировочного станка, мм; β – предельный угол «стеснения» заготовки, рад.; H , W – высота и ширина сечения профиля соответственно, мм; s – приведённая толщина профиля; k – квалитет сечения профиля; T – допуск размера сечения для квалитета k , мм; σ_s , σ_b – пределы текучести и прочности материала заготовки, МПа; n – число зон изгиба профиля; ξ – суммарный угол подгибки несущей полки, рад.; η – безразмерный форм-модификатор, учитывающий особенности технологии.

Ошибка расчёта по формуле (2) обычно не превышает 0,7 перехода [9]. Однако для несимметричного профиля расчёт выполняют по левой и правой стороне профиля из-за различий перемещения кромок (величина Δ в формуле (2)), что даёт различные значения числа переходов, из которых наибольшее объявляется искомым. В нашем профиле развёртка левой и правой полок отличаются в пределах 4 мм, что не оказывает существенного влияния на расчёт числа переходов (для левой полки оно составляет 11,67, а для правой полки – 12,34).

Разработку схемы формообразования начинают с расчёта ширины заготовки по средней линии с учётом нормированного приращения ширины [1, 3]. В среде трёхмерного моделирования по реперным точкам (торцы заготовки и будущие зоны изгиба), создают трёхмерную модель и вычленяют сечения модели по переходам с корректировкой последовательности подгибки элементов, образуя линейную или розеточную схему формообразования.

В традиционном профилировании вертикальная плоскость, содержащая ось профилирования, делит заготовку примерно пополам, что должно было бы обеспечивать равенство продольных деформаций кромок и, следовательно, отсутствие скрутки или саблевидности профиля [2].

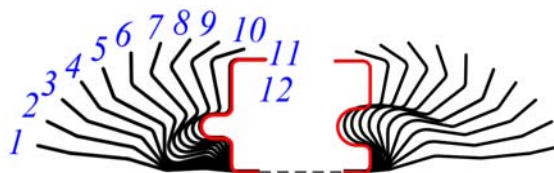


Рис. 3. Схема формообразования профиля: 1 – 12 – номера переходов

Корректировку углов подгибки, обеспечивающих равенство продольных деформаций кромок, ведут по итерационной процедуре [1, 10]. Схема формообразования рассматриваемого профиля (рис. 3) данному условию вполне удовлетворяет, поскольку величины смещений кромки левой и правой полок по переходам примерно одинаковы, а их жёсткости по полярному моменту инерции также соизмеримы. Приведение подгибаемых полок с элементами жёсткости к «эквивалентной полке» и последующий расчёт продольных деформаций (с учётом углов подгибки за переход) по формуле Чанга [10], даёт примерно их одинаковые значения, не превышающие 0,6%.

Одновременно с назначением углов подгибки выполняется расчёт протяжённости зоны плавного перехода L_k (k – номер перехода) [11]:

$$L_k = \sqrt{\frac{4 \cdot b^3 \cdot \theta_k \cdot \left(\frac{2\sigma_{T0}}{\sqrt{3}} + \frac{4}{3} \cdot \lambda \right)}{3\sqrt{3} \left(\frac{\bar{r}}{3} \sigma_{T0} + \frac{2+3\bar{r}}{10} \cdot \lambda \right) \frac{s}{r} + \frac{3 \cdot \bar{C} \cdot s}{2 \cdot \theta_k} \cdot (\sigma_{T0} + \lambda \cdot \varepsilon_{np}) \cdot \varepsilon_{np}}, \quad (3)$$

где b – ширина полки; где σ_{T0} – предел текучести материала заготовки; λ – модуль линейного упрочнения, $\bar{r}$, $\bar{C}$ – относительный радиус и относительная ширина дна профиля соответственно; s – толщина заготовки; ε_{np} – справочная величина предельной упругой деформации [11].

Это даёт возможность уточнить углы подгибки θ_k по критерию отсутствия переформовки заготовки на основе неравенства:

$$\theta_k \leq \text{root}(L(\theta) - L_M, \theta), \quad (4)$$

где $L(\theta)$ – функция, определяемая формулой (3); L_M – межклетьеовое расстояние профилировочного станка [12].

По готовой схеме формообразования выполнили окончательный **выбор оборудования**, уточнив число клеток, требуемую мощность, длину и диаметры валов, межосевое и межклетьеовое расстояние станка.

Проектирование процесса и технологического оснащения, изготовление формирующего инструмента и его отладку провели согласно

расчётным зависимостям и рекомендациям работ [1, 2, 5]. На рис. 3 показаны формирующие валки для изготовления осваиваемого профиля. Следует иметь в виду, что разработка чертежей валков требует решения ряда вопросов, связанных с «врезанием» заготовки в тело валка,

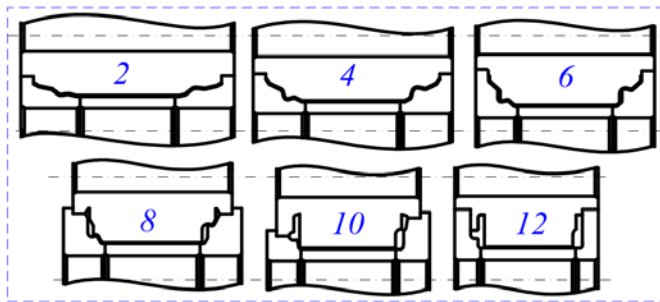


Рис. 4. Комплект валковой оснастки:

1 – 12 – номера переходов

замыканием калибров, унификацией элементов валков, простановкой размеров для минимизации погрешностей изготовления, точностью исполнения рабочих калибров, шероховатостью поверхности, термообработкой и т.п.

Важным этапом создания технологии является процедура её отработки в производственных условиях, которая представлена схемой рис. 5 (для сложных профилей предусмотрена верификация схемы формообразования с использованием МКЭ-моделирования) и последующей её корректировкой. Отметим, что некоторые разработчики используют МКЭ для оценки проблемных мест в технологии, задавая равномерное распределение углов подгибки по переходам при умозрительном назначении числа переходов. Затем, итерационно приближаются к оптимальному решению по выявлению ключевых технологических параметров. Такой подход хотя и может приводить к правильному результату, однако не является оптимальным с учётом того, что расчёт только одного варианта для сложного профиля может превышать 250-300 часов работы ЭВМ. Работа с высокопрочными материалами существенно осложняет разработку технологии. По традиционной технологии профиль толщиной 2 мм, аналогичный представленному на рис. 1 профилю, изготавливают за 25 переходов с использованием вертикальных роликов наряду с горизонтальными валками [13]. Другие этапы на стадии отладки технологии понятны из рис. 5.

По указанной схеме выполнены итерационно выполненные необходимые работы и получен профиль, удовлетворяющим техническим требованиям по точности. Разработанная технология внедрена в строительной индустрии при сокращении затрат на отработку 27% (в сравнении со средними затратами на отработку профиля аналогичной сложности – по статистике предприятия-разработчика).

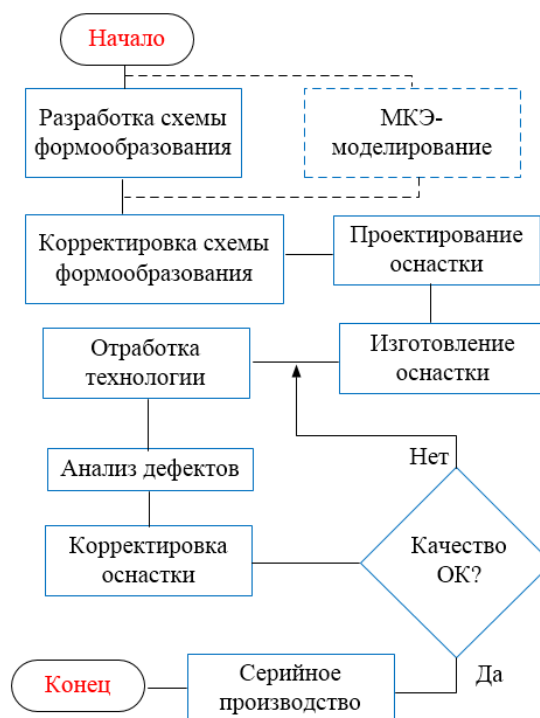


Рис. 5. Схема разработки и отладки технологии

Список литературы

1. Филимонов С.В., Филимонов В.И., Филимонов А.В. Автоматизированные линии производства гнутых профилей // Заготовительные производства в машиностроении, 2008, № 4. С. 39 – 44.
2. 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.
3. Филимонов С.В., Филимонов В.И. Интенсивное формообразование гнутых профилей. Ульяновск: УлГТУ, 2008. 444 с.
4. Лапин В.В., Филимонов В.И. Конструкции и изготовление профилегибочного оборудования. Ульяновск: Изд-во УлГТУ. 2012. 239 с.
5. Гудков И.Н., Филимонов В.И. Формообразование перфорированных профилей в роликах. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 117 с.
6. Филимонов В.И., Филимонов С.В., Карпов С.А., Кокорина И.В. Технологичность конструкции и производства гнутых профилей // Справочник. Инженерный журнал, 2015, № 8. С. 11 – 17.
7. Данченко В.Н., Коликов А.П., Романцев Б.А., Самусев С.В. Технология трубного производства. Москва: Интермет инжиниринг, 2002. 640 с.
8. Лисин И.О., Филимонов В.И., Филимонов С.В., Карпов С.А. Влияние радиуса изгиба на длину зоны плавного перехода подгибаемой полки гнутого профиля // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: международный сб. научн. тр. Магнитогорск: МаГТУ им. Г.И. Носова, 2014. Вып. 20. С. 40 – 49.
9. Лапин В.В., Филимонов В.И., Лапшин В.И., Филимонов С.В. Расчёт числа технологических переходов при профилировании заготовки методом интенсивного деформирования. // Заготовительные производства в машиностроении, 2014. №2. С. 24 – 28.
10. Митукевич Р.В., Филимонов С.В., Филимонов В.И. Оптимизация углов подгибки полок профиля на основе модели Чанга // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем. Сборник научных трудов девятой Всероссийской НПК (Ульяновск, 1 – 2 октября 2015 г.). Ульяновск: УлГТУ, 2015. С. 250 – 252.
11. Филимонов С.В., Филимонов А.В., Филимонов В.И. Модель зон плавного перехода при интенсивном формообразовании профиля из упрочняющегося материала // Производство проката, 2008, № 10. С. 26 – 32.
12. Лапин В.В., Филимонов С.В., Филимонов В.И. Предельное формообразование гнутых профилей на профилировочных станках // Вестник Концерна ПВО «Алмаз-Антей», 2015, № 2. С. 41 – 48.
- Oh M., Kim N. Optimum design of roll forming process of slide rail using design of experiments // Journal of mechanical science and technology, 2008, No. 22. P. 1537-1543.

Секция 2

**«Инженерный анализ
и автоматизация»**

УДК 621.981

**МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ
LS-DYNA РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ РУБКИ
ГНУТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ**

Баранов А. С.¹, Илюшкин М. В.²

1 – начальник НИО-110 АО «Ульяновский НИАТ»

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

Аннотация. В статье описано отрубное устройство, сконструированное на основе моделирование в программе динамического анализа LS-DYNA для резки детали “заготовки стойки ползуна”. По результатам моделирования было изготовлено отрубное устройство с предлагаемым типом штампа со сдвигом. Разработанное устройство позволяет устранить дефекты, которые выявлены в процессе реза стандартным отрубным устройством, повысить стойкость матриц, исключить отход материала, получить качественный срез профиля.

Ключевые слова: гнутые профили, профилирование, конечно-элементное моделирование, отрубное устройство, штамп со сдвигом.

**THE SIMULATION LS-DYNA SEPARATION OF OPERATIONS
ON THE EXAMPLE OF CUTTING ROLL-FORMED METAL PROFILES**

Baranov A. S.¹, Ilyushkin M. V.²

1 – Chief of research Department -110 JSC "Ulyanovsk NIAT"

1 – Candidate of technical Sciences, Deputy General Director for science of "Ulyanovsk NIAT"

Abstract. The article describes the cutting device, designed on the basis of modeling in the dynamic analysis program LS-DYNA for cutting the "workpiece slide rack" details. According to the simulation results, a bran device with the proposed type of shear stamp was manufactured. The developed device allows to eliminate defects which are revealed in the course of a cut by the standard cutting device, to increase durability of matrices, to exclude material waste, to receive a qualitative cut of a profile.

Keywords: curved profile, profiling, finite element modeling, a stamp with shift.

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 сиденья для автомобиля

Одним из важных вопросов качественной сборки и работы изделия является сохранение поперечного сечения на всей длине детали ($L = 289$ мм). При резке детали в требуемый размер нарушается сечение в зоне реза, что приводит к сложности при сборке, особенно это касается детали “заготовки стойки ползуна” (Т-образного профиля). 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 3 типа ножа: нож со смещенным центром реза, нож конусный копьевидный и нож конусный (рис. 2).

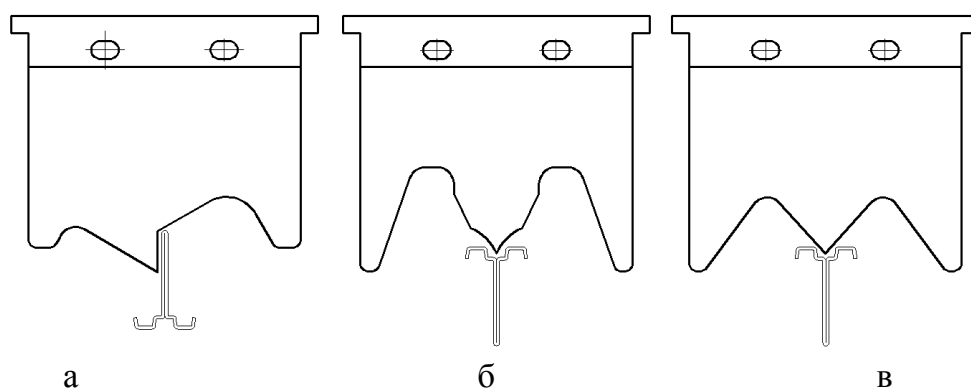


Рис. 2. Варианты ножей для резки в штампе стандартным способом: а – нож со смещенным центром реза, б – нож конусный копьевидный, в – нож конусный

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

Промоделировав все три представленных типов ножей, наиболее оптимальным является нож конусный копьевидный, 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, что соответствует чертежу.

По результатам моделирования было изготовлено отрубное устройство, представленное на рис. 3.



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

По данному штампу провели практическое испытание. На рис 4 а. 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. 4 б).

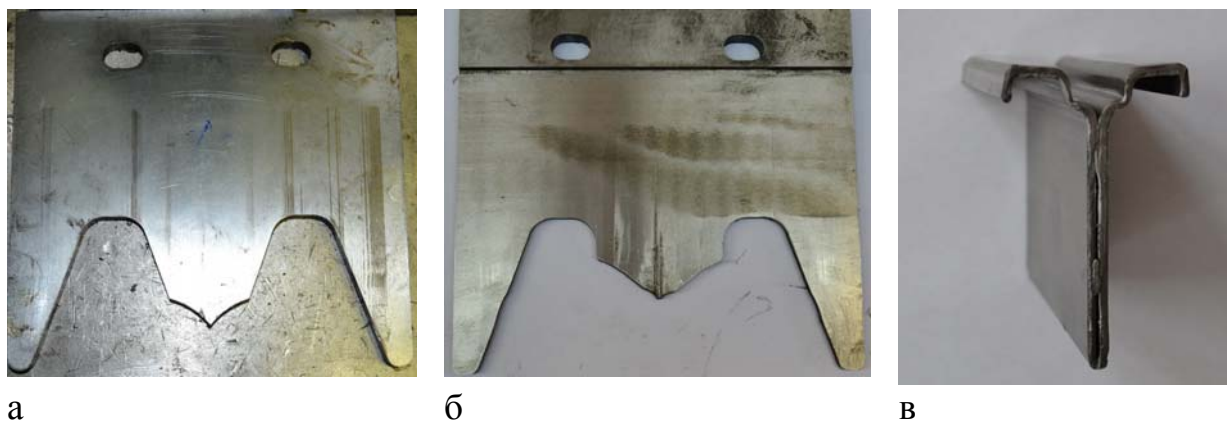


Рис. 4. Практические испытания по результатам моделирования: а – испытуемый нож, б – нож после 15 тыс. ударов, в – сечение профиля после резки в штампе стандартным способом

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;
5. наклеп на ноже;
6. малая стойкость ножа (3-3,5 тыс. ударов до первой шлифовки). При этом максимальное количество ударов составляет 15 тыс.;
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 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° . 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.

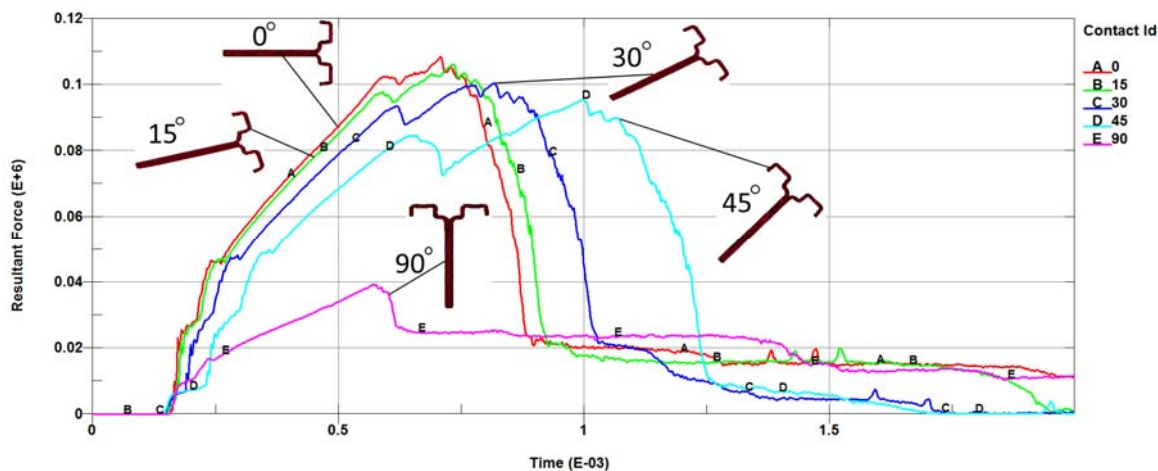


Рис. 5. График распределения усилий резки под различными углами положения профиля

По результатам моделирования было изготовлено отрубное устройство с предлагаемым типом штампа со сдвигом, представленное на рис. 6, а и матрица (входная и выходная) рис.6, б.

В процессе практического испытания акцентировали внимание на качество поверхности отрезаемой детали. На рис. 6, в представлено фото образца профиля, полученного после резки штампом со сдвигом.



а



б



в

Рис. 6. Практические испытания штампа со сдвигом: а – общий вид отрубного устройства, б – нож, в – сечение профиля после резки в штампе со сдвигом

В процессе длительной работы штампа со сдвигом (осуществили порядка 125 тыс. ударов до первой шлифовки) качество реза осталось

неизменным. Сечение профиля остается постоянным на всей длине. Такие дефекты как при резке стандартным штампом не проявлялись. Следует отметить, что стойкость матриц возросла в 40 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», с сохранением размеров поперечного сечения на всей длине изделия.

Увеличенная стойкость штампового инструмента позволяет существенно снизить его стоимость.

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 519.6

**ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ
РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗА****Кадырова Г. Р.**

*к.т.н., доцент каф. «Прикладная математика и информатика» УлГТУ, г.
Ульяновск*

Аннотация: В статье описывается программный пакет «Система поиска оптимальных регрессий» (СПОР), позволяющий осуществлять высокоточное статистическое (регрессионное) моделирование технологических процессов с последующим использованием моделей для прогноза выходных характеристик. Необходимость наличия подобной системы порождается трудоемкостью подобных работ, связанной с многовариантностью расчетов, сложностью выбора наилучшего метода оценивания параметров и структурной идентификации, а также анализа остатков при выбранном сценарии проверки соблюдения предположений метода наименьших квадратов и последующей адаптации при их нарушении.

Ключевые слова: регрессионное моделирование, прогнозирование, методы структурной идентификации, меры качества, программный продукт.

**PROGRAM SYSTEM FOR OBTAINING OPTIMAL REGRESSION
MODELS FORECAST****Kadyrova G. R.**

*Ph. D., associate Professor, DEP. "Applied mathematics and Informatics" UlSTU,
Ulyanovsk*

Abstract: The article describes the software package "System of Searching of Optimum Regressions" (SSOR), which allows for highly accurate statistical (regression) modeling of technological processes with the subsequent use of models for predicting output characteristics. The need for such a system is caused by the laboriousness of such work, associated with the multivariate calculations, the difficulty of choosing the best method of parameter estimation and structural identification, as well as the analysis of residuals in the selected scenario of checking adherence to the least squares assumptions and subsequent adaptation when they are violated.

Key words: regression modeling, forecasting, structural identification methods, quality measures, software.

Получение моделей, адекватно описывающих технологический процесс с последующим их использованием для прогноза выходных характеристик, является весьма актуальной задачей.

Поиск адекватной модели в рамках подхода регрессионного моделирования (РМ) невозможен без соответствующего программного обеспечения.

РМ – это системный подход, при котором корректность применения любого элемента системы (выборки, модели, методов оценивания параметров и структурной идентификации, критерия качества, набора предположений) может быть подвергнута сомнению и проверке с соответствующей адаптацией при нарушении заданных условий.

Целью работы является разработка статистической программной системы параметрического оценивания «СПОР» (система поиска оптимальных регрессий) [1, 2, 3], конкурентоспособной по отношению к таким пакетам, как Statistica или Statgraphics в области построения и оценивания регрессионных моделей. Система обеспечивает поиск оптимальной модели, используя различные методы структурной идентификации, не только по классическим критериям качества модели на обучающей выборке, но и по критериям качества на контрольной выборке и на «скользящей» контрольной выборке [4], что позволяет осуществлять оценку внешней адекватности модели (точности прогноза).

Основное назначение системы – получение регрессионных моделей процессов с последующим их использованием для прогноза выходных характеристик. Необходимость наличия подобной системы порождается трудоемкостью подобных работ, связанной с многовариантностью расчетов, сложностью выбора наилучшего метода оценивания параметров и структурной идентификации, а также анализа остатков при выбранном сценарии [5] проверки соблюдения предположений метода наименьших квадратов (МНК) [6] и последующей адаптации при их нарушении.

В процессе создания СПОР последовательно анализировались и решались следующие вопросы.

На какого именно пользователя (предметная область, уровень квалификации) ориентировано создаваемое статистическое ПО, каковы конечные прикладные цели разработки и требования к уровню ее интеллектуализации?

Какова структура функционального наполнения системы?

Какие именно технические средства целесообразно привлечь для реализации создаваемой программной системы?

Какие средства интеллектуального ассистирования необходимы для построения системы?

Система ориентирована на массового пользователя, остро нуждающегося в быстром и удобном средстве обработки экспериментальных данных в различных областях.

Конкурентоспособность СПОР с пакетами Statistica и Statgraphics:

- использование помимо критериев качества модели на обучающей выборке, возможность вычисления ошибки на контрольной выборке и

ошибки на «скользящей» контрольной выборке, что позволяет осуществлять оценку внешней адекватности модели (точности прогноза);

- использование новых методов структурной идентификации: полный перебор структур, неполный перебор переопределенных и нормальных систем, многокритериальный метод пошаговой регрессии с включением-исключением [7];

- использование удобного инструмента построения сравнительных таблиц.

Функциональное наполнение пакета:

- формирование постулируемой модели на основе алгебраического полинома;

- структурно-параметрическая идентификация: множественная линейная регрессия, гребневая регрессия, полный перебор структур, неполный перебор структур, перебор нормальных систем, пошаговая регрессия с включением-исключением, случайный поиск с адаптацией, случайный поиск с возвратом,

- поиск множества оптимальных моделей по заданному критерию с заданным уровнем значимости;

- построение диаграммы рассеяния;

- построение и анализ графиков остатков.

Дополнительный инструментарий СПОР: встроенный редактор, редактор построения таблиц, тонкая настройка работы пакета.

СПОР может использоваться для решения различных технологических задач, требующих восстановления эмпирической зависимости между выходным параметром процесса и набором входных параметров [8, 9].

В перспективе планируется расширение функционального наполнения системы и дальнейшая ее интеллектуализация [10].

Список литературы

1. Валеев С.Г. Система поиска оптимальных регрессий / Валеев С.Г., Кадырова Г.Р. // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 1998. № 1 (2). С. 32-37.

2. Кадырова Г.Р. О возможностях пакета адаптивного регрессионного моделирования СПОР / Кадырова Г.Р., Родионова Т.Е. // В сборнике: Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017) сборник трудов III международной конференции и молодежной школы. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева. 2017. С. 1842-1845.

3. Kadyrova G.R. Capabilities of the adaptive regression modeling package SSOR / Kadyrova G.R., Rodionova T.E. // В сборнике: CEUR Workshop Proceedings 3. Сер. "DS-ITNT 2017 - Proceedings of the International Conference Data Science. Information Technology and Nanotechnology. Session Data Science" 2017. С. 24-27.

4. Кадырова Г.Р. Исследование мер качества моделей для оценивания состояния технического объекта / Кадырова Г.Р. // Синтез, анализ и диагностика электронных цепей. – 2016. – Вып. 13. – С. 71-83.

5. Кадырова Г.Р. Решение задачи программного формирования сценариев обработки данных / Кадырова Г.Р. // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 1999. № 2 (6). С. 67-71.

6. Валеев С.Г. Автоматизированная система для решения задач метода наименьших квадратов / Валеев С.Г., Кадырова Г.Р. // Известия Вузов. Сер.: Геодезия и аэрофотосъемка. – 1999. – № 6. – С. 9–14.

7. Кадырова Г.Р. Модификация метода пошаговой регрессии для получения математических моделей прогноза поведения объекта / Кадырова Г.Р. // Автоматизация процессов управления. – 2016. – № 3(45). – С. 65–70.

8. Кадырова Г.Р. Возможности программной системы регрессионного моделирования для оценивания модели и поиска ее оптимальной структуры / Кадырова Г.Р. // Радиоэлектронная техника. – 2015. – № 2 (8). – С. 228–233.

9. Кадырова Г.Р. Оценка и прогнозирование состояния технического объекта по регрессионным моделям / Кадырова Г.Р. // Автоматизация процессов управления. – 2015. – № 4(42). – С. 90–95.

10. Кадырова Г.Р. Интеллектуализация пакета СПОР / Кадырова Г.Р., Жданкина А.А. // В сборнике: Информатика и вычислительная техника Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-технической конференции аспирантов, студентов и молодых ученых ИВТ-2015. УлГТУ. – 2015. – С. 245-250.

УДК 004.94

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ****Таирова Е. А.***Аспирант ИАТУ УлГТУ, ведущий специалист по САПР ООО «ТАКАМ-ЦР»*

Аннотация. Статья посвящена проблеме разработки технологических электронных моделей деталей каркаса воздушной техники. Рассматриваются существующие бизнес-процессы подготовки производства авиационной техники. На основе анализа влияния недостатков конструкторско-технологической подготовки производства предлагается методика преобразования конструкторских электронных моделей.

Ключевые слова: конструкторская электронная модель, технологическая электронная модель, CAD-система, заготовка, профиль.

**THE DESIGN AUTOMATION OF DIGITAL IN-PROCESS
MODELS' OF THE AIR-TECHNOLOGY FRAMEWORK
IN CONDITIONS OF THE DIGITAL PRODUCT****Tairova E. A.***Graduate student of Institute of Aviation Technology and Management Of
Ulyanovsk State Technical University, computer-aided design specialist in LLC
TAKAM-Digital Solutions*

Abstract. The paper considers the problems of digital in-process models' (DIPM) of parts of aircraft structures development. The aircraft preproduction process is overviewed and the place of the design models and DIMs is described. DIMs development is based upon the design models, yet the design model is given without the design history in a form of associated copy or the exchange file. The design methodology of the models is proposed. Its software implementation in form of an application for the CAD platform is discussed.

Keywords: Aircraft Structure, In-process models, Digital Mock-up, Lifecycle Management.

Повсеместная цифровизация производств в мире в настоящее время является объективной реальностью. Правительством РФ утверждена программа развития «Цифровая экономика Российской Федерации» [1], в соответствии с которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства, обеспечивающим конкурентоспособность экономики. Президент Всемирного экономического форума Клаус Мартин Шваб утверждает о становлении новой технологической революции [2]. В Индустрии 4.0 в качестве

новой технологии используемой четвертой промышленной революцией отмечено компьютерное моделирование, которое применяется для исследования процессов и объектов для полного охвата всех этапов производства [3].

В России для реализации передовых технологий, продуктов и услуг была принята Дорожная Карта «Технет» Национальной технологической инициативы, где в качестве приоритетных направлений НИОКР были заявлены цифровое моделирование и проектирование [4]. Для авиастроительных производств это означает применение цифровых моделей изделия, или электронных макетов (далее ЭМИ) на всех этапах производства и подготовки производства.

В настоящее время в России и в мире новая воздушная техника разрабатывается с использованием электронных моделей изделий – ЭМИ (англ. Digital Mock-UP, далее DMU) [5]. В процессах подготовки производства различают модели конструкторские ЭМИ – КЭМ, и технологические электронные модели – ТЭМ (англ. Digital In-Process Models, DIPM).

В настоящее время конструкторская ЭМИ (далее КЭМ) используется для определения конструкции ВС. Все детали получают электронное представление в виде КЭМ, увязанную с геометрией ВС. Таким образом, обеспечивается собираемость изделия и проверка его кинематики на этапе компьютерного проектирования. В дальнейшем КЭМ является основой для создания ЭМИ, используемых на последующих этапах ЖЦИ. На рисунке 1 представлен пример конструкторской ЭМИ.

КЭМ разрабатывается по определенной методологии, имеет правила оформления и передаётся на завод-изготовитель без истории построения. С одной стороны, это облегчает итоговую модель, так она собирается из облегченных копий. С другой стороны, защищает модель от несанкционированного редактирования и обеспечивает целостность сборки. Однако, данный подход не позволяет быстро преобразовывать с минимальными трудозатратами КЭМ в ТЭМ. После утверждения конструкторской модели на последующих этапах требуется построение электронных представлений заново, с использованием только геометрических размеров без истории построения. Все это усложняет работу специалиста и требует квалификации такой же, как и у конструктора, если не выше.

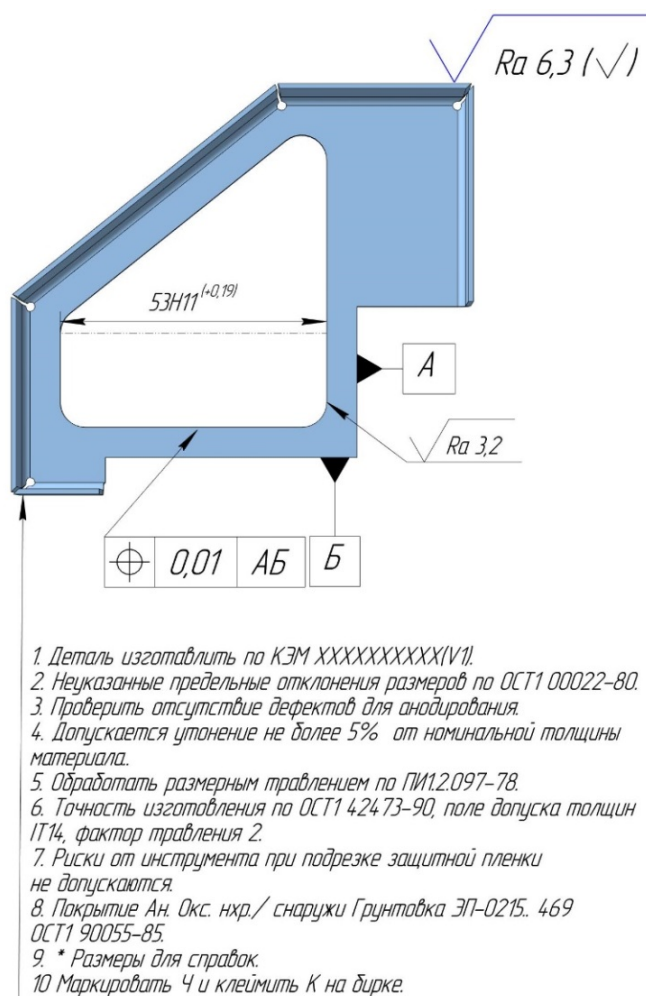


Рис. 1. Пример конструкторской ЭМИ (DMU) по ГОСТ 2.052

На этапе технологической проработки изделия формируется технологическая электронная модель (ТЭМ). Она представляет собой цифровой двойник детали на каждом этапе процесса обработки и отличается по своей геометрии от КЭМ. Кроме того, ТЭМ содержит данные, которые требуются цеху-изготовителю для производства детали. На рисунке 2 показан пример ТЭМ.

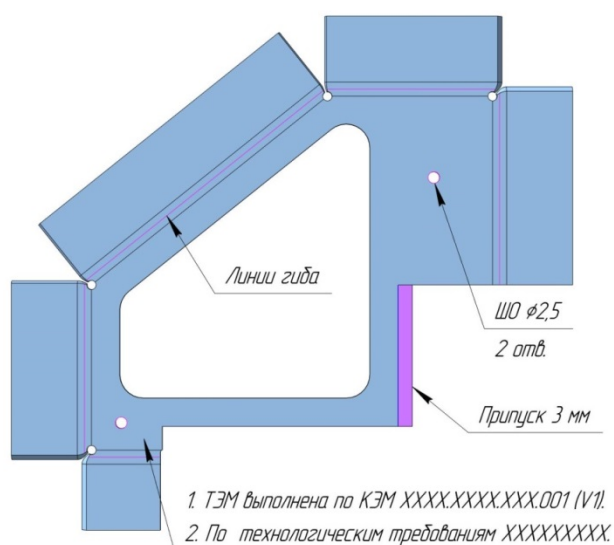


Рис. 2. Пример ТЭМ(DIPM)

Для ведения информации о ТЭМ в PLM-системе TeamCenter, внедренной в филиале ИАЗ ПАО «Корпорация «Иркут», создан специальный объект ТИД (технологическое исполнение детали) [6]. Применение ТеМП подразумевает использование комплекса электронных моделей объектов и процессов производства: в изделии – конструкторские электронные модели изделия (КЭМИ), по технологиям основного и вспомогательного производства – технологические электронные модели изделия (ТЭМИ) и т.п. ТеМП была успешно реализована в филиале ПАО «Ил» в г. Ульяновске АО «Авиастар-СП» и используется также в ряде предприятий авиастроения: филиал ПАО «Компания «Сухой» «КнААЗ им. Ю.А. Гагарина», АО «ГСС», АО «ГНКЦ имени М.Ф. Хруничева» [7]. Необходимость использования ТЭМ для реализации бесплазовой технологии производства летательных аппаратов показана в производственно-техническом издании «Технологии агрегатно-сборочного производства».

В то же самое время методика построения ТЭМ отсутствует. Это способствует тому, что каждый специалист использует собственный подход к построению моделей. Один и тот же результат проектирования ТЭМ может быть достигнут различными путями. При этом модификация такой модели может быть затруднена, вследствие излишне высокого количества операций проектирования, использования не подходящих операций, возможного содержания ошибок проектирования. Такие ТЭМ могут приводить к проблемам на этапе производства. Например, при разработке управляющей программы в системах моделирования обработки рассчитать траекторию инструмента будет проблематично или невозможно. В итоге будет задержан производственный цикл.

Создание методики, обеспечивающей единообразное построение ТЭМ с наиболее коротким деревом построения, позволило бы применять единый подход для каждой модели, избежать отклонений поверхности. Чтобы удостовериться, что методика применяется достаточно последовательно, необходимо разработать способы ее автоматизированного применения в виде пошагового мастера создания ТЭМ. Авторами данной статьи предлагается такая методика, основанная на многолетнем опыте создания ТЭМ с учетом современных подходов к моделированию и управлению жизненным циклом изделия.

Целью работы является повышение эффективности процесса проектирования технологических электронных моделей деталей каркаса авиационной техники с применением результативных проектных стратегий в среде САПР.

Для достижения данной цели, авторами решаются следующие задачи:

1. анализ процессов разработки КЭМ и ТЭМ, подходов к управлению ЖЦИ;
2. разработка методик проектирования ТЭМ;
3. программная реализация методик проектирования ТЭМ в САПР с использованием проектных стратегий.

Методы исследования

Использованы современные подходы в области автоматизированного проектирования, отраслевые обзорно-аналитические материалы, методы математического моделирования и математической логики, теория множеств, методы анализа бизнес-процессов, методы экспериментального исследования.

Управление ЖЦИ осуществляется на основе модели бизнес-процесса разработки КЭМ и ТЭМ. В настоящее время КЭМ представляет собой это выполненная КД в форме электронной модели изделия (ЭМИ) по ГОСТ 2.052, с учетом требований ГОСТ 2.051 и ГОСТ 2.054, имеющая содержательную часть соответствующего КД по ГОСТ 2.102 (ЭМД или ЭМСЕ). Требования по составу и представлению информации согласно ИСО 10303-1, ИСО 10303-11, ИСО 10303-42, ИСО 10303-201. Реквизитную часть выполняют по ГОСТ 2.104.

ТЭМ это альтернативная электронная модель изделия на основе КЭМ, которая содержит данные, необходимые для производства с учетом особенностей технологических процессов завода-изготовителя согласно п.1.5.1-1.5.7, 2.6-2.8 ГОСТ 2.109. Определение технологического электронного макета изделия разработано в проекте ГОСТ «Электронный макет изделия». Разработка ТЭМ является важной частью процесса подготовки производства авиационной техники на этапе передачи модели в производство. ТЭМ разрабатывается в соответствии с требованиями производственных цехов (условия на поставку). ТЭМ используется в производстве:

- в качестве математической модели для изготовления на станках с ЧПУ;
- для моделирования и визуализации производственного процесса с целью его планирования и оптимизации;
- проведения расчетов трудоемкости изготовления и материального нормирования,
- определения потребности производства в материалах, кадрах и загрузке оборудования.

Разработка ТЭМ и КЭМ являются важными задачами процесса подготовки производства. От скорости разработки и качества этих моделей зависит длительность бизнес-процесса подготовки производства, а также результат производственного процесса. Если качество моделей высокое, производственный процесс пойдет без задержек, будет значительно снижена вероятность выхода бракованных деталей, а доводка на этапе сборки будет минимальна. Диаграмма процесса подготовки производства представлена на рисунке 3.

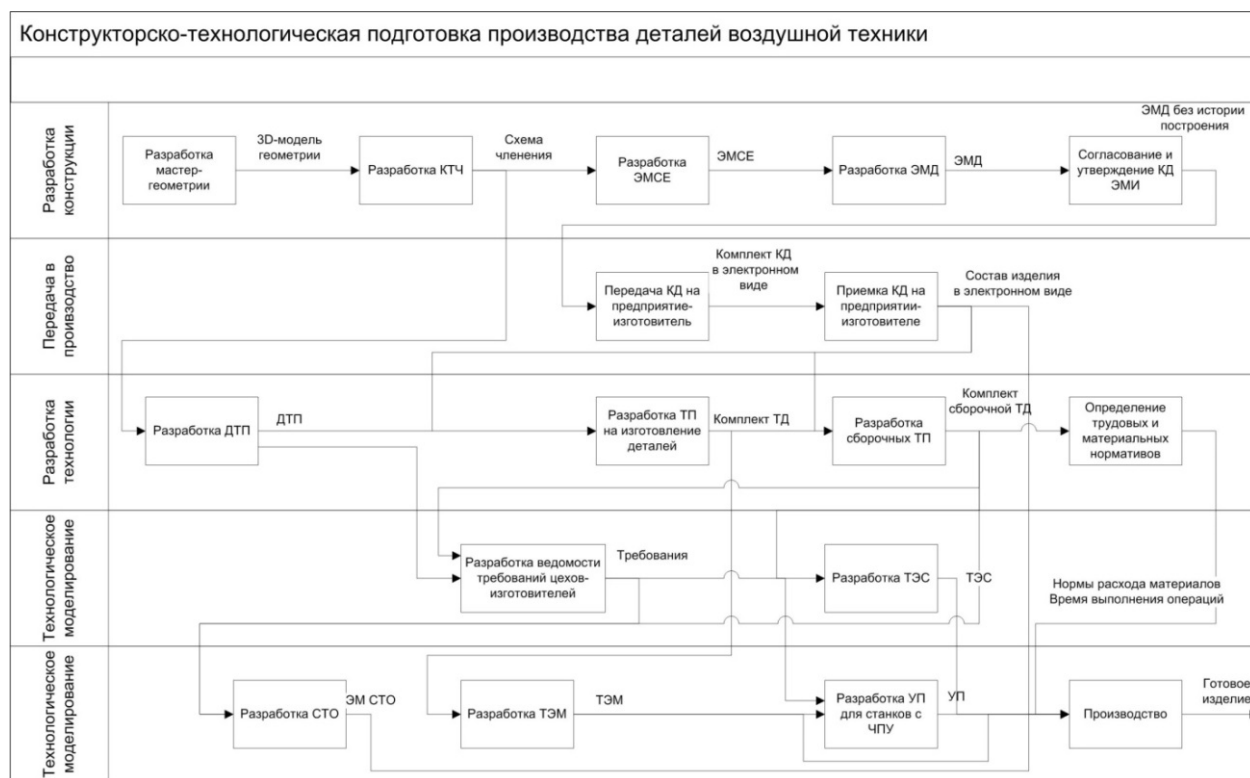


Рис. 3. Модель процесса проектирования

Как следует из модели процесса, конструкторская модель передается на последующие этапы без истории построения. КЭМ используется в виде ассоциативной копии. Необходимость разработки ТЭМ возникает, так как заготовка детали проходит несколько этапов в производственном процессе, прежде чем становится готовой годной деталью. Если производственный процесс движется в сторону справа-налево, то процесс создания ТЭМ

движется в обратном направлении. Пример необходимой для производства ТЭМ и исходной для проектирования КЭМ представлены на рис. 4.

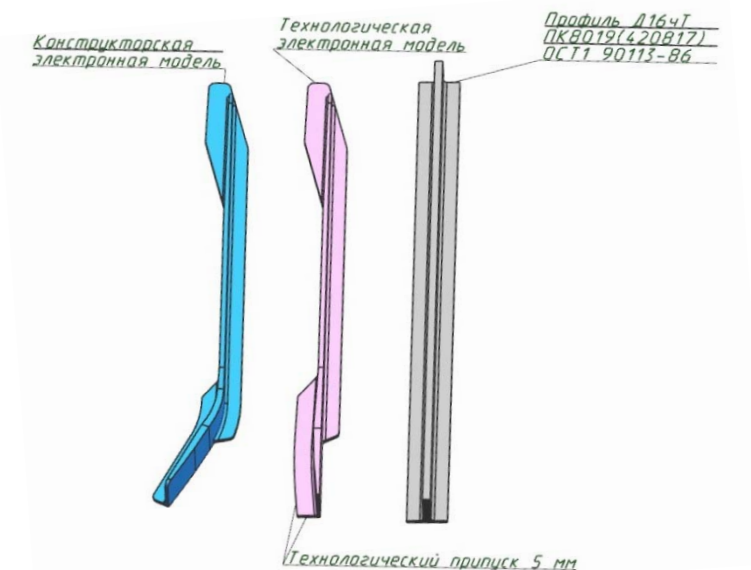


Рис. 4. Пример ТЭМ, КЭМ и заготовки

Для автоматизации проектирования ТЭМ предлагается методики проектирования. Она включает частные случаи для проектирования изделий из листа, профиля и плиты.

Методика проектирования ТЭМ из прессованного профиля в упрощенном виде представлена следующими пунктами:

1. Определить сортament и типоразмер профиля по электронному Справочнику. Это позволит получить информацию о геометрии заготовки.
2. Определить базовую поверхность. Целесообразно выбирать за базовую ту поверхность, которая перпендикулярна торцевой плоскости профиля и имеет наименьшие изменения относительно сортамента.
3. Удалить фаски и скругления с торцев. Определить истинную длину детали.
4. Определить базовую поверхность. Удобно взять поверхность основания детали.
5. Определить сечения, нормальные к базовой поверхности. Местонахождение сечения выбирается так, чтобы показать в том числе конструктивные элементы: радиусыгиба, фрезеровки, карманы и т.п. Чем выше параметр кривизны поверхности сечений, тем выше должна быть плотность сечений.
6. Для каждого сечения необходимо определить центр масс. Центр масс (центр инерции) в механике – это геометрическая точка, характеризующая движение тела или системы частиц как целого. Координаты центра масс вычисляется по формуле:

$$x = \frac{\int_a^b y^2 dx}{m} \quad y = \frac{\int_a^b x^2 dy}{m} \quad (1)$$

7. САПР имеют встроенные функции определения центра масс. Возможны ситуации, когда центр масс будет находиться за пределами контура сечения.

8. Рассчитать отклонение центра инерции от базовой поверхности. Для каждого сечения вычисляется расстояние t_i от центра инерции до базовой поверхности по нормали. Это расстояние вычисляется средствами САПР.

9. Вычислить среднее значение отклонения центра инерции от базовой поверхности по формуле:

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (2)$$

10. Построить эквидистантную поверхность средствами САПР на расстоянии t_{cp} относительно базовой поверхности.

11. Упростить модель. На этом шаге из расчета исключаются различные конструктивные элементы, такие как карманы, вырезы и фрезеровки. Утонения и гибы должны остаться.

12. Определение длины профиля. Проводится измерение длины ребра поверхности. Таким образом, появляется численное значение истинной длины профиля до деформирования.

13. Построение профиля по заданному сечению из Справочника.

14. Выполнение конструктивных элементов. Для этого проводится построение вспомогательных поверхностей, соответствующих граням КЭМ. Построение этих поверхностей выполняется на t_{cp} относительно базовой поверхности. Проводится их измерение ребер. Выполняются полученные элементы на ТЭМ.

15. Выполнение требований на поставку изделия. Добавление к модели технологических припусков по торцам детали, вскрытие технологических отверстий для гибки.

Методика проектирования ТЭМ профиля из листа в упрощенном виде представлена следующими пунктами:

1. Определить толщину профиля из листа. Необходимо для получения в дальнейшем поверхности нейтрального слоя.

2. Удалить фаски и скругления с торцев. Подготовительный шаг, который позволит определить истинную длину детали.

3. Определить базовую поверхность. Базовая поверхность должна быть перпендикулярна торцу детали и выбрана с внутренней поверхности деформируемой детали, подвергающейся сжатию.

4. Определить поверхность нейтрального слоя. Поверхность нейтрального слоя для деталей из листа определяется построением нейтральной линии.

Она представляет собой кривую, длина которой не меняется. С внутренней поверхности деформируемой детали откладывают эквидистантно отложенную

базовую поверхность на определенное по формуле значение нейтральной линии. Нейтральный слой показан на рисунке 5.

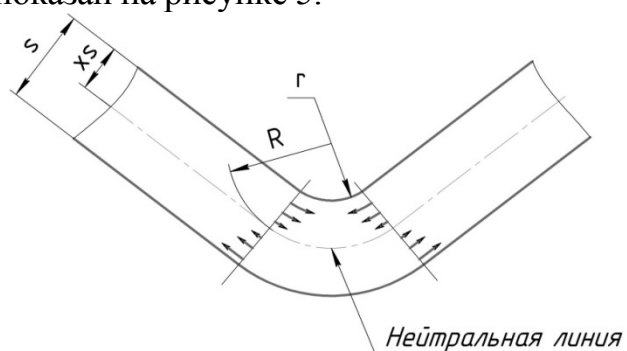


Рис. 5. Нейтральный слой

Радиус нейтральной линии R_n в мм определяется по формуле:

$$R_n = r + xs, \quad (3)$$

где r – радиус гибки, мм;

s – толщина материала, мм;

x – коэффициент, величина которого зависит от отношения r/s .

Справочный материал

5. Определение длины развертки. На рисунке 6 показано определение длины развертки листовой детали.

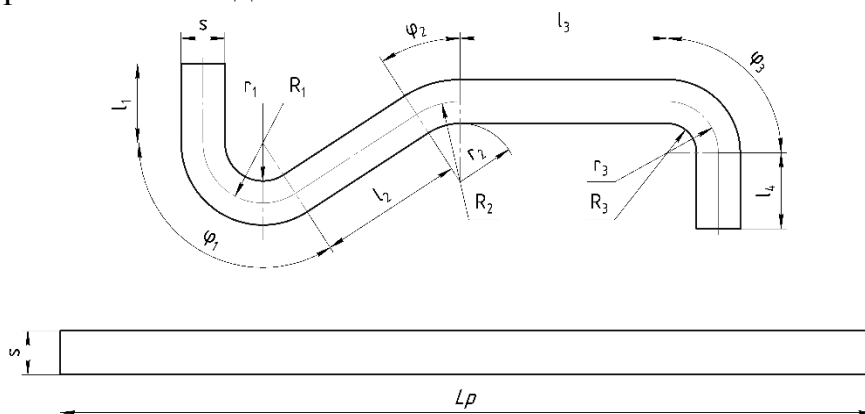


Рис. 6. Определение длины развертки листовой детали

Она определяется по следующей формуле:

$$L_p = (l_1 + l_2 + \dots + l_n) + \frac{\pi}{180} (\varphi_1 R_{n1} + \varphi_2 R_{n2} + \dots + \varphi_n R_{nn}), \quad (4)$$

где l_1, l_2, l_n — прямые участки, мм;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_n$ — углы гибки, град;

$R_{n1}; R_{n2}; R_{n3}$ — радиусы нейтральной линии, определяемые по формуле (3).

6. Построение листовой детали. По определенной длине развертки L_p проектируется листовая деталь по указанной в ТТ толщине.

7. Выполнение конструктивных элементов. Конструктивные элементы измеряют на КЭМ. Выполняют по полученным с КЭМ данным конструктивные элементы на ТЭМ.

8. Выполнение требований на поставку изделия: добавление к модели технологических припусков по торцам детали, вскрытие технологических отверстий для гибки и последующей сборки.

Методика проектирования ТЭМ панелей из плит в упрощенном виде представлена следующими пунктами:

1. Определить толщину плиты.
2. Удалить фаски и скругления с торцев.
3. Определить базовую поверхность.
4. Определить сечения, нормальные к базовой поверхности.
5. Для каждого сечения необходимо определить центр масс.

$$x = \frac{\int_a^b y^2 dx}{m} \qquad y = \frac{\int_a^b x^2 dy}{m} \qquad (5)$$

6. Рассчитать отклонение центра инерции от базовой поверхности.
7. Вычислить среднее значение отклонения центра инерции от базовой поверхности
8. Построить эквидистантную поверхность средствами САПР на расстоянии t_{cp} относительно базовой поверхности.

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \qquad (6)$$

9. Упростить модель.
10. Определить длину панели.
11. Выполнить конструктивные элементы.
12. Выполнить требования на поставку изделия.
13. Формальное представление методики.

Каждый пункт методики реализуется некоторыми проектными шагами, представляющими собой стадии построения электронной модели изделия. Формально методика представляется как объединение множества проектных шагов:

$$M = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_i, \qquad (7)$$

где $i = (1 \dots m)$, m – число проектных шагов для реализации методики.

Каждый проектный шаг в свою очередь реализуется в CAD-системе с помощью проектных операций — команд, которые вызывает пользователь при работе с программным приложением. Последовательность проектных операций пользователь выбирает исходя из своего проектного опыта, задачи, исходных данных, знания возможностей программного продукта.

Для целей данного исследования наиболее верным выбором последовательности проектных операций будем считать тот выбор, который приводит к достижению необходимого результата наиболее коротким путем. С учетом принципов работы современных CAD-систем возможен выбор лишь одного варианта реализации проектного шага, исключая другие. Запишем такой исключаящий выбор в виде:

$$S_i = \left\{ \begin{matrix} PO_{11}^i \\ PO_{12}^i \\ \dots \\ PO_{1j}^i \end{matrix} \right\} V \left\{ \begin{matrix} PO_{21}^i \\ PO_{22}^i \\ \dots \\ PO_{2j}^i \end{matrix} \right\} V \dots V \left\{ \begin{matrix} PO_{k1}^i \\ PO_{k2}^i \\ \dots \\ PO_{kj}^i \end{matrix} \right\}, \quad (8)$$

где $k = (1 \dots n)$,

$j = (1 \dots l)$, V обозначает логический оператор исключаящего ИЛИ. В сокращенном виде (8) будет выглядеть следующим образом:

$S_i = \bigvee_{k=1}^n \left\{ \begin{matrix} PO_{k1}^i \\ PO_{k2}^i \\ \dots \\ PO_{kj}^i \end{matrix} \right\},$	(9)
--	-----

С учетом (8) и (9) методика (7) будет записана в виде следующей реализации:

$M = \bigcup_{i=1}^m S_i = \bigcup_{i=1}^m \left[\bigvee_{k=1}^n \left\{ \begin{matrix} PO_{k1}^i \\ PO_{k2}^i \\ \dots \\ PO_{kj}^i \end{matrix} \right\} \right].$	(10)
---	------

Таким образом, для автоматизированной реализации методики проектирования необходимо определить следующие множества сущностей:

- множество пунктов методики;
- множество проектных шагов;
- множество вариантов реализации проектных шагов;
- множество проектных операций, которое будет определено на множестве команд конкретной CAD-системы, для которой планируется программная реализация.

Программная реализация

Множества сущностей, описанных выше, являются основой для программной реализации методики. Оно реализуется как приложение к CAD-системе. Приложение направляет действия пользователя в среде CAD-системы и помогает ему следовать методике проектирования. Диаграмма компонентов приложения на рис. 7.

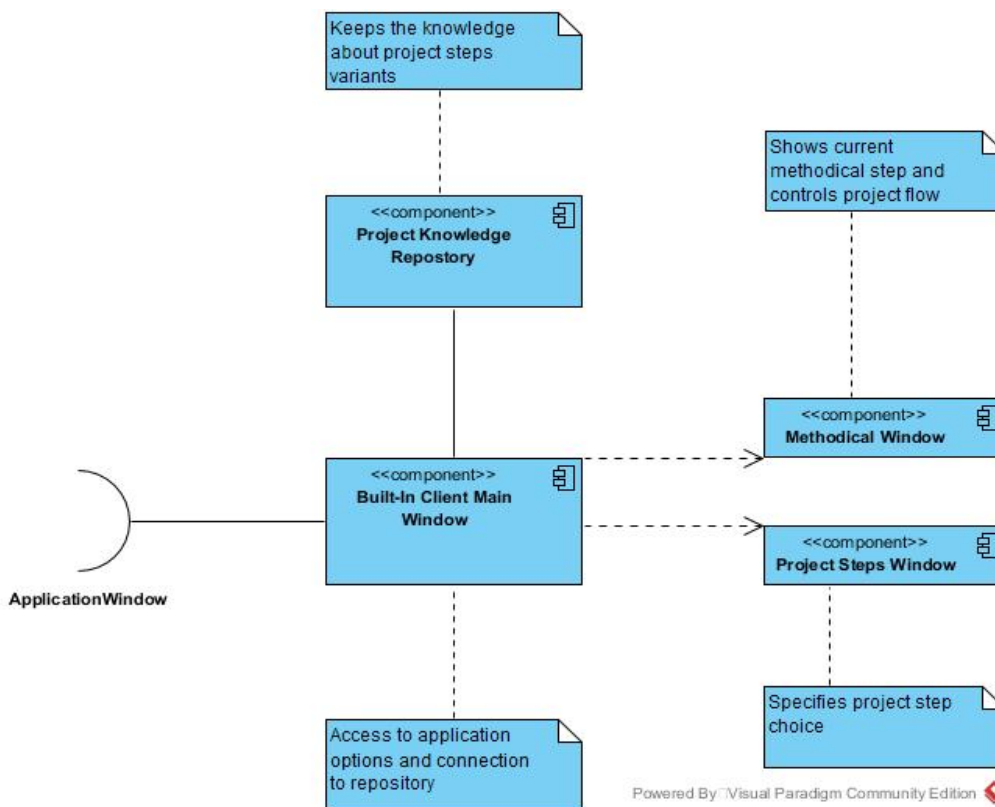


Рис. 7. Диаграмма компонентов приложения

Диаграмма вариантов использования приложения представлена на рис. 8. Пользователь при создании ТЭМ вызывает выполнение приложения. Первоначально необходимо выбрать, является ли заготовка детали профилем, листом или плитой. Далее запускается алгоритм, который проводит пользователя по методике. Для выполнения каждого пункта предлагается выбор вариантов проектных шагов, которые различаются командами, выполняемыми в ходе проектирования. Пользователь выполняет проектные операции в соответствии с выбранным вариантом проектного шага, вызывая команды CAD-системы и выбирая элементы модели, относительно которых проводится построение.

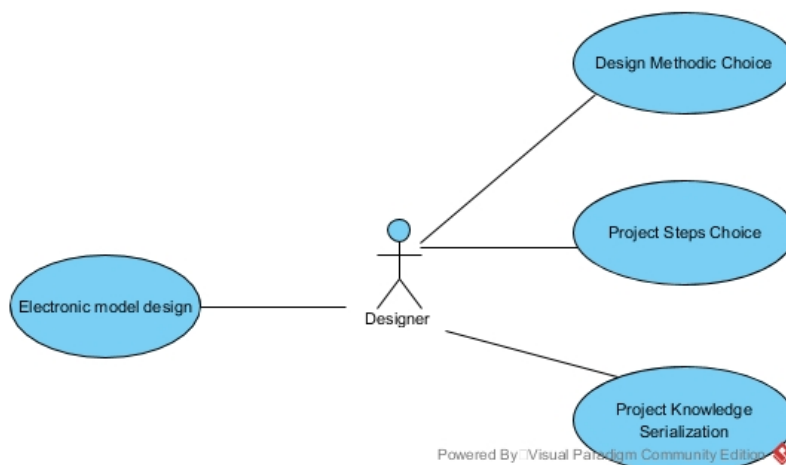


Рис. 8. Диаграмма вариантов использования приложения

Приложение запоминает выбор проектных шагов пользователя, а также объекты, над которыми выполнялись проектные операции. Итогом построения является проектная стратегия с конкретными значениями параметров. Она может быть модифицирована по аналогии с историей построения, что позволит просмотреть итоговый результат в различных вариантах и выбрать наилучшую проектную стратегию, что определяется наиболее коротким деревом построения.

Основными результатами работы являются:

1. Методики проектирования ТЭМ деталей каркаса авиационной техники
2. Проектные стратегии проектирования ТЭМ деталей каркаса авиационной техники, позволяющие сохранять и перепроектировать ТЭМ.
3. Программная реализация методики в виде приложения для CAD-системы.

Применение на практике результатов работы позволяет достичь следующих эффектов:

- снизить трудоемкость построения ТЭМ за счет готовой методики и вариантов выполнения проектных шагов;
- унифицировать подходы к созданию ТЭМ, что облегчает их редактирование;
- добиться наиболее короткой истории построения ТЭМ, что снижает нагрузку на рабочую станцию и повышает производительность труда инженера, снижает вероятность возникновения ошибок на последующих этапах использования модели.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р [Электронный ресурс]. – URL: <http://innovudm.ru/wp-content/uploads/2017/10/1632%D1%80.pdf> (дата обращения: 15.01.2019).
2. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution // Foreign Affairs. 2015. December 12 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution> (дата обращения: 12.10.2018).
3. Базовая стратегия предприятия в условиях перехода к концепции «Индустрия 4.0» / С.А. Масютин. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ruselprom.ru/upload/iblock/3c5/elmas_2018_masutin.pdf (дата обращения: 15.01.2019).
4. Национальная технологическая инициатива [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nti2035.ru/technology/technet> (дата обращения: 15.01.2019).
5. Tairova K, Shiskin V and Kamalov L. Design Automation of Digital In-Process Models of Parts of Aircraft Structures – Recent Research in Control Engineering and Decision Making. Olga Dolinina et. al (eds.). Springer, Cham, 2019, DOI <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12072-6>, pp 138 – 148.

6. Формирование технологического состава изделия и разработка технологических процессов по маршруту изготовления технологических исполнений детали/ А. Вепрев, С. Стреляев, С. Бушков// САПР и графика. - 2010. N 1. С. 81-83.

7. Официальные пользователи системы ТеМП [Электронный ресурс] . – URL: <https://astpp.ru/oficialnye-polzovateli-sistemy-temp> (дата обращения: 15.01.2019).

Секция 3

«ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА»

УДК 621.981

О СНИЖЕНИИ ЗАТРАТ В ПРОИЗВОДСТВЕ АНТЕННЫХ СИСТЕМ**Гульшин В. А.¹, Аюев П. В.², Филимонов В. И.³, Филимонов А. В.⁴**

1 – начальник Учебного Центра АО «Ульяновский механический завод», к.т.н., доцент

2 – начальник участка АО «Ульяновский механический завод», аспирант

3 – В.Н.С. АО «Ульяновский НИАТ», д.т.н., профессор (fwiumz@mail.ru)

4 – главный инженер ООО «Новые промышленные технологии» (г. Нижний Новгород), к.т.н. (philimonov_a@mail.ru)

Аннотация: Показан подход к снижению затрат в производстве антенных систем на основе модели Кобба-Дугласа. Выявлена связь основных экономических категорий с параметрами модели и их производными, рассмотрены примеры снижения затрат подразделения при альтернативных постановках задачи, а также указаны сферы применения данного подхода.

Ключевые слова: антенна, оптимизация производства, «чёрный ящик», ресурс, производственная функция, ограничительные условия, прогнозирование.

ON THE COST CUT IN ANTENNA SYSTEMS MANUFACTURING**Gulshin V. A.¹, Auyev P. V.², Filimonov V. I.³, Filimonov A. V.⁴**

1 – head of the Training Center of JSC "Ulyanovsk mechanical plant", Ph. D., associate Professor

2 – head of the section of JSC "Ulyanovsk mechanical plant", post-graduate student

3 – V. N. With. JSC "Ulyanovsk Research Institute of Aviation Technology and Production Organization", Ph. D., Professor (fwiumz@mail.ru)

4 – chief engineer of LLC "New industrial technologies" (Nizhny Novgorod), Ph.D.

Abstract: There is shown an approach to cut costs in antenna systems manufacturing on the basis of Kobb-Duglas model. There is established the relationship between main economic categories and model parameters, including the appropriate derivatives; some illustrative showcases exemplify the cost reduction at proposed alternative tasks in production activity giving the outcome and applications of this approach in different spheres.

Key words: antenna, production optimization, «black box», resource, production function, limiting conditions, prediction.

Минимизация затрат изготовления антенных систем тесно связана с понятием «производственной функции» [1], которая связывает переменные величины затрат (факторы) с величиной выпуска продукции.

Производственная функция предназначена для моделирования производства антенных систем определённого типа в рамках кузнечно-прессового производства и цеха антенных систем. Для установившихся технологических процессов объединённое производство может рассматриваться как «чёрный ящик», для которого достаточно будет фиксировать поступающие ресурсы X и количество произведённой продукции Y в учётном периоде при работе объединённого подразделения в различных режимах. Обработка статистической информации приведёт к выявлению вида производственной функции, которую обобщённо можно представить в следующей форме:

$$Y = Y(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n),$$

где Y – результативный показатель производства; X_i – факторный показатель i -го производственного ресурса; n – количество факторных показателей.

К производственным функциям предъявляются два вида условий: математические (непрерывность и существование вторых производных) и экономические (невозможность производства при отсутствии хотя бы одного производственного ресурса). Последнее обстоятельство можно представить условием: $Y(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n) = 0$, где $X_i \equiv 0$. Здесь i пробегает значения от 1 до n (т.е. получается всего n ограничительных уравнений с нулевым значением одного из аргументов в каждом из них).

Если пространство затрат m -мерно, то каждой точке m -мерного пространства затрат $X = (x_1, \dots, x_m)$ соответствует единственный максимальный выпуск (см. рис. 2.1), произведенный при использовании этих затрат. Эта связь собственно и называется производственной функцией $f(X)$, которая имеет требуемые производные и удовлетворяет двум аксиомам. Первая из них утверждает, что существует подмножество пространства затрат E (экономическая область), в котором увеличение затрат не приводит к уменьшению выпуска, т.е., если $X_1 \geq X_2$, то $f(X_1) \geq f(X_2)$. Это условие в дифференциальной форме означает, что все первые частные производные функции неотрицательны: $\partial f / \partial x_i \geq 0$ (функция является возрастающей). Вектор $\partial f / \partial X = (\partial f / \partial x_1, \dots, \partial f / \partial x_m)$ называется вектором предельных продуктов, показывающим, во сколько раз изменится выпуск продукции при изменении затрат.

Вторая аксиома утверждает, что существует выпуклое подмножество S , где матрица, составленная из вторых производных функции $f(X)$, отрицательно определена, следовательно, $\partial^2 f / \partial x_i^2 < 0$ для любого $i = 1, \dots, m$. В экономике это свойство называется законом убывающей доходности: по мере увеличения затрат (при входе в область S) начинает уменьшаться предельный продукт. Примером этого закона является добавление все большего количества труда в производство зерна на фиксированном участке земли.

Наиболее часто используемой производственной функцией является функция Кобба-Дугласа [2, 3], в которой входящие величины имеют достаточно ясную интерпретацию в терминах экономических категорий

(табл. 1). Эта функция также удовлетворяет указанным выше аксиомам. Если взять первую производную от функции (1) по объёму фондов и по выпуску продукции, то получим положительность предельных продуктов:

$$\frac{\partial Y}{\partial K} = A \cdot \alpha \cdot K^{\alpha-1} \cdot L^{\beta} > 0, \quad \frac{\partial Y}{\partial L} = A \cdot \beta \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta-1} > 0.$$

Отрицательность вторых частных производных указывает на убывание предельных продуктов:

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial K^2} = A \cdot \alpha \cdot (\alpha - 1) K^{\alpha-2} L^{\beta} < 0, \quad \frac{\partial^2 Y}{\partial L^2} = A \cdot \beta \cdot (\beta - 1) K^{\alpha} L^{\beta-2} < 0.$$

Следовательно, производственная функция Кобба-Дугласа удовлетворяет требованиям вышеприведенных аксиом в рассматриваемой области S.

Анализ зависимостей (1) – (8) в табл. 1 показывает связь входящих в них выражений с экономическими категориями производственных процессов.

В частности, средняя производительность труда (2) в силу условия $\beta < 1$ и постоянства K является убывающей функцией L, т. е. с увеличением затрат труда средняя производительность труда падает. Это означает, что вновь привлекаемая рабочая сила не обеспечивается дополнительными средствами производства, что и сопровождается снижением производительности труда. Предельная производительность труда (3) при этом остаётся величиной положительной. Аналогичные закономерности справедливы для средней (4) и предельной фондоотдачи (5), причём предельная фондоотдача пропорциональна средней фондоотдаче и меньше ее.

Следует отметить также значение показателя фондовооружённости (6), характеризующего до некоторой степени уровень технической оснащённости подразделения. Показатель эластичности продукции по труду (7) фактически означает, что для увеличения выпуска продукции на 1 % необходимо увеличить объем трудовых ресурсов на β %; в то время как эластичность продукции по фондам (8) означает, что для роста выпуска продукции на 1 % требуется увеличение фондов на α %. Условие $\alpha + \beta = 1$ до некоторой степени характеризует распределение дохода между работниками и держателями (владельцами) основных фондов. Используя вышеуказанное условие и значения производных из формул (5) и (3), получим $Y = Y(\alpha + \beta) = (\partial Y / \partial K)K + (\partial Y / \partial L)L$. Тогда при оптимальном размере фирмы доход Y распадается на две части – доход рабочих и доход владельцев фирмы (фондов). Поскольку величина $\partial Y / \partial L$ (предельный продукт по труду) совпадает с заработной платой, то $(\partial Y / \partial L)L$ представляет собой доход рабочих. Точно также величину $\partial Y / \partial K$ (предельную фондоотдачу) можно интерпретировать как норму прибыли, а величину $(\partial Y / \partial K)K$ – как доход владельцев фондов. Отметим, что при решении практических задач часто отказываются от точного соотношения $\alpha + \beta = 1$.

Таблица 1

Производственная функция Кобба-Дугласа

Зависимость или показатель	Экспликация
Производственная функция: $Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta}, \quad (1)$ $A, \alpha, \beta > 0$ – константы, $\alpha + \beta < 1$	Y, K, L – выпуск продукции, объем фондов и объем трудовых ресурсов соответственно (в натуральном или стоимостном выражении)
Средняя производительность труда: $y = \frac{Y}{L}. \quad (2)$	Отношение объема произведенного продукта к количеству затраченного труда
Предельная производительность: $\frac{\partial Y}{\partial L} = A \cdot \beta \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta-1} > 0 \quad (3)$	
Средняя фондоотдача: $k = \frac{Y}{K}. \quad (4)$	Отношение объема произведенного продукта к величине фондов
Предельная фондоотдача: $\frac{\partial Y}{\partial K} = A \cdot \alpha \cdot K^{\alpha-1} \cdot L^{\beta} > 0. \quad (5)$	
Фондовооруженность: $f = \frac{K}{L}. \quad (6)$	Объем фондов, приходящийся на одного работника (на одну единицу труда)
Эластичность продукции по труду: $\frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{Y}{L} = (A \beta K^{\alpha} L^{\beta-1} L) / (A K^{\alpha} L^{\beta}) = \beta. \quad (7)$	Отношение предельной производительности труда к средней производительности труда
Эластичность продукции по фондам: $\frac{\partial Y}{\partial K} \cdot \frac{Y}{K} = (A \alpha K^{\alpha-1} L^{\beta}) / (A K^{\alpha-1} L^{\beta}) = \alpha. \quad (8)$	Отношение предельной фондоотдачи к средней фондоотдаче

Пусть технология задаётся некоторым вектором T, определяющим однозначно выпуск продукции Y при определённых затратах X, а величина P является вектором цен. Тогда скалярное произведение $PT = PY - PX$ представляет собой прибыль от использования технологии. Задача оптимизации производства состоит в решении следующей задачи: $PT \rightarrow \text{Max}$, если $T \in \tau$ (τ – кривая производственных возможностей, представляющая собой выпуклую поверхность в многомерном пространстве). Умозрительно максимум прибыли от использования технологии представляется точкой касания плоскости, перпендикулярной к вектору цен, с указанной выпуклой поверхностью в многомерном пространстве.

Если обозначить цену единицы товара v , а прибыль W , то при постоянных ценах на ресурсы, задачу достижения максимума прибыли можно сформулировать в следующем виде:

$$W(X) = v \cdot f(X) - PX \rightarrow \text{Max}, X \geq 0.$$

Отсюда следует, что:

$$v \frac{\partial f}{\partial x_j} = p_j, j \in [1, 2, \dots, m] \text{ или } v \frac{\partial f}{\partial x} = P. \quad (9)$$

При строго положительных затратах точка экстремума X^* окажется внутренней точкой. Вблизи точки экстремума $v \frac{\partial f}{\partial x_j} dx_j = p_j dx_j$. Левая часть

этого уравнения представляет собой стоимость j -го предельного продукта, полученного дополнительно из dx_j единиц j -го ресурса, а правая часть – стоимость j -го ресурса. Эти две категории уравниваются, что означает: наращивание производства происходит до тех пор, пока не начинает выполняться условие (9).

Рассмотрим построенную функцию Кобба-Дугласа для подразделения производства антенных систем в результате статистической обработки данных его работы в предшествующие периоды по шестимесячному производственному циклу. Функция имеет следующий вид:

$$Y = 1.97K^{0.7}L^{0.2}, \quad (10)$$

где Y , K и L – объём выпуска продукции, фондов и трудовых ресурсов соответственно.

Конъюнктура рынка требует в некоторые периоды наращивать или снижать объём производства и производить соответствующие оценки для принятия решения об изменении основных фондов или же увеличении трудовых ресурсов. Такую оценку можно выполнить на базе зависимости (10), взяв от неё полный дифференциал:

$$\frac{dY}{Y} = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{dK}{Y} + \frac{\partial Y}{\partial L} \frac{dL}{Y},$$

откуда следуют расчётные зависимости в терминах приращений или же в процентах:

$$\frac{\Delta K}{K} = \frac{Y}{K} \left[\frac{\partial Y}{\partial K} \right]^{-1} \frac{\Delta Y}{Y}, \quad \frac{\Delta L}{L} = \frac{Y}{L} \left[\frac{\partial Y}{\partial L} \right]^{-1} \frac{\Delta Y}{Y}. \quad (11)$$

Расчёт по зависимостям (10) и (11) показывает, что для увеличения выпуска продукции на 10% следует наращивать фонды на 14,3% или же трудовые ресурсы на 26%. Выбор предельных или смешанных вариантов изменения основных фондов и трудовых ресурсов существенно зависит от

долгосрочного прогнозирования и перспективного планирования. При тенденции роста портфеля заказов в долгосрочной перспективе и наличии финансовых ресурсов целесообразнее увеличить основные фонды за счёт ликвидного оборудования, в другом предельном случае целесообразнее прибегнуть к увеличению трудовых ресурсов за счёт аутсорсинга. Возможны также смешанные варианты, для которых можно провести расчёты, исходя из наличных ресурсов на приобретение оборудования. При этом следует учитывать временной лаг между началом производственного цикла и вводом в строй приобретённого оборудования.

С использованием производственной функции можно решать и другие производственные задачи, возникающие при изменении общей или специфичной рыночной конъюнктуры:

1. оптимизация функционирования подразделения при условии заданного критерия и ограничений по ресурсам;
2. оценка использования ресурсов в производственном процессе;
3. прогнозирование эволюции производства;
4. разработка альтернативных вариантов планирования производства в перспективном аспекте.

Список литературы

1. Ломкова Е.Н., Эопов А.А. Экономико-математические модели управления производством. Волгоград: РПК «Политехник», 2005. 67 с.
2. Шикин Е. В., Чхартишвили Г.А. Математические методы и модели в управлении. – М.: Дело, 2000. – 440 с.
3. Стивенсон В. Дж. Управление производством: [пер. с англ.] - М.: ООО «Изд-во «ЛБЗ», ЗАО «Изд-во БИНОМ», 1999. – 928 с.

УДК 629.7.052

РАЗРАБОТКА БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ**В УФ КБ ПАО «ТУПОЛЕВ»****Молозин А. В.¹, Биктулов С. В.²**

1 - Ульяновский филиал конструкторского бюро ПАО «Туполев», начальник бригады, Ульяновск

2 - Ульяновский филиал конструкторского бюро ПАО «Туполев», инженер-конструктор, Ульяновск

Аннотация. В статье дается описание цифровой технологии разработки бортовой кабельной сети в Ульяновском филиале конструкторского бюро ПАО «Туполев», автоматизированного получения технологических электрических жгутов на основе логической информации полученной из ECAD.

Ключевые слова: Система автоматизированного проектирования, САПР, бортовая кабельная сеть, проектирование технологических жгутов, трассовая схема, графы, изолированные подграфы, сетевой анализ, EDS, Routed Systems Designer, ProEngineer, ECAD, netdraw, воздушное судно, самолет, проверка схем, контроль ошибок, ТУПОЛЕВ.

DEVELOPING ONBOARD CABLE NETWORK**IN THE UB PJSC "TUPOLEV"****Molozin A. V.¹, Biktulov V. S.²**

1 - the chief of the brigade, the UB PJSC "Tupolev"

2 - design engineer, the UB PJSC "Tupolev"

Abstract. The article describes the digital technology of development of on-Board cable network in Ulyanovsk branch of the design Bureau of PJSC "Tupolev", automated production of technological electrical harnesses based on logical information obtained from ECAD.

Key words. Computer-aided design system, CAD, on-Board cable network, design of technological harnesses, circuit diagram, graphs, isolated subgraphs, network analysis, EDS, Routed Systems Designer, ProEngineer, ECAD, netdraw, aircraft, aircraft, circuit check, error control, TUPOLEV.

Сокращения:

ECAD - Electronic Computer-Aided Design

RSD - Routed Systems Designer

САПР - система автоматизированного проектирования

БКС - бортовая кабельная сеть

ЛА - летательный аппарат

КД - конструкторская документация

БД - база данных

ЭМС - электромагнитная совместимость

Современные воздушные суда имеют в своем составе большое количество различных электронных устройств, средств связи, навигации, автоматизированных систем. Взаимодействие оборудования достигается прокладыванием проводников, увязанных в сборочные единицы – электрические жгуты, вместе с разъемами, подключаемыми к оборудованию и технологическими разъемами. Такая совокупность проводников, разъемов и их крепление на борту является бортовой кабельной сетью.

БКС гражданских судов ТУ204/214 включает в себя:

- до 36 000 электрических цепей;
- до 4000 электрических соединителей.
- суммарная длина проводов и кабелей - 200 км.

В настоящее время в УФКБ ПАО «Туполев» БКС разрабатывается как самостоятельный агрегат самолёта, к которому предъявляются следующие основные требования:

- функциональность;
- надёжность и долговечность;
- минимальность массы и объёма;
- технологичность.

При этом под функциональностью понимается свойство БКС:

- в установившихся и переходных режимах работы электро-радиооборудования и системы электроснабжения, не вносить искажений электрических сигналов, превышающих значения, заданные протоколами информационного взаимодействия оборудования в ожидаемых условиях эксплуатации самолёта;

- не допускать искажения электрических сигналов, нарушающих работу электро-радиооборудования, при воздействии внешних электромагнитных полей в ожидаемых условиях эксплуатации самолёта.

Под надёжностью и долговечностью понимается, что БКС имеет:

- значение наработки на отказ, соответствующее требованиям сертификационного базиса самолета;
- значение отказобезопасности, соответствующее требованиям сертификационного базиса самолета;
- соответствие значения срока эксплуатации БКС аналогичным показателям самолёта.

Под технологичностью понимается свойство БКС обеспечивать:

- оптимальный объём заделки электроцепей в электросоединители на борту самолета;
- доступность мест прокладки и крепления электрожгутов;
- заданный уровень контролепригодности.

Учитывая объемы связей, количество оборудования на борту становится ясно, что разработка БКС является сложным и ответственным этапом проектирования воздушного судна, требующим привлечения большого количества специалистов, с различной специализацией. Разработка БКС условно разбивается на 4 этапа (см. рис.1).

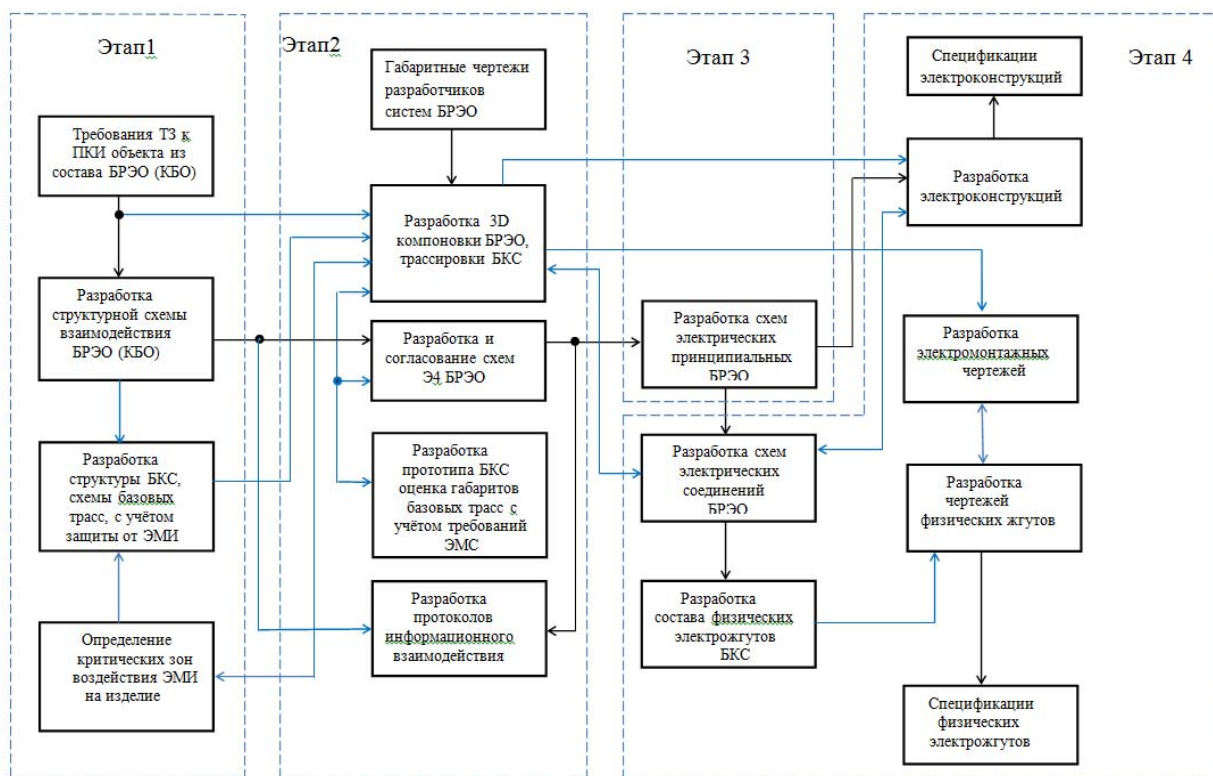


Рис. 1. Схема разработки БКС

В данной статье рассматривается реализация этапов 3, 4 в части разработки схем электрических (принципиальных и соединений), разработки жгутов электрических (анализ логических связей и формирование составов жгутов), разработка КД.

Для проектирования БКС на этапах 3, 4 с учетом предъявляемых требований в УФ КБ ПАО «Туполев» разработан программный комплекс «EDS», на основе программных продуктов «Routed Systems Designer», ProEngineer, Windchill, который позволяет:

- иметь единое хранилище данных и осуществлять доступ к ним всем участникам разработки БКС, вести коллективную разработку схем в едином информационном пространстве, конфигурирование схем, их элементов, передача из схемного редактора данных с полным набором параметров, описывающих электрическое определение элементов схем, связей;

- автоматический контроль ошибок в схемах на основе заданных правил;
- автоматическое формирование таблиц соединений;
- связь электрических компонентов схемы с их механическим представлением.

Разработка схем электрических

Один из основных этапов проектирования БКС является разработка схем электрических принципиальных и соединений. От качества и сроков разработки схем зависят этапы формирования составов жгутов и выпуска КД.

Для разработки схем электрических были созданы:

- набор параметров объектов БКС (более 50 параметров), который позволяет полностью описать электрическую составляющую объектов БКС, формализовать различные процедуры контроля качества разработки схем, выявлять разногласия между схемами;

- центральный каталог – множество объектов, используемых при отрисовке схем, имеющий в своем составе как условно-графические обозначения, так и закрепленный за каждым объектом набор параметров;

- шаблоны форматов листов схем электрических;

- механизм контроля формальных ошибок;

- информационное ядро, которое позволяет загружать информацию из схем в единое информационное пространство и видеть всем участникам процесса разработки схем информацию о смежных системах и учитывать ее исполнителю в своих схемах;

Разработка схем электрических ведется с учетом схемы базовых трасс выполненных на этапе 1. Разработка трассовой схемы с резервированием объемов ведется с учетом трасс СКВ, гидравлики и др., что позволяет исключить на начальных этапах проектирования всего изделия ошибки пересечения объемов различных систем самолета.

Разработанные электрические схемы сдаются на хранение. В этот момент проводится анализ ошибок как в самой схеме, так и поиск разногласий с другими схемами. Основные критерии контроля в схеме: сочленяемость ответных частей соединителей, соответствие сечений проводов контактам, наконечникам, множественное подключение проводов к одному контакту, сохранение целостности цепи на технологических соединителях, контроль ЭМС проводников в простых жгутах. Одновременно происходит сравнение с уже имеющимися в едином хранилище данными, выгруженными из других схем. В частности, производится контроль у позиций, используемых в нескольких схемах, типов, мест установок (борт, зона, шпангоуты) и др., обеспечивая таким образом полное соответствие между схемами. В случае обнаруженных разногласий инициируется процесс их устранения. Разногласия можно разделить на два типа: несоответствие в схеме, уже выгруженной в единое хранилище, несоответствие в сдаваемой на хранение схеме. В первом случае, через PDM-систему Windchill запускается процесс согласования изменения в выгруженной схеме. Во втором случае, в выгружаемой схеме автоматически заменяются значения параметров из единого хранилища.

Это позволяет улучшить качество КД за счет снижения количества ошибок на этапе разработки схем, снизить трудоемкость разработки электрических схем, в том числе за счет использования ранее введенных данных в систему, что в конечном итоге приводит к снижению стоимости разработки БКС.

Анализ логических связей и формирование составов жгутов

Следующий шаг разработки БКС – формирование составов электрических жгутов. Сформированные жгуты являются сборочными единицами БКС.

От состава электрических жгутов зависит оптимальный объем заделки электроцепей в электросоединители непосредственно на борту самолета. Электрический жгут является технологичным, если его можно изготовить на плазу, с дальнейшей транспортировкой и монтажом на борт ЛА.

Формирование технологичных электрических жгутов выполняется поэтапно на основе анализа логической информации полученной со схем электрических соединений. Перед началом формирования технологичных электрических жгутов выполняется анализ логической информации на ошибки.

Выделение псевдо жгутов

Для практического решения задачи логическая информация представляется в виде графа. Математические методы работы с графами хорошо изучены и нашли широкое применение. На первом этапе формирования состава жгута, выполняется нахождение отдельных изолированных подграфов (псевдо-жгутов). Отдельный псевдо-жгут является прототипом электрического жгута и представляет собой множество связанных проводниками электрических соединителей. Логическая информация с привязкой электрических позиций к псевдо жгутам импортируются в рабочий файл программы для анализа сетей - netdraw. В программе netdraw логическая информация псевдо-жгутов визуализируется в виде не связанных подграфов. Вершинами графа являются электрические позиции, а ребрами графа - электрические взаимосвязи.

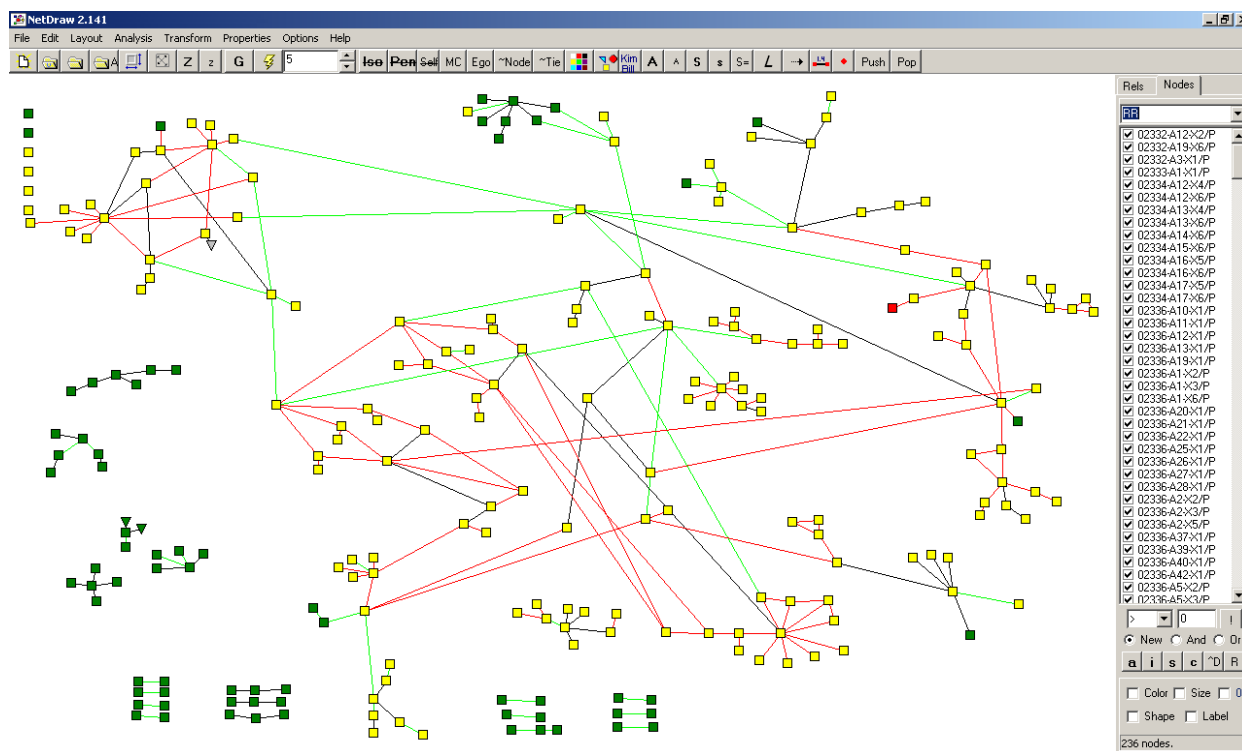


Рис. 2. Логическая информация в виде графа (дуги - электрические связи, вершины - электрические позиции)

Практическая значимость заключается в визуализации всех взаимосвязей электрических позиций одновременно, что в свою очередь позволяет снизить трудоемкость анализа электрических схем в несколько раз.

Визуализации всех псевдо жгутов позволяет конструктору быстро получать необходимую информацию, выявлять ошибки, при формировании технологичных электрических жгутов принимать оптимальные решения для выполнения работы.

Формирование технологичных электрических жгутов

Формирование технологичных электрических жгутов выполняется на основе работы с псевдо жгутами.

При этом выполняется композиция псевдо-жгутов, в более крупный жгут или их декомпозиция, если они не удовлетворяют граничным условиям.

Полученные в результате автоматического выделения псевдо-жгуты, содержат разное количество электрических позиций и электрических цепей. Исходя из граничных условий технологичных электрических жгутов, псевдо жгуты можно разделить на две группы - удовлетворяющие граничным условиям технологичного жгута, не удовлетворяющие граничным условиям технологичного жгута.

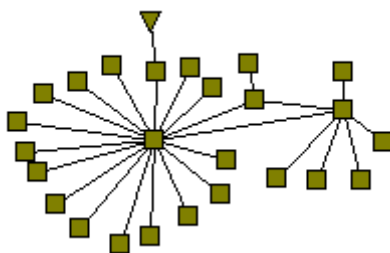


Рис. 3. Пример псевдо жгута

Псевдо-жгуты, не удовлетворяющие граничным условиям технологичного жгута можно разделить на три группы - содержащие большое количество электрических соединителей и электрических цепей, содержащие допустимое количество электрических соединителей и электрических цепей, содержащие малое количество электрических соединителей и электрических цепей.

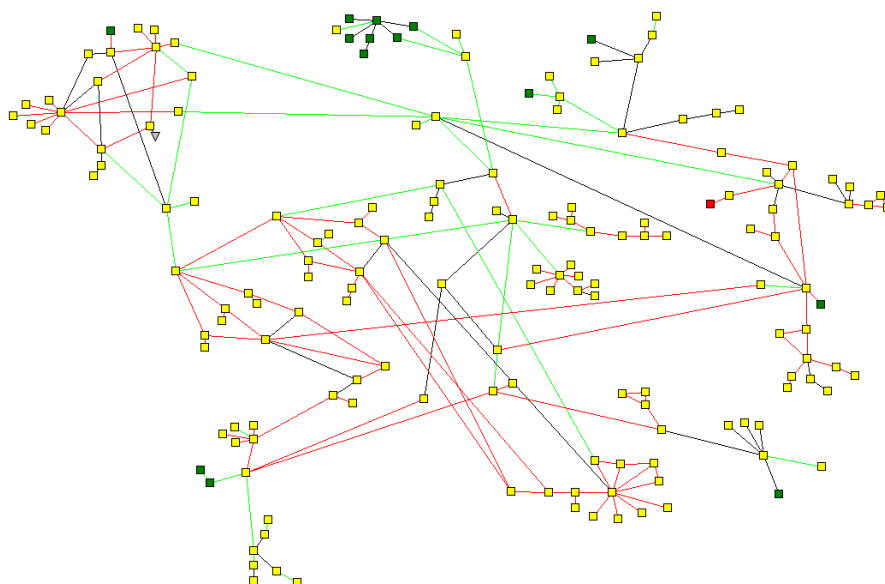


Рис. 4. Псевдо-жгут, с большим количеством электрических позиций и электрических цепей

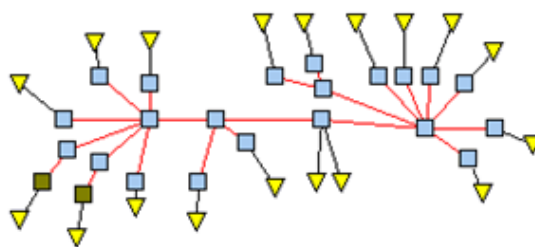


Рис. 5. Псевдо-жгут, содержащий допустимое количество электрических позиций и электрических цепей, но не удовлетворяющий остальным граничным условиям

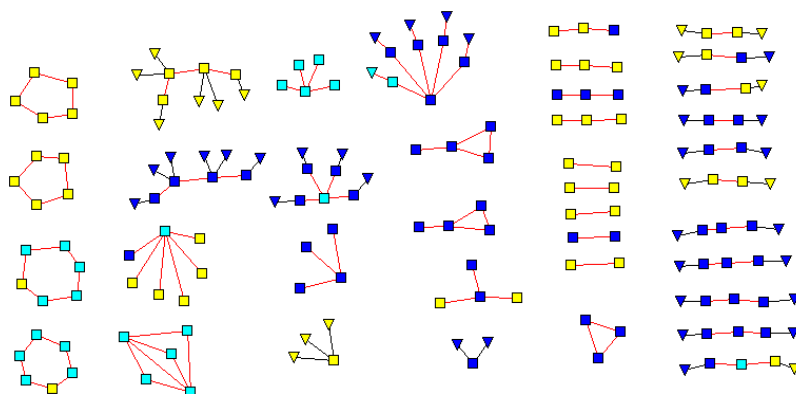


Рис. 6. Псевдо-жгуты с малым количеством электрических позиций и электрических цепей

Декомпозиция псевдо жгутов

Декомпозиции подвергаются:

- псевдо-жгуты, содержащие большое кол-во электрических позиций и электрических цепей;
- псевдо-жгуты, содержащие допустимое кол-во электрических позиций и электрических цепей, но не удовлетворяющие другим граничным условиям.

Указанные псевдо-жгуты необходимо разбить на n -ое число псевдо жгутов удовлетворяющих граничным условиям. Декомпозицию данных псевдо-жгутов на несколько малых псевдо жгутов выполняют с помощью следующих технических способов:

- «резки» электрических цепей (установка технологического соединителя);
- перераспределения электрических цепей (переподключение) (в случаях, когда существует такая возможность);
- замены типа электрического соединителя/клеммной колодки на технологичную с точки зрения заделки;
- включения в электрическую схему новых электрических соединителей и клеммных колодок с целью разделения электрических цепей (например, взамен одной клеммной колодки устанавливают две).

Задача резки электрических цепей заключается в определении внутри множества доминирующих множеств или множеств наиболее сильно взаимосвязанных между собой.

При решении задачи декомпозиции, необходимо одновременно учитывать несколько параметров и граничных условий (ЭМС, транспортабельность, возможность монтажа и т.д.), чтобы автоматически сформированные технологичные электрических жгуты удовлетворяли граничным условиям. Оценка возможности выполнения монтажа электрического жгута на борту изделия становится возможным после

проведения анализа конструкции (участка, где будет выполняться монтаж полученного электрического жгута).

Композиция псевдо жгутов

Псевдо жгуты, содержащие малое кол-во электрических цепей (малые псевдо жгуты) необходимо объединять с другими малыми псевдо жгутами для получения псевдо жгута, удовлетворяющего граничным условиям технологичного электрического жгута.

При композиции малых псевдо жгутов необходимо учитывать их расположение на трассовой схеме. Композиция возможна лишь при условии наличия общего участка трассы для рассматриваемых малых псевдо жгутов.

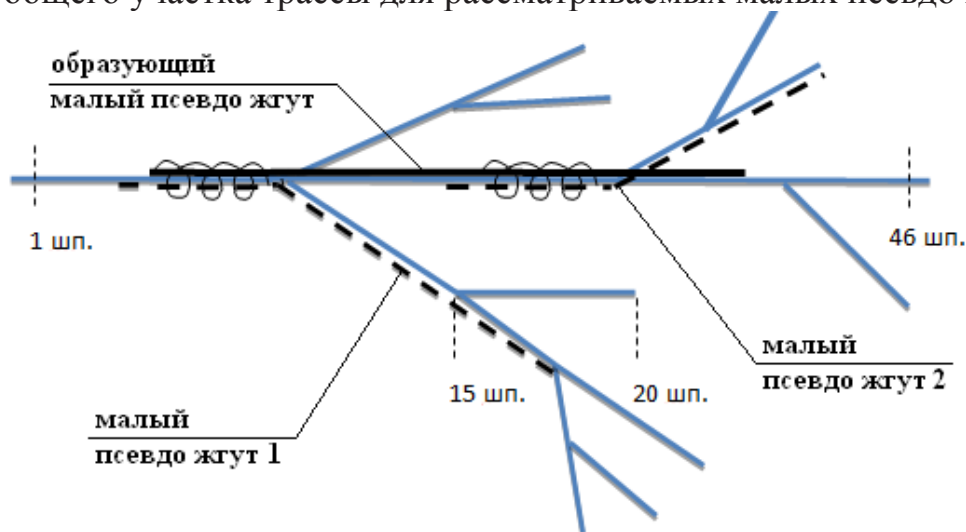


Рис. 7. Малые псевдо жгуты, на трассовой схеме

Решить задачу о нахождении общего участка для малых псевдо жгутов возможно тремя способами:

- по трассовой схеме (на этапе формирования электрических жгутов);
- по трассовой схеме (на этапе разработки электрических схем соединений), в электрических схемах соединений заполняется параметр принадлежности электрической цепи/простого жгута к участку трассы;
- исходя из анализа принадлежности электрических позиций псевдо жгутов к БРЭО. Данный анализ может быть выполнен автоматически, путем объединения малых псевдо жгутов, электрических позиции которых принадлежат одним устройствам. Но не все электрические позиции идеологически могут принадлежать к устройствам (технологические соединители, клеммные колодки, разветвители и т.д.).

С точки зрения автоматизации и сокращения трудоемкости работ оптимальным вариантом является второй способ. Трудоемкость сокращается на этапе формирования технологичных электрических жгутов и на этапе внесения изменений в электрические схемы соединений. Атрибут позволяет визуальное для малых псевдо жгутов в модели графа отобразить

принадлежность к участкам трассы, либо автоматически сформировать список псевдо жгутов имеющие общие участки трассы.

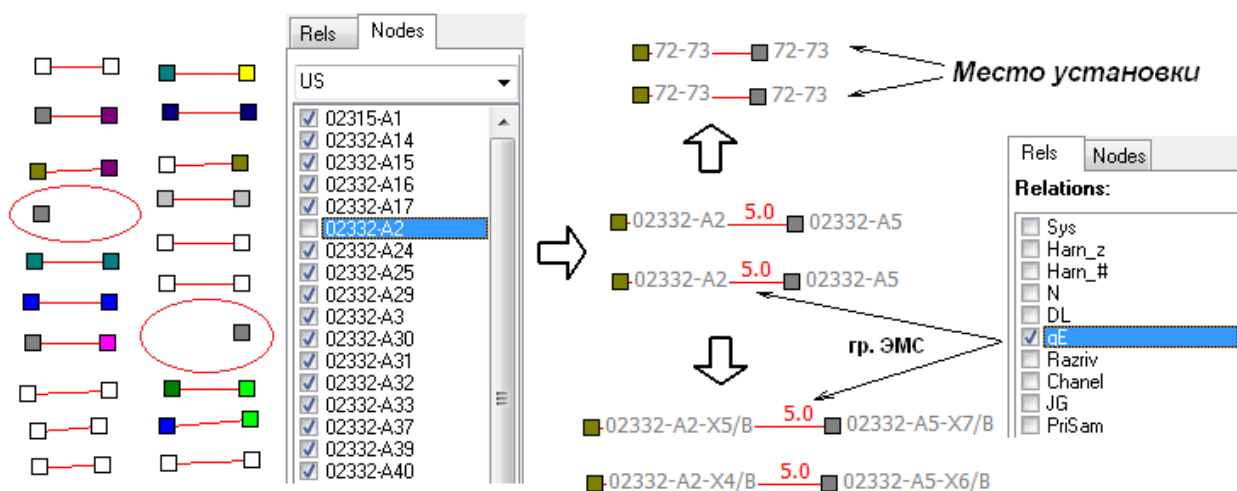


Рис. 7. Малые псевдо жгуты, принадлежащие одному и тому же устройству

При композиции псевдо-жгутов на основе малых жгутов имеющих общие участки трассы, необходимо оценивать остальные граничные условия технологического электрического жгута.

Уточнение электрических схем

По результатам этапа формирования технологичных электрических жгутов формируется перечень предложений по изменению электрических схем соединений. Предложенные изменения согласовываются с разработчиками электрических схем, после чего изменения вносятся в электрические схемы соединений.

По сформированным изменениям, выполняется уточнение электрических схем: соединений и электрических сборок. Изменения могут затронуть изменение типов электрических соединителей, установку дополнительных соединителей и клеммных колодок, внесение новых электрических соединителей и т.д.

В случае если представленные изменения для получения технологичных электрических жгутов затрагивают изменения электрических сборок и электрических стеллажей выполняется уточнение конструкции электрических сборок и электрических стеллажей.

Проверка внесенных изменений

По логической информации измененных электрических схем автоматически формируется состав технологичных электрических жгутов. Состав представлен таблицами в БД:

- принадлежность электрических позиций к электрическим жгутам;

– принадлежность простых жгутов (электрических цепей) к электрическим жгутам.

На основе данных таблиц и логической информации с помощью программы конвертера формируется файл логической информации для передачи в модуль электрической маршрутизации.

Разработка жгутов электрических

Поступившие в программу 3D моделирования данные о составе жгутов, имеют всю необходимую информацию для разработки электрического жгута. Проектирование жгута ведется с учетом 3D моделей каркаса и интерьера самолета, установки оборудования и прочих моделей. Каждый жгут является отдельной сборкой. В модулях электрической маршрутизации разводятся все провода жгута в трассах, закладываются элементы бандажа. После разводки проводов выполняется раскладка жгута на плоскости. Плоская раскладка становится прототипом чертежа жгута. Полученные после разводки длины и массы проводов используются при формировании спецификации на жгут.

Заключение

Актуальной проблемой при разработке БКС для воздушных судов является организация самого процесса проектирования БКС. Обеспечить исполнителей актуальными данными о смежных системах, обеспечить обмен данными между исполнителями, разработать электрические схемы, технологичные жгуты, монтаж жгутов. При этом разработка должна проводиться в поставленные сроки, с высоким качеством и с минимальной стоимостью.

Для выполнения указанных требований процесс проектирования БКС был разбит на этапы. Это позволило провести анализ требуемых функций на каждом этапе, их формализовать, проработать и внедрить алгоритмы автоматизации выполняемых работ на каждом этапе, реализовать контроль качества выпуска КД, выявить отсутствие функций в используемом программном обеспечении необходимых для разработки БКС.

При анализе различных программных продуктов ECAD, было выявлено, что ни один из них не имеет в своем составе модули для анализа логических связей и формирования составов жгутов, представления данных в виде графов. Для этого была использована сторонняя программа и реализован механизм обмена данными с ней. При отсутствии этапа формирования технологичных электрических жгутов на основе анализа логической информации и ее обработки, электрические жгуты перспективных изделий, как правило, формируют напрямую в модуле электрической маршрутизации (по логической информации, полученной с электрических схем соединений). Получение технологичных электрических жгутов с помощью 3D

моделирования является более трудоемким процессом, выявляемые ошибки на этапе 3D моделирования, требуют возврата на этап разработки электрических схем соединений по каждому отдельному жгуту, а не в целом.

Реализованная технология позволила Ульяновскому филиалу конструкторского бюро ПАО «Туполев» сократить время разработки БКС, улучшить качество КД, снизить стоимость разработки.

Следует отметить, что выбранный подход к проектированию БКС практически не зависит от выбранного программного обеспечения.

В Ульяновском филиале были проведены аналогичные работы с использованием программ E3.Series, NX. Достигнут положительный результат.

УДК 620.3

**СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
МЕТАЛЛОВ К ИК ИЗЛУЧЕНИЮ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ
НАНОМАТЕРИАЛАМИ ПОКРЫТИЯ КАК ПОВЕРХНОСТНОГО
КОМПОЗИТНОГО СЛОЯ**

**Федоров А. А.¹, Дмитриенко Г. В.², Мухин Д. В.³, Ривин Г. Л.⁴,
Салаев Р. А.⁵**

1 – заведующий кафедрой «Самолетостроение» ИАТУ УлГТУ, г. Ульяновск

2 – профессор кафедры «Самолетостроение» ИАТУ УлГТУ, г. Ульяновск

3 – доцент кафедры «Самолетостроение» ИАТУ УлГТУ, г. Ульяновск

4 – кафедры «Самолетостроение» ИАТУ УлГТУ, г. Ульяновск

5 – аспирант 1 года каф. «Самолетостроение» ИАТУ УлГТУ, г. Ульяновск

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния насыщения поверхностного слоя углеродными нанотрубками на механические свойства и износостойкость поверхности. Авторским коллективом было предложено создать поверхностный композитный слой, насыщенный углеродными нанотрубками, что позволило повысить поглощающую способность поверхности к инфракрасному (ИК) излучению, понизить температуру поверхности за счет существенно более интенсивного отвода тепла от поверхности вглубь материала.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, ИК-излучение, износостойкость, покрытия, адгезия.

**A METHOD OF INCREASING ABSORPTION ABILITY OF METALS
TO THE IR RADIATION BY CREATING A NANO COATING
AS THE SURFACE COMPOSITE LAYER**

**Fedorov A. A.¹, Dmitrienko G. V.², V. Mukhin D. V.³, Rivin G. L.⁴,
Salayev R. A.⁵**

1 – head of the DEP. "Aircraft manufacturing" of Institute of Aviation

Technology and Management Of Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

2 – Professor, of the DEP. "Aircraft manufacturing" of Institute of Aviation

Technology and Management Of Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

3 – associate Professor of DEP. "Aircraft manufacturing" of Institute of Aviation

Technology and Management Of Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

4 – associate Professor of DEP. "Department "Aircraft manufacturing" of

*Institute of Aviation Technology and Management Of Ulyanovsk State Technical
University, Ulyanovsk*

Annotation. The article presents the results of the study of the effect of saturation of the surface layer with carbon nanotubes on the mechanical properties and wear

resistance of the surface. The team of authors proposed to create a surface composite layer saturated with carbon nanotubes, which allows to increase the absorption capacity of the surface to infrared (IR) radiation, to lower the surface temperature due to significantly more intense heat removal from the surface deep into the material.

Keywords: carbon nanotubes, IR radiation, wear resistance, coatings, adhesion.

5 –graduate student 1 year of the DEP."Aircraft manufacturing" of Institute of Aviation Technology and Management Of Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

Для повышения КПД такого рода нагревателей, а так же энергоэффективности производства в целом авторским коллективом в [1] было предложено создать поверхностный композитный слой, насыщенный углеродными нанотрубками [4-7], что позволило, во-первых, повысить поглощающую способность поверхности к инфракрасному (ИК) излучению, во-вторых, понизить температуру поверхности за счет существенно более интенсивного отвода тепла от поверхности вглубь материала. Последний эффект позволяет существенно снизить потери тепла за счет возникновения ИК излучения с принимающей поверхности в обратном направлении.

Одним из существенных достоинств предлагаемого подхода по сравнению с различного рода покрытиями, основанными на эффекте адгезии, является устойчивость к появлению различного рода повреждений и царапин, которые неизбежны в промышленных условиях. Эти повреждения не приводят к заметному снижению работоспособности поверхностного слоя и не являются ядром дальнейшего разрушения поверхности. Однако на момент написания статьи [1-3] подробные исследования влияния насыщения поверхностного слоя углеродными нанотрубками на механические свойства и износостойкость поверхности не проводились. В дальнейшем эти исследования были проведены авторским коллективом и их результаты будут представлены в настоящей статье.

Задачей исследования: выявить влияние создаваемого поверхностного композитного насыщенного углеродными нанотрубками слоя на износостойкость материала.

Технология создания поверхностного слоя в данном исследовании не оптимизировалась, так как подразумевается, что целевым назначением покрытия является увеличение поглощающей способности материала к ИК излучению и параметры обработки поверхности подобраны оптимальными для целевого назначения. В качестве показателей, характеризующих износостойкость поверхности были выбраны твердость, коэффициент трения в паре материал-материал или материал-материал с поверхностью, обработанной нанотрубками и износ образцов материала без обработки нанотрубками и после обработки.

Метод исследования.

Экспериментальные исследования включали следующие этапы:

1. образцы, взвешиваются на весах аналитических ВЛ-224(В), измеряется твердость образцов при помощи микротвердомера ЛОМО ПМТ-3М, образцы осматриваются в микроскопе;
2. образцы устанавливаются в машину трения (рис. 1), задается скорость вращения образца в 200 об/мин, и в течении 10 минут проводятся испытания с измерением коэффициента трения;
3. производится повторное взвешивание образцов и расчет износа образца за время испытаний.

Для подтверждения сходимости результатов испытания проводились на 6 образцах каждого вида, при этом отклонения результатов от среднего значения не превышали 2,5%.

Типовые графики изменения коэффициента трения во время испытаний образцов представлены на рис. 1.

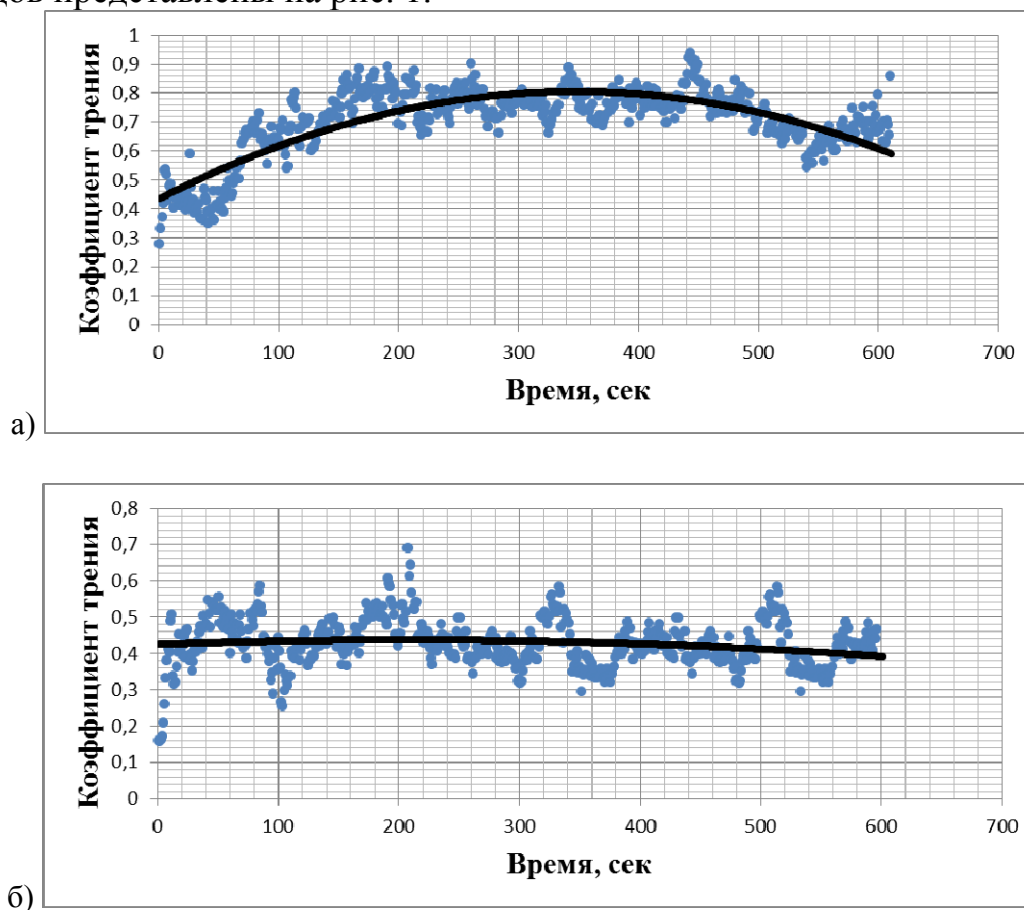


Рис.1 Изменение коэффициента трения в процессе испытаний образцов:
а) без обработки углеродными нанотрубками, б) после обработки

Из графиков видно, что в процессе испытания образцов без обработки поверхности углеродными нанотрубками (рис.1, а) происходит существенное изменение величины коэффициента трения, что отражает протекание процессов интенсивной приработки образцов,

сопровождающейся интенсивным износом поверхности. В процессе испытания образцов, покрытых композитным слоем, насыщенным углеродными нанотрубками (рис.1,б) величина коэффициента трения изменяется незначительно, что говорит о существенно более низкой интенсивности протекания процессов приработки и износа поверхности.

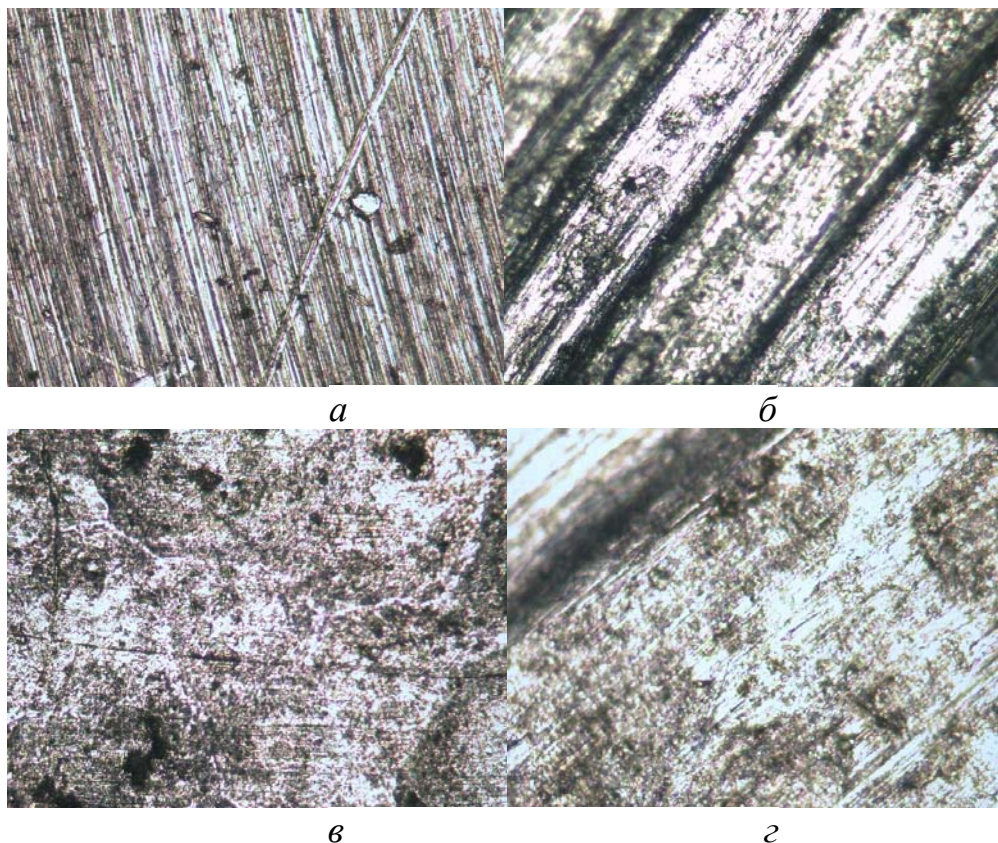


Рис. 2. Вид поверхности под микроскопом образцов без обработки углеродными нанотрубками (*а* и *б*) и после обработки (*в* и *г*) соответственно перед испытаниями в машине трения (*а* и *в*) и после испытания (*б* и *г*)

Исследование структуры поверхности образцов под микроскопом (рис. 2) показало, что, во-первых, при испытании образцов, обработанных углеродными нанотрубками не происходит такого значительного разрушения структуры поверхности как при испытании в аналогичных условиях необработанных образцов. Не наблюдается образования значительного количества борозд, царапин, задиров поверхностных слоев. Во-вторых, зоны включения углеродных нанотрубок в структуру материала хорошо видны как на образцах до испытаний, так и на образцах после испытаний, что подтверждает сделанное ранее предположение, что интенсивный износ поверхности до определенной величины не будет существенно влиять на поглощающую способность материала к ИК излучению.

Таблица 1

Средние значения твердости образцов и величины износа

Вид образцов	Твердость, HV	Износ, %
Алюминий-Алюминий	157	0,172%
Алюминий +УНТ - Алюминий	183	0,0401%

В таблице 1 представлены величины твердости поверхности у образцов до и после обработки нанотрубками, а также средние величины износа. Как видно из таблицы насыщение поверхностных слоев углеродными нанотрубками приводит к существенному увеличению твердости и уменьшению суммарного износа в 4,3 раза.

Таблица 2

Результаты испытаний

Вид образцов	Масса до испытаний, г	Масса после испытания, г	Твердость, HV	Износ, %
Алюминий №1	14,7978	14,7723	157	0,172%
Алюминий №2	14,6911	14,6553	157	0,243%
УНТ	14,7096	14,7037	183	0,0401%

Также фотографии образцов испытаний:



До



После

Результаты исследования

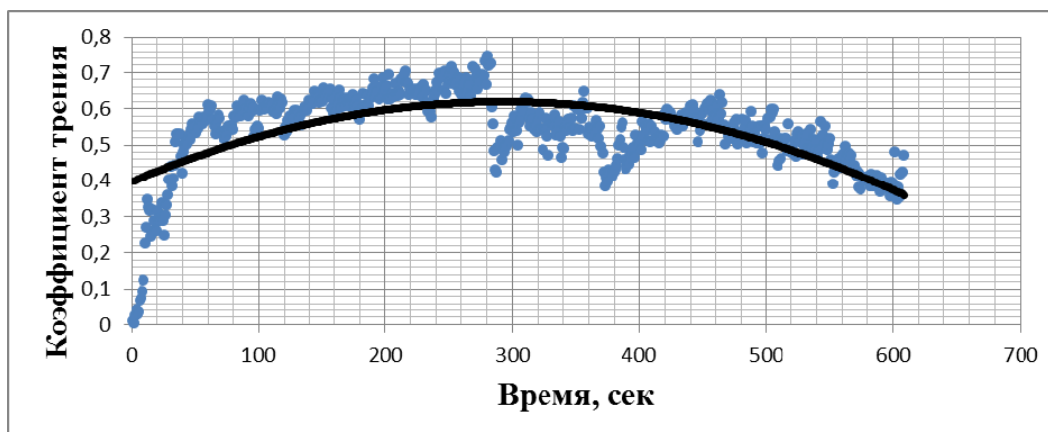


Рис. 3. График коэффициента трения алюминия по алюминию №1

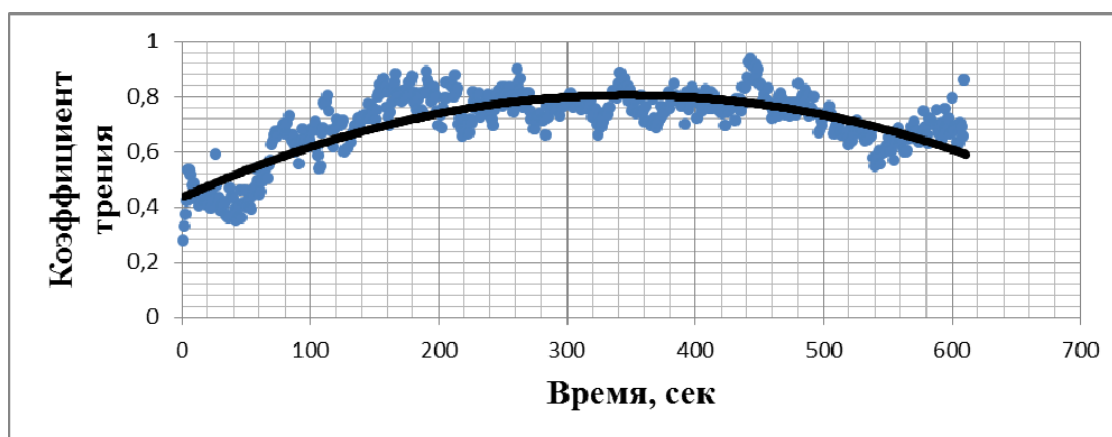


Рис. 4. График коэффициента трения алюминия по алюминию №2

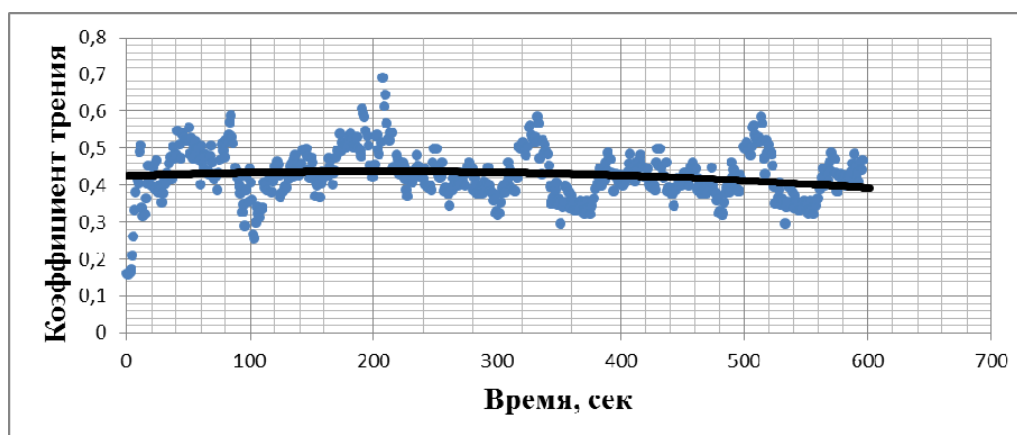


Рис. 5. График коэффициента трения алюминия по покрытию из УНТ

ВЫВОДЫ:

Проведенные исследования подтвердили высказанные ранее предположения о том, что обработка поверхности металла углеродными нанотрубками повышает поглощающую способность к ИК излучению и повышает износостойкость поверхности, кроме того механический износ и не будет влиять на теплофизические свойства приповерхностного композитного слоя.

Список литературы

1. Мухин Д.В, Федоров А.А., Салаев Р.А. Исследование возможности повышения поглощающей способности металлов к ИК излучению путем создания насыщенного наноматериалами поверхностного композитного слоя. // Известия Самарского научного центра РАН. – 2018, Т.20-№4 с. 402-405.
2. Патент РФ №2503103, 27.12.2013 пособ изготовления поглощающего покрытия//Жуков А.А. Корпухин А.С., Лаврищев [и др.]
3. Патент РФ №2548475, 24.09.2013. Поглощающий инфракрасное излучени состав для пропитки текстильных изделий // Чистяков С.А., Чистяков С.С.
4. AjayanP. M., TourJ. M. MaterialScience: nanotubecomposites// Nature. 2007. V. 447. P. 1066 – 1068.
5. Акатенков Р. В. Влияние малых количеств функционализированных нанотрубок на физико – механические свойства и структуру эпоксидных композиций// Р. В. Акатенков// Деформация и разрушение материалов. – 2011. Т.1. – №11. – С. 117 – 132.
6. Климов Е. С. Некоторые аспекты синтеза многостенных углеродных нанотрубок химическим осаждением из паровой фазы и характеристики полученного материала/ Е. С. Климов// Журнал прикладной химии. – 2014. – Т. 87. – №8. – С. 1128 – 1132.
7. Zhu R., Pan E., Roy A. K. Molecular dynamics study of stress – strain behavior of carbon – nanotube reinforced Epon 862 composites // Mater. Sci. Eng. 2007. V. A447. P. 51 – 57.
8. Ahmed , S. Jones, F. P. A review of particulate reinforvment theories for polymer composites // J. Mater. Sci. – 1990. – V. 25. - №12. – P. 4933 - 4942.
9. Козлов, Г. В. Яновский, Ю. Г. Карнет, Ю. Н. Структура и свойства дисперсно-наполненных полимерных композитов: фрактальный анализ – М.: Альянстрасатом, 2008. – 363 с.

Секция 4

**«Гуманитарные науки в авиационно-
космических технологиях»**

УДК 669.713.7+ 005.962.13

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА
К УПРАВЛЕНИЮ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ****Арпентьева М. Р.¹, Горелова И. В.²**

1 – доктор психологических наук, доцент, член-корреспондент Российской академии естествознания (РАЕ), ведущий научный сотрудник кафедры теории и методики физического воспитания Югорского государственного университета

E-mail: mariam_rav@mail.ru

2 – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры учёта, анализа и аудита Волгоградского института управления - филиала РАНХиГС,

E-mail: gorelovairina0606@gmail.com

Аннотация . Переход к компетентностному управлению человеческими ресурсами означает на практике (а) иное понимание объекта управления: выделения в его структуре микроединицы (компетенции работника) - и макро единицы (работник); (б) задействование во всех функциях управления человеческими ресурсами «знаний – навыков – умений» работника; (в) изменить подход к стратегическому управлению предприятиями аэрокосмической отрасли.

Ключевые слова: компетентностное управление, управление человеческими ресурсами, компетенции работника, работник, предприятия аэрокосмической отрасли.

**USE OF COMPETENCE APPROACH TO MANAGEMENT
IN AEROSPACE INDUSTRY****Arpentieva M. R.¹, Gorelova I. V.²**

2 – PhD (Cand.) of Management, Volgograd Institute of management, Russian Academy of national economy and public administration under the President of the Russian Federation.

E-mail: gorelovairina0606@gmail.com

1 – Grand PhD (Doct.) of Psychology, Associate Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences (RAE), Leading Researcher, Department of Theory and Methods of Physical Education, Ugra State University.

E-mail: mariam_rav@mail.ru

Abstract. The transition to the competence-based management of human resources means in practice (a) a different understanding of the object of management: the allocation in its structure of a micro unit (employee competence) - and macro units (the employee); (b) engaging the employee's "knowledge - skills - abilities" in all

functions of human resource management; (c) change the approach to the strategic management of aerospace enterprises.

Keywords: competence management, human resource management, employee competence, employee, aerospace industry enterprises

Аэрокосмическая отрасль – одна из немногих, которая делает российскую экономику конкурентоспособной. С точки зрения управления это значит стратегически важной, что требует особого внимания к объекту управления. Объект познания - процесс, явление, порождающие в научной рефлексии в связи с ними проблемную ситуацию. Ряд подобных объектов сложны с позиции неоднозначного их толкования. Несмотря на то, что в теории стратегического управления априори в качестве объекта предполагалась организация, внедряющая в практику стратегическое управление, действительность показала, что в зависимости от точки зрения на саму организацию формируется концепт, выстраивается методология формирования и имплементации стратегии. Такая неоднозначность обусловила вывод о «неоднородности единицы анализа». В теории стратегического управления обосновывается двухуровневое толкование единицы анализа – объекта стратегического управления. Во-первых, это макроединица – непосредственно организация. Во-вторых, это источник конкурентного преимущества предприятия (микроединица). С трактовкой конкурентных преимуществ все далеко не так однозначно. По сути, эволюция теории стратегического управления – эволюция наполнения термина «конкурентные преимущества». Доступность физических ресурсов нивелировала возможность получения устойчивого конкурентного преимущества извне, а что внутри самого предприятия может быть названо таковым, об этом ученые еще спорят. Но если проанализировать известные подходы, все они сводятся к понятию «компетенция» [1].

Проблемы управления в аэрокосмическом производстве схожи с теми, которые мы наблюдаем и в других отраслях, главная из которых – нивелирование стратегического управления [2]. Основная причина кроется в отношении к человеческому ресурсу организации. В аэрокосмической отрасли работает сейчас около 250 тысяч человек, которые нуждаются в индивидуальном подходе, который может предложить компетентностный подход к управлению. Целью исследования является доказательство преимущества компетентностного подхода к управлению человеческими ресурсами в контексте стратегического управления организацией. Для достижения указанной цели используется метод компаративного анализа. В статье сравниваются два подхода к управлению персоналом. Внедрение одного из них на предприятиях аэрокосмической отрасли позволит оптимизировать систему стратегического управления, сделать предприятия этой сферы. Мы полагаем, что переход к компетентностному управлению человеческими ресурсами означает на практике (а) иное понимание объекта управления: выделения в его структуре микроединицы (компетенции

работника) - и макро единицы (работник); (б) задействование во всех функциях управления человеческими ресурсами «знаний – навыков – умений» работника; (в) изменить подход к стратегическому управлению предприятиями аэрокосмической отрасли. При этом снижается актуальность проблем симуляции управления [3].

Итак, основной метод нашего исследования – компаративный анализ. Особое внимание в рамках этого метода уделяется преимуществам внедрения компетентностного подхода к управлению персоналом. Рассматриваются различные подходы к искомому понятию. Показываются перспективы управления базирующегося на компетентностном подходе. Контекст исследования - стратегическое управление в современных условиях. Теория стратегического управления видит источник конкурентных преимуществ в динамических способностях. Под динамическими способностями многие исследователи понимают именно компетенции. Однако трактуют понятие «компетенция» по разному.

Переход к управлению, основанному компетентностном подходе помогает:

1. провести диагностику человеческих ресурсов организации (компетенции лежат в основе критериев оценки ресурса);
2. сформировать «компетентностный паспорт» сотрудника и подразделения (этот документ помогает правильно распорядиться жизненным циклом работника);
3. определить место и роль каждого сотрудника в имплементации стратегии организации;
4. определить первоочередные направления кадровой политики;
5. пересмотреть акценты в системе стимулирования на предприятии;
6. определить необходимость и направления подготовки (переподготовки) сотрудников.

Все вместе взятое помогает в осуществлении стратегических целей.

Этимология понятия «компетенция» восходит к латинскому *competentia* - «принадлежность по праву». Используется во французском языке с конца 18 века в значении полномочие как подтвержденное право, правомочие. В середине 19 века начинает использоваться для обозначения круга вопросов, в которых кто-либо разбирается профессионально, со знанием дела. Первая часть слова (префикс *com-*) предполагает, что компетенция как полномочие должна быть подтверждена чем - либо (законом, административным актом, доверенностью). Вторая часть слова (корневая основа *petere-*) предполагает что компетенция как полномочие не может появиться без усилий, она должна быть достигнута, «вытребована».

На Западе новое обретение указанного понятия в 1959 году (Р. Уайт) и введение в теорию языка в 1965 году (Н. Хомский) привело к переходу к компетентностно ориентированному образованию. Далее в научном сообществе началась работа по идентификации составляющих самой

компетенции (пионером в этой области был Дж. Равен, им выделено 39 видов компетентностей, которые отождествляет с «мотивированными способностями, особое место отведено самообразованию и саморазвитию»). В современном менеджменте компетенцию преимущественно определяют как некую «комбинацию знаний, умений, навыков, мотивационных факторов, личностных качеств и ситуационных намерений, которая обеспечивает эффективное решение исполнителем задач определенного класса в определенной организации, на определенном месте, в определенном коллективе». Таким образом, «компетентность» неотделима от личности, тогда как «компетенция» - характеристика рабочего места и/или производственной задачи. При этом следует помнить, что (1) компетенция - это качество или свойство, имеющее отношение к профессиональной деятельности. То, что не имеет отношения к профессиональной деятельности, компетенцией (компетентностью) называться не может. Компетенцией (компетентностью) можно называть только то, что можно сознательно изменять [2]. Именно поэтому компетенции можно назвать динамическими, то есть изменяющимися способностями. Их можно трансформировать под конкретные потребности стратегического управления [4;5].

Во всех ситуациях и периодах понятие «компетенция» употребляется Трудовым кодексом РФ в контексте понятия о полномочиях органов управления. Таким образом, трактовка термина в трудовых отношениях не изменилась с начала XX века. Выпущенный в это время словарь иностранных слов дает определение компетенции, как кругу полномочий какого-либо учреждения или лица. При этом параллельно в систему образования активно внедряется компетентностный подход. В системе образования под компетенцией понимают составляющие трудовой функции в терминах «знать – уметь – владеть». При этом профессиональный словарь отсутствует. Создаваемая система профстандартов пока не готова отвечать на запросы ни системы образования, ни системы трудовых отношений. Такое положение дел известный французский философ Ж. Бодрийяр назвал симуляцией [3]. Симуляция компетентностного подхода во всех сферах жизнедеятельности приводит к печальным итогам (рис. 1).

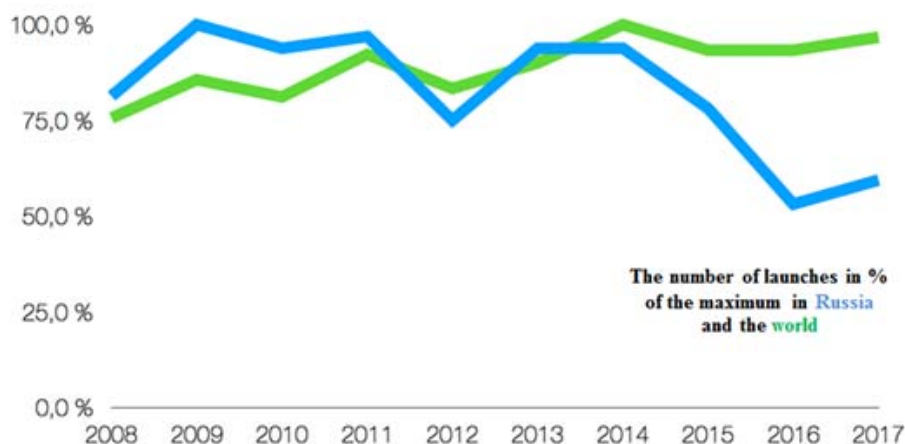


Рис. 1. Динамика космических запусков в РФ и мире в % от максимума за 10 лет

В таблице №1 показана Статистика аварий запусков ракет-носителей по странам. Зеленым цветом в таблице показано количество запусков, красным – количество аварий, синим – аварийность

Таблица 1

Статистика аварий запусков ракет-носителей по странам

	ЕС			Япония			США						Китай			Индия			Россия		
							Space X			Всего											
2008	6	0	0,00 %	1	0	0,00 %	2	1	50,00 %	15	1	6,67 %	11	0	0,00 %	3		0,00 %	26	1	3,85 %
2009	7	0	0,00 %	3	0	0,00 %	1	0	0,00 %	24	1	4,17 %	6	1	16,67 %	2		0,00 %	32	1	3,13 %
2010	6	0	0,00 %	2	0	0,00 %	2	0	0,00 %	15	0	0,00 %	15	0	0,00 %	3	2	66,67 %	30	1	3,33 %
2011	7	0	0,00 %	3	0	0,00 %				18	1	5,56 %	19	1	5,26 %	3		0,00 %	31	4	12,90 %
2012	10	0	0,00 %	2	0	0,00 %	2	0	0,00 %	13	0	0,00 %	19	0	0,00 %	2		0,00 %	24	1	4,17 %
2013	7	0	0,00 %	3	0	0,00 %	3	0	0,00 %	19	0	0,00 %	15	1	6,67 %	3		0,00 %	30	1	3,33 %
2014	11	0	0,00 %	4	0	0,00 %	6	0	0,00 %	23	1	4,35 %	15	0	0,00 %	4		0,00 %	30	1	3,33 %
2015	11	0	0,00 %	4	0	0,00 %	7	1	14,29 %	19	1	5,26 %	19	0	0,00 %	5		0,00 %	25	3	12,00 %
2016	11	0	0,00 %	4	0	0,00 %	8	0	0,00 %	22	0	0,00 %	22	1	4,55 %	7		0,00 %	17	1	5,88 %
2017	11	0	0,00 %	6	0	0,00 %	18	0	0,00 %	29	0	0,00 %	17	1	5,88 %	5	1	20,00 %	19	1	5,26 %
за 10 лет	87	0	0,00 %	32	0	0,00 %	49	2	4,08 %	197	5	2,54 %	158	5	3,16 %	37	3	8,11 %	264	15	5,68 %
за 5 лет	51	0	0,00 %	21	0	0,00 %	42	1	2,38 %	112	2	1,79 %	88	3	3,41 %	24	1	4,17 %	121	7	5,79 %
за 3 года	33	0	0,00 %	14	0	0,00 %	33	1	3,03 %	70	1	1,43 %	58	2	3,45 %	17	1	5,88 %	61	5	8,20 %

количество запусков количество аварий аварийность

<http://zhartun.me>

Итоги доказывают симулятивный характер использования компетентностного подхода в управлении. В чем это проявляется показано в таблице 2.

Таблица 2

Результаты компенсационного подхода: симуляция и внедрение

Симуляция	Компетентностный подход	Внедрение
Принуждение к выполнению принятого решения. Принцип работы в организации: «Есть два мнения относительно решения проблемы. Одно решение принадлежит руководству, другое – неправильное»	Механизм достижения консенсуса/согласия: в стратегическом управлении означает понимание	Согласование интересов плюрализм мнений на проблему и решений, работа методов, разработанных в менеджменте для решения спорных вопросов и проблем
Превалирует механизм самоутверждения, который нивелирует возможность признания руководством ошибок	Целевая функция: стратегическое управление - суть - постановка цели и ее достижение	Выработка цели, миссии, видения в системе управления, поэтапное ее достижение с учетом перманентного анализа ошибок
Управление в академическом понимании отсутствует. Его заменяют властные полномочия, нивелируется субъектно – объектная связь. Неудачи оправдываются человеческим фактором и национальной моделью.	Инструменты управления	Рациональные механизмы и процедуры, через которые реализуются субъектно – объектные отношения
Субъективно и иррационально, навязывается, внешняя среда законсервирована ее проявления спонтанны, непредсказуемы, зависят от личности	Представление о внешней среде	Объективно и рационально, исходит из рациональной цели, возможностей, ресурсов и ограничений среды
Навязывание представлений о среде требует объяснений о ее изменениях (оправдания, домысливания) в том же русле	Отношение к изменениям во внешней среде	Гибкость в понимании «жизненного цикла» среды, причин изменений.
Не требуется	Делегирование функций	Делегирование – одна из важных функций и условий для достижения стратегических целей
Актуальна сентенция: «В борьбе все средства хороши».	Выбор средств управления	Разборчиво в средствах
Отношение как к средству получения выгоды. ВО развитии ресурса вопрос не стоит	Отношение к человеческому ресурсу	Развивает людей в соответствии с анализом имеющихся у них компетенций
Не требуется	Отношение к обратной связи	Необходима обратная связь как сигнальная система о

		деструктивных моментах в достижении стратегической цели
Нет	Требования к субъекту	Требует самоорганизации управленца

Для внедрения компетентного подхода в управление необходима релевантная трактовка объекта управления. Она предполагает выделение компетенций в качестве микроединицы в объекте управления. Макроединицей выступает сам человек. Такое понимание отражается в концепции управления человеческими ресурсами, соответственно тогда все функции управления, связанные с развитием объекта управления, выглядят следующим образом:

1. *Набор персонала.* Поиск подходящей кандидатуры на вакансию осуществляется путем декларирования необходимых компетенций «знаниями – умениями – навыками», которые со – включены в процесс стратегического управления и целеполагания. Такой подход предопределяет варианты методов набора и учет репутационных рисков организации.

2. *Отбор персонала* осуществляется как процесс сличения четко определенных требований к должности и компетенций кандидата. Отсюда выбор критериев и методов отбора.

3. *Регламентация трудовых отношений* предполагает такое оформление документов, которые включают в себя и будущее развитие работника (включение в резерв, карьерный профиль, премиальная система, включенность в систему добровольного страхования и т.д.). Вопрос о соответствии процесса трудовому законодательству не стоит.

4. *Аттестация персонала* проводится исключительно с целью идентификации стратегического потенциала организации.

5. *Обучение персонала* осуществляется, исходя из потребностей организации в деле достижения стратегических целей. Изменчивость внешней среды предполагает новые требования к человеческому ресурсу, определяет нужду в новых компетенциях. Отсюда возникают рамки для разработки программ обучения, программ индивидуального развития. Из представления о целях возникает понимание необходимости расходования средств на данный аспект управления.

7. *Мотивация и стимулирование персонала* формируются исходя из стратегических потребностей организации. Мотивируется создание нужной для организации компетенции, степень ее включенности в стратегический процесс стимулируется.

8. *Сокращение численности персонала* происходит в соответствии со стратегическими потребностями в данном ресурсе у предприятия [5; 6].

Заключение. Формирование компетентного подхода в организации похоже на поиск философского камня. Научно-методическая литература, посвященная рассматриваемому вопросу, пестрит

многочисленными методиками. Эти методики носят в основном декларативный (по Ж. Бодрийяру симулятивный), формализованный характер. В своей основе они оторваны от объекта управленческого воздействия: от сотрудников организации. Они отягощены сложной терминологией (компетенции, грейдинги и т. д.). В США в компетентностном подходе большое внимание уделяют анализу описанию заданий (компетенция существует как рабочее место). Описание заданий можно назвать протоэлементом компетентности работника. Особенно кропотливая работа ведется учеными в направлении унифицированного, однозначного толкования терминов и понятий в используемых методиках. Серьезность замыслов подтверждает тот факт, что даже премиальные системы в США патентуются (Они признаются уникальными разработками, позволяющими эффективно управлять компанией). В России в крайнем случае, на такие системы накладывается гриф «совершенно секретно» и они признаются коммерческой тайной, но не всегда отвечают требованиям современного менеджмента. Примерами качественных методик в контексте компетентностного подхода могут служить те, в основе которых лежит факторный подход, особую популярность среди них получил метод Хея [5]. В СССР велись подобные разработки. В качестве примера можно привести Методические рекомендации по оценке сложности и качества работы специалистов (для установления квалификационных категорий и дифференциации должностных окладов). Разработаны данные рекомендации по поручению Государственного комитета СССР по труду и социальным вопросам сотрудниками НИИ труда [7]. Стоит отметить, что зарубежные разработки и разработки советских исследователей очень похожи.

Проходя сложный исторический период, было утеряно много того, что позволяло обеспечивать контакт поколений и согласовывать управление и тех, кем управляют. Исчезли многие понятия, помогавшие людям формировать и развивать межличностные отношения. Такие понятия как «коллектив» и «команда», которые являются краеугольными в современных подходах к управлению на Западе, оказываются невостребованными отечественными управленцами [8; 9]. Процветает «административный восторг» связанное с ним представление о людях как и серой однородной массе, требующей воздействия и контроля, но не способной к самоуправлению и управлению внешними объектами.

О. Л. Чуланова отмечает, что компетентностный подход эффективен и продуктивен благодаря его сущностным характеристикам: осмысление человека как личности, имеющей уникальные интересы, потребности и мотивы, знания и умения, дающие возможность эффективного и продуктивного исполнения трудовых функций; перенос акцента с социально-психологических качества человека на внешние (объективные) аспекты его труда; ориентация на учет личной эффективности работника; поддержание мобильности и развития персонала, как вертикальной, в

контексте развития карьеры, так и горизонтальной в контексте ротации между секторами, временной и пространственной, то есть хронологически и территориально; интеграция трендов и требований бизнеса и производства, управления персоналом и целей и форм современного образования; научно обоснованное и сопоставительное понимание результатов деятельности фирм, регионов, отраслей и национальных производственно-экономических комплексов и структур [10, с.1]. Мы также можем привести мнение Г. Хэмэла о том, что «во всё более нелинейном мире новое богатство способны создавать только нелинейные идеи - радикальные инновации - те, что обладают силой изменять потребительские ожидания, облик отраслей и основы конкурентного преимущества» [11, с.78]. При этом важно умение субъектов и фирм анализировать и развивать свои компетенции как динамические способности (Personal Skills Card, Organizational Skills Card) [12; 13]. Взгляд на описанные проблемы через призму понятийный бинеров «симуляция – диссимуляция», «моносубъективное – интерсубъективное», «сфокусированное – дефокусированное», помогает понять истинные механизмы происходящего в современном управлении объектами аэрокосмической области.

Список литературы

1. Кострова Ю. С. Генезис понятий «компетенция» и «компетентность» // Молодой ученый. - 2011. - № 12. Т.2. — С. 102-104. — URL <https://moluch.ru/archive/35/4011/> (дата обращения: 18.01.2018).
2. Жартун В. А. Космические аварии URL <http://rusrand.ru/analytics/kosmicheskie-avarii> (дата обращения: 18.01.2018).
3. Бодрийяр Ж. Симулякры и симуляция // Тула: ООО «Тульский полиграфист», 2013. – 204 с.
4. Демьяненко В. Особенности управления изменениями в России [// М.: Издательские решения, 2016. - 138 с.
5. Методические рекомендации по оценке сложности и качества работы специалистов (для установления квалифицированных категорий и дифференциации должностных окладов): нормативно-производственное издание. М. Экономика, 1989. 54 с.
6. Овчинников А.О классификации компетенций // Организационная психология. 2014. Т. 4. № 4. С. 145–153.
7. Хендерсон Р. Компенсационный менеджмент // СПб.: Питер, 2004. 880 с.
8. Управление развитием стратегического потенциала региона (на примере Волгоградской области): монография/ Под ред. А.Ф. Мос ковцева; ВолгГТУ. – Волгоград, 2015.- 366 с.
9. Катькало, В.С. Эволюция теории стратегического управления ю Автореферат на соискание ученой степени доктора экономических наук по

специальности 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством. – 63 с.

10. Чуланова О.Л. Актуальность компетентностного подхода в управлении персоналом // Интернет-журнал «Наукovedение» Выпуск 5 (24), сентябрь – октябрь 2014 / С.1-10. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/79EVN514.pdf> (дата обращения 10.01.2019)

11. Хамел Г. , Прахалад К.К. Конкурируя за будущее: Создание рынков завтрашнего дня . Под общ.ред. С. Каменского. – Москва: Олимп-Бизнес, 2002. – 275 с.

12. Митрофанова Е.А. , Коновалова В.Г., Белова О.Л. Управление персоналом: теория и практика. Компетентностный подход в управлении персоналом / Под ред. А.Я. Кибанова . – М.: Проспект, 2012. -72с.

13. Миллс Р. Компетенции. Карманный справочник. М: НРРО, 2004. - 128 с.

УДК 331.(075.8)

**ПРЕДПРИЯТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.
К 35-ЛЕТИЮ АО «УЛЬЯНОВСКИЙ НИАТ»
Марковцева О. Ю.**

Доктор философских наук, директор Центра социально-этнических исследований (НИИ "Митом")

Аннотация. Представлена история создания и развития предприятия, основные направления деятельности. Особое внимание уделяется научной специфике института, связи с университетами, институтами города Ульяновска, Москвы, Казани, Самары, а также - ведущими предприятиями страны, поволжского региона.

Ключевые слова: Ульяновский НИАТ, производство, научно-производственная деятельность, научно-промышленная сфера России, авиационные технологии.

**ENTERPRISE OF INNOVATIV TECHNOLOGIES.
TO THE 35TH ANNIVERSARY "ULYANOVSK RESEARCH INSTITUTE
OF AVIATION TECHNOLOGY AND PRODUCTION ORGANIZATION"
Markovtseva O. Yu.**

Doctor of philosophy, Director of the Center for social and ethnic studies ("Mitom research Institute")

Abstract. The history of creation and development of the enterprise, the main activities are presented. Special attention is paid to the scientific specifics of the Institute, communication with universities, institutes of Ulyanovsk, Moscow, Kazan, Samara, the leading enterprises of our country, the Volga region.

Key words: Ulyanovsk NIAT, production, scientific and industrial activity, scientific and industrial sphere of Russia, aviation technologies.

Современный уровень развития авиационно-космической сферы чтобы достичь наибольшей эффективности своей деятельности невозможен без реализации принципа кластерности. Ведущие авиапредприятия, конструкторские бюро, образовательные учреждения и другие базовые структуры, образующие единую сферу авиапромышленного комплекса России, составили основной перечень, в который включен Ульяновский Научно-исследовательский институт авиационных технологий (НИАТ). Главная задача института – разрабатывать оборудование, на основе которого осуществляется изготовление (прокат) профильных конструкций, требуемых для сборки различных типов самолетов.

Историю АО «Ульяновский НИАТ» можно разделить на несколько периодов:

1. образование как подразделения в структуре Московского НИАТа (в настоящее время называется Открытое акционерное общество Национальный институт авиационных технологий (ОАО НИАТ г. Москва)).

2. выведение в 1993 г. государственного предприятия Ульяновский НИАТ из состава головного НИАТА (г. Москва), образование государственного предприятия ГП «Ульяновский НИАТ», переименованное в 2001 г. в Федеральное государственное унитарное предприятие «Ульяновский научно-исследовательский институт авиационной технологии и организации производства».

3. в 2003 г. ФГУП «Ульяновский НИАТ» преобразован в открытое акционерное общество «Ульяновский научно-исследовательский институт авиационной технологии и организации производства». С 2015 г. ОАО «Ульяновский НИАТ» переименован в АО «Ульяновский НИАТ».

1. Центральный институт труда при Всесоюзном центральном совете профессиональных союзов (ЦИТ ВЦСПС)

Создание предприятия НИАТ исторически связано с Центральным институтом труда (ЦИТ ВЦСПС), который был образован в 1921 году, его работу возглавил Гастев А. К. (1882 – 1939). Алексей Капитонович Гастев характеризуется в российской истории как личность незаурядных организаторских способностей, политический лидер, высокий профессионал. Доказательствами тому служат различные книги Гастева А. К., например, по теории научной организации труда (НОТ), теории и практики менеджмента, специфики конструкторской, изобретательской деятельности (Сборник «КИУ» («Конструктор – Изобретатель – Установщик»)), а также различные литературные сборники, журналы, которых с 1900 по 1923 гг. публиковались его стихи, проза.

Центральный институт труда был образован в то время, когда промышленно-экономической системе страны требовалась совершенно новая модель организации и управления. А.К. Гастев были хорошо известны достижения школы научного управления экономикой, промышленностью в США, он вел активную переписку с одним из ее основоположников – Генри Фордом. Центральный институт труда начал разрабатывать передовой стиль научно-производственных технологий. Ульяновский НИАТ до настоящего времени продолжает традиции ЦИТа, ориентируясь на создание и внедрение в практику различных отраслей промышленности современной России высокотехнические проекты, модели, которые имеют мировое значение.

Отделение НИАТа из структуры ЦИТа также составляет свою историю. Она связана с Национальным институтом авиационных технологий (НИАТ, г. Москва). Это предприятие является правопреемником первой в России научной организации труда в целях повышения его эффективности и качества – Института труда, созданного по решению ВЦСПС 16 сентября

1920 г. В мае 1921 г. по решению Президиума ВЦСПС на базе начавшего работать Института труда и Института экспериментального изучения живого труда был создан Центральный институт труда (ЦИТ). Основателем и первым руководителем ЦИТа назначен А.К. Гастев. 24 августа 1921 г. Совет Труда и Оборона принял решение о признании ЦИТа центральным научным учреждением Республики, «...разрабатывающим, демонстрирующим и пропагандирующим принципы научной организации труда (НОТ) и объединяющим деятельность всех других учреждений Республики, изучающих труд». В то время даже в самых развитых капиталистических странах не было научной организации, подобной ЦИТу.

Главными задачами ЦИТа было изучение трудовых приемов, технологий, способов НОТ, совершенствование организации производства, подготовка специалистов для машиностроения и других отраслей народного хозяйства. На учебной базе института с 1921 г. по 1936 г. было подготовлено более 500 тысяч квалифицированных рабочих. При институте на хозрасчетных началах действовало акционерное общество «Установка», внедрявшее более чем на 400 предприятиях страны (в Москве и на периферии) законченные разработки. Услугами ЦИТа пользовались все вновь создаваемые заводы – московский завод «Калибр», Магнитогорский металлургический комбинат, 1-ый ГПЗ, Сталинградский тракторный и т.д.

ЦИТ управлял несколькими заводами, на которых изготовлялось технологическое оборудование (в том числе первые агрегатные станки), спроектированные Институтскими конструкторами. 21 октября 1931 г. решением Правительства для улучшения и развития связей с предприятиями промышленности, а также в целях быстрее продвижения научных достижений в практику ЦИТ был передан в ведение Высшего совета народного хозяйства страны, а в конце 30-х годов – реорганизован в один из первых отраслевых институтов. В 1936 г. Народный комиссариат тяжелой промышленности передал ЦИТ в состав авиационной промышленности. До 1939 г. ЦИТ проводил работы, в основном, на заводах самолетостроения, а в 1939 г. – еще и на авиамоторных и агрегатных заводах. Кроме решения задач по рациональной организации труда и производства, Институт приступил к разработке новых технологий, ориентированных на применение в авиационной промышленности, а также начал создавать специальное и специализированное оборудование (для клепки, заготовительных работ, механообработки, сборки).

Перед Великой Отечественной войной ЦИТ несколько раз переименовывался, сохраняя при этом свою направленность. Носил название Оргавиапром, а с 28 апреля 1944г. получил название Научно-исследовательский институт авиационных технологий и организации производства (НИАТ) [3].

2. Национальный институт авиационных технологий («ОАО НИАТ», г. Москва)

В настоящее время НИАТ, бывший государственным научным учреждением, реорганизован в Открытое акционерное общество Национальный институт авиационных технологий («ОАО НИАТ», г. Москва). Все годы работы НИАТа его научная деятельность развивалась в следующих основных направлениях: разработка научно-методических основ технологии и организации авиационного производства, научно-технологическое обеспечение создания новых самолетов, вертолетов и агрегатов, разработка проектов всех видов специального и специализированного технологического оборудования (для заготовительных производств, размерной обработки деталей, сборки с использованием разъемных и неразъемных соединений, совершенствование и повышение эффективности серийного производства самолетов, вертолетов и агрегатов для них, включая разработку и реализацию комплексных планов повышения технического уровня серийных заводов.

Работая в перечисленных направлениях, НИАТ превратился в ведущий отраслевой технологический институт и получил широкое признание в научных кругах и среди практиков отечественного машиностроения. При этом постоянно совершенствовалась структура Института. Для решения новых задач в нем создавались новые подразделения по новым направлениям развития технологий; коллектив Института численно быстро рос. Для повышения эффективности научной деятельности и укрепления связей с серийными заводами в основных региональных центрах авиационной промышленности было организовано восемь филиалов НИАТ – Куйбышевский, Казанский, Новосибирский, Уральский (г. Уфа), Омский, Воронежский, Иркутский и Украинский (г. Киев). Были созданы базовые лаборатории и отделы Института в городах Комсомольске-на-Амуре, Ташкенте, Тбилиси, Ульяновске, Харькове, других. Кроме внедрения разработок головного Института, все филиалы специализировались в важных научных направлениях, соответствующих специфике работы заводов своего региона и имеющих определенную общепромышленную ориентацию.

Авторитет и значение НИАТа способствовали возрастанию роли технологии в общем прогрессе авиационной техники, в машиностроении. В 1966 году НИАТ награжден Орденом Трудового Красного Знамени. В Институте работали выдающиеся специалисты в области авиационной технологии – доктора технических наук В.В. Швец, В.А. Лещенко, А.В. Петров, А.Н. Громова, В.И. Завьялова, С.В. Румянцев, Б.Е. Челищев, В.П. Григорьев. В разные годы Институт возглавляли крупнейшие организаторы науки и производства А.К. Гастев, П.Г. Щедровицкий, доктора технических наук В.В. Бойцов, С.М. Лещенко, член-корреспондент АН СССР П.Н. Белянин, член-корреспондент РАН О.С. Сироткин. Основные принципы организации научно-производственной

специфики НИАТА, сформированные этими высокопрофессиональными специалистами, учеными, которые в свою очередь, продолжили традиции ЦИТа. стали научно-теоретической, практической базой деятельности предприятия.

Институт за успехи в научно-исследовательской деятельности неоднократно награждался грамотами Министерства авиационной промышленности СССР, а в 1966 г. НИАТ был награжден орденом Трудового Красного Знамени. Многие сотрудники Института получали правительственные награды - ордена и медали, становились Лауреатами Ленинской и Государственных премий СССР и союзных республик. Наши специалисты неоднократно получали премии Совета Министров СССР и Правительства Российской Федерации [4].

3. АО «Ульяновский НИАТ»

История создания института. Образованная в 80-х гг. Ульяновская базовая лаборатория НИАТа (г. Москва), в 1993 г. получает название «Ульяновский НИАТ». Такие обстоятельства были predetermined исторически. В 80-е годы в бывшем СССР мощное развитие получило транспортное и пассажирское самолетостроение. В связи с этим высшее руководство страны приняло решение начать в г. Ульяновске строительство крупнейшего по тому времени авиационно-промышленный комплекс (УАПК). На его базе планировался выпуск транспортного самолета Ан-124 «Руслан». Соболев Д.А., Якубович Н.В. пишут: «Верхом совершенства авиапромышленности СССР можно считать гигантские грузовые самолеты Ан-124 "Руслан" и Ан-225 "Мрия". Равным им нет в мире» [2; 310]. Ведущие специалисты Ульяновского НИАТа принимали активное участие в становлении УАПК. Профессиональная работа Института с ведущими конструкторскими бюро авиационной отрасли создала высокоэффективные результаты: профили и оборудование предприятия внедрены в действующее производство самолетов Ил-114, Ил-103, Бе-200, Ту-134, Ан-70, Ан-140, Ан-148, а также другую авиапродукцию многих предприятий страны.

Современный Ульяновский НИАТ является предприятием, находящимся в ведении государственной корпорации «Ростехнологии». Научно-исследовательская база, наличие собственных производственных мощностей, высококвалифицированный состав научных, инженерных и рабочих кадров успешно справляются с задачами программно-целевого развития избранной научной тематики, соответствующей современному уровню развития производства. Так, на данном предприятии были разработаны технологии и оборудование, позволяющие производить детали каркаса фюзеляжа из листовых заготовок современных авиационных сплавов для самолетов МС - 21, Ил - 112 В.

В Институте работали выдающиеся специалисты в области авиационной технологии – к.т.н. Г.В. Проскуряков, М. В. Рылеев, к.э.н. И.Я. Егоров. В

настоящее время руководителем Ульяновского НИАТа является д.т.н. В.А. Марковцев.

Научная деятельность предприятия. Изначально предметом научно-исследовательских разработок Ульяновского НИАТа являлись авиационные технологии и организационно-технические проекты различного уровня для авиационной промышленности: от отдельных технологий производственных участков, оборудования до разработки новых направлений в промышленности.

В 2015 г. подписан договор между Ульяновским государственным техническим университетом (УлГТУ) и НИАТом об образовании совместной уникальной базовой научно-производственной кафедры «Технологии заготовительно-штамповочного производства» (ТЗШП) заведующим которой является В.А. Марковцев, д.т.н., профессор.

Основные задачи кафедры направлены на создание «более тесной интеграции образования, науки и производства как важнейшего условия повышения качества подготовки специалистов с высшим образованием» (из Положения о кафедре ТЗШП). Деятельность кафедры разноплановая, она связана с теоретическими исследованиями, апробацией и внедрением их в производство, подготовку и переподготовку специалистов данного направления, также предполагает международное сотрудничество. Так, 2016 г. совместная делегация от ИАТУ (Ульяновский государственный технический университет) и АО «Ульяновский НИАТ» (Шишкин В.В., Марковцев В.А.) посетила с рабочим визитом Технологический университет Северного Китая (г. Пекин).

Как в свое время в ЦИТе, одним из важнейших направлений деятельности НИАТа является профессиональная подготовка трудовых ресурсов для своего предприятия. Поэтому в Институте приоритетное направление - подготовка кадров, необходимых для поддержания собственной научно-производственной базы. Поэтому одной из ключевых задач кафедры ТЗШП является «осуществление целевой подготовки молодых специалистов в УлГТУ для НИАТа и эффективного решения проблем обеспечения НИАТа кадрами высшей квалификации». На конференции представляются новые технологии обработки листовых материалов в сфере изготовления гнутых профилей, гибки, штамповки, резки, инновации в моделировании технологических процессов и инженерного анализа в авиационной и других отраслях промышленности.

Ульяновский НИАТ совместно с УлГТУ, институтом авиационных технологий и управления (ИАТУ) проводит один раз в год международную конференцию «Наука, теория, практика авиационно-промышленного кластера современной России», приуроченную ко Дню Российской науки.

В настоящее время АО «Ульяновский НИАТ» — одно из ведущих предприятий России, которое более 30 лет разрабатывает и производит профилегибочное оборудование. За эти годы компания зарекомендовала себя

как надежный и стабильный партнер. АО «Ульяновский НИАТ» специализируется на разработке и внедрении технологий, используя уникальные методы деформирования металлических заготовок для производства гнутого металлического профиля в роликовых калибрах профилегибочных прокатных станов [5].

Успехи в научно-исследовательской, производственной деятельности института подтверждают сертификаты, удостоверяющие участие в многочисленных российских, международных промышленных, авиатехнических выставках. В 2001 г. Ульяновский НИАТ был награжден Золотой медалью Французской ассоциации содействия промышленности.

В 2010 г. научные сотрудники предприятия удостоены награды Губернатора Ульяновской области за успешные научные исследования.

26 октября 2016 г. институт стал почетным членом Торгово-промышленной палаты Российской Федерации.

Список литературы

1. Марковцев В.А. Ульяновский НИАТ: 25 лет. История и перспективы развития. - Ульяновск: УлГТУ, 2008. - 30 с.
2. Соболев Д.А., Якубович Н. В. История русской авиации в фотографиях. М.: РУСАВИА, 2005. 734 с.
3. <http://vikent.ru/author/1201/>
4. www.niat.ru
5. www.ulniat.ru

УДК 159.923.2

САМОДЕТЕРМИНАЦИЯ КАК СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ ФЕНОМЕН**Почтарева Е. Ю.***аспирант, ГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет»*

Аннотация. В статье обосновывается актуальность изучения феномена самодетерминации как интегративной, смыслообразующей характеристики личности. Раскрываются методологические основания аксиологической природы самодетерминации как проявления ресурсного потенциала личности в ключе современных научных представлений о психологическом благополучии личности, продуктивности деятельности, личностно-профессиональном развитии.

Ключевые слова: самодетерминация, субъектность, личность, мотивация, смыслополагание, рефлексия, интегрированность.

SELF-DETERMINATION AS A SOCIO-CULTURAL PHENOMENON**Pochtareva E. Yu.***postgraduate, Ural State Pedagogical University*

Abstract. The paper substantiates the relevance of the study of the phenomenon of self-determination as an integrative, semantic personal characteristic. The methodological basis of the axiological nature of self-determination is revealed. Self-determination appears as a manifestation of the resource potential of the individual in the key of modern scientific ideas about well-being of the individual, the productivity of activities, personal and professional development.

Key words: self-determination, agency, personality, motivation, meaning, reflection, integration.

Одна из смыслообразующих задач, которая стоит перед человеком в современных условиях, заключается в том, чтобы уметь управлять самим собой, а не быть управляемым другими. Способность к самоуправлению представляет собой, прежде всего, стремление к саморегуляции как самостоятельному формированию мотивов и целей собственного поведения и деятельности, стремление к самостоятельности, потребность руководствоваться собственными возможностями и интересами, которые образуют основу активности личности. При этом активность в своем воплощении реализует себя в двух ориентациях: адаптивность как приспособление к требованиям социума, регламентирующего ситуации жизнедеятельности, с одной стороны, и, с другой стороны, креативность как поиск и создание новой реальности, например, в условиях ситуаций

неопределенности, постановки и решения новых задач деятельности, создания новых алгоритмов решения уже известных ситуаций с опорой на актуальные компетенции индивидуального опыта (В.И. Панов, И.А. Якиманская, Л.М. Митина, Д.И. Фельдштейн и др.).

Современное российское общество характеризуется глобальными преобразованиями, наблюдается кардинальная смена ценностных ориентиров, когда традиционные социальные институты не выполняют свои упорядочивающие и развивающие жизнедеятельность человека функции. В этих условиях фокус регуляции поведения и деятельности смещается во внутренний мир человека. Приоритетное значение социокультурной реальности для личности связано с ее самоопределением, которое проявляется в раскрытии потенциала личности, определяющего ее способность быть субъектом поведения и деятельности.

Идея самодетерминации актуализирует изучение субъектных характеристик, связанных с интеграцией внешних и внутренних мотивационных процессов личности. Подчеркивая важность внутренних факторов, влияющих на активность личности, самодетерминация обращена к созидательно-творческому началу человека, в котором личность, как ведущее социокультурное основание, становится субъектом жизнедеятельности.

В современных исследованиях субъектность личности рассматривается в контексте понятия самодетерминации (Э. Деси, Р. Райан, К. Шелдон, Д.А. Леонтьев, Е.Н. Осин, Т.О. Гордеева, Л.Я. Дорфман и др.), которое определяет стремление личности реализовывать свои возможности в разнообразных сферах жизнедеятельности, социально-эмоциональную целостность, умение использовать объективные ситуации жизни и деятельности для личностного развития, готовность к совершенствованию собственной деятельности и, как следствие, направленность на высокие личностные и профессиональные достижения.

В мотивационном подходе Э. Деси, Р. Райана самодетерминация определяется как ощущение возможности выбора и способность осуществления выбора, исходя из собственных стремлений, интересов, ценностей и смыслов, в пространстве многообразия возможных вариантов, обусловленных как внешними, так и внутренними условиями жизнедеятельности субъекта. Авторы подчеркивают важность устремленности самой личности к интересующему поведению и деятельности, которое становится возможным в результате осуществления базовых психологических потребностей в автономии, компетентности и межличностной согласованности [1].

– Потребность в автономии определяет стремление человека ощущать себя самодостаточной, независимой личностью, иметь выбор и осуществлять выбор с опорой на собственные представления.

– Потребность в компетентности выражает направленность личности к эффективности поведения и деятельности, осуществлению продуктивной активности.

– Потребность в связанности воплощает стремление личности к взаимосвязи с людьми, значимость которых для человека образует поддержку, заботу, дружбу, ощущение принадлежности к группе [1; 2].

Самодетерминация приобретает основополагающее значение в ряду субъектных характеристик личности, исторически задаваемых социокультурным пространством, определяющих условия жизнедеятельности и направленных на раскрытие потенциала субъекта.

Потенциал в современных психологических исследованиях определяется как интеграция интеллектуальных, творческих и мотивационных характеристик личности, определяющих продуктивность поведения и деятельности в межличностной, социальной, образовательной и профессиональной сферах и раскрывается в направлениях исследования таких психологических образований, как: личностный потенциал (Д.А. Леонтьев), адаптационный потенциал (А.Г. Маклаков), творческо-деятельностный потенциал (Э.Ф. Зеер), творческий потенциал (Д.Б. Богоявленская, Я.А. Пономарев, Е.Л. Яковлева), интеллектуальный потенциал (Е.Ф. Рыбалко, Л.Н. Кулешова, Т.В. Прохоренко, Ж.А. Балакшина, В.Н. Дружинин), культурный потенциал (Д.М. Давлетшина), ресурсный потенциал (Ю.В. Постылякова), коммуникативный потенциал (Е.В. Козлова, В.И. Екинцев, И.В. Замарехина), менеджерский потенциал (А.Г. Шмелев, Г.А. Соловейчик, Т.Р. Гребенюк, Т.Р. Лепеха).

Концепция Д.А. Леонтьева о самодетерминации как саморегулируемой активности зрелой личности обосновывает понимание самодетерминации как «формы проявления личностного потенциала» и «главного феномена личностной зрелости» субъекта. Самодетерминация находит свое воплощение в интеграции свободы как формы активности и ответственности как высшей формы саморегуляции на основе рефлексивного сознания, опосредованного ценностно-смысловой сферой личности.

Д.А. Леонтьев подчеркивает принципиальное отличие концептов «личностное развитие» и «развитие личности», отмечая, что собственно личностное развитие образует особую реальность жизненного мира субъекта, определяющую способность субъекта конструктивно и творчески выстраивать собственную жизнь в разнообразных ее сферах и проявлениях.

Личностный потенциал, обуславливающий внутреннее движение к личностной зрелости, образует специфическое содержание и организацию субъектных, интеллектуальных, ценностно-смысловых, эмоционально-волевых, социальных особенностей индивидуальности, определяющих способность к автономии, саморегуляции, эффективности деятельности, интегрирующих стабильность и устойчивость внутриличностных ориентиров, а также гибкость и ситуативность реагирования на изменения вовне и внутреннего мира субъекта [3].

Функционально-содержательное становление самодетерминации личности происходит в многообразии развития процессов Я-концепции, идентичности, осознанности, рефлексии, аутентичности, которые обеспечивают саморегуляцию личности и гибкое управление взаимодействием с социальной средой, интегрируя аффективные, когнитивные, поведенческие, волевые и смысловые сферы субъекта.

Самодетерминация личности закономерно актуализирует вопрос о продуктивности поведения и деятельности, ее критериях, сферах воплощения и уровнях социальной востребованности.

Продуктивность деятельности раскрывается как специфическая характеристика в пространстве полюсов непродуктивности и высокой продуктивности, в котором показателем эффективности и результативности функционирования выступает способность личности к реализации стратегий трансформации профессиональной области в средство развития и саморазвития (А.А. Деркач, В.Г. Зазыкин, Н.В. Кузьмина, А.К. Маркова).

– Высокопродуктивный уровень деятельности (творческо-мастерский уровень) отражает стремление личности к самосовершенствованию в профессиональной сфере, характеризуется удовлетворенностью трудом, раскрывающей гуманизирующее начало развивающего потенциала профессиональной деятельности как условия самотождественности, смысложизненной и ценностной реализации личности, реализации социально-значимой деятельности на основе процессов осознанности и рефлексии.

– Среднепродуктивный уровень деятельности (репродуктивно-исполнительский уровень) характеризуется преобладанием адаптивного целеполагания, стихийным и ситуативным развитием мотивации к саморазвитию и самосовершенствованию, отсутствием стремления к социальной значимости своей профессиональной сферы, субъективным восприятием труда как энергозатратного с точки зрения результативности собственного функционирования.

– Непродуктивный уровень деятельности (формально-исполнительский уровень) демонстрирует реактивность и ригидность профессионального функционирования, незаинтересованность в личностно-профессиональном самосовершенствовании и саморазвитии, субъективное восприятие труда как высокозатратного с точки зрения социально-эмоциональных ресурсов личности.

По этому поводу Д.А. Леонтьев пишет о том, что ни один человек не может достоверно быть субъектом в каждый момент своей жизни, подчеркивая необходимость изучения тех психологических образований, которые обосновывают континуальную природу продуктивности личности, ее контекстуальный характер как возможности быть эффективным в разнообразных задачах деятельности, многообразие которых интегрирует устойчивость внутренних ориентиров, а также гибкость реагирования на

изменения вовне и внутреннем мире субъекта [4]. В этом аспекте примечательна цитата писателя Ф.А. Искандера о том, что «энтузиазм не может долго подхлестывать человека. Во всякой работе существуют естественные ритмы. Сравнительно долгое нарушение их приводит к надрыву, к депрессии».

В связи с этим объяснительный ресурс феномена самодетерминации в подходе Э. Деси и Р. Райана обладает несомненным эвристическим потенциалом. Авторы раскрывают самодетерминацию как мотивационный континуум автономной и контролируемой мотивационных ориентаций, более известных и привычных в психологии как внешняя и внутренняя мотивация. Исследователи подчеркивают именно континуальную природу содержания самодетерминации, обосновывая, что ключевым показателем эффективности личности выступает ее гибкость в саморегуляции и управлении своим взаимодействием с социальной средой, преодолевая, тем самым, противоречия и ограниченность подходов, в соответствии с которыми внешняя мотивация и внутренняя мотивация рассматриваются как противоположные и разнонаправленные характеристики личности [1].

Подход к самодетерминации и личностному потенциалу Д.А. Леонтьева, а также подход к самодетерминации Э. Деси и Р. Райана раскрывают возможности самодетерминации как характеристики, опосредующей вариативность и контекстность взаимодействий личности с социумом, определяя поведенческие, волевые, когнитивные, аффективные особенности, так как сама идея самодетерминации на первый план выдвигает собственную активность личности, его способность к самостоятельному выбору, в котором психологической основой выступает внутренняя мотивация в контексте рефлексии, осознанности, эмоционально-ценностной сферы субъекта, что позволяет обратиться к субъектному опыту личности.

По мысли А.К. Осницкого, субъектный опыт детерминирует субъектность как «продуктивную самостоятельность» личности. Субъектного опыт личности включает в себя пять взаимодополняющих образований: ценностный опыт как формирование интересов, нравственных норм и предпочтений, идеалов, убеждений; опыт рефлексии как соотнесение своих возможностей с требованиями деятельности, личностными трансформациями в связи с этой деятельностью; опыт привычной активизации как ориентация активности в связи с условиями труда, вовлеченностью в процесс деятельности и достижение результата; опыт инструментальных действий как совокупность общетрудовых и профессиональных компонентов саморегуляции деятельности; опыт сотрудничества как умение осуществлять коммуникацию, коллективное взаимодействие [5].

И.С. Якиманская, обосновывает связь субъектного опыта с индивидуальными аспектами развития личности, определяя в содержании субъектного опыта: предметы познания и деятельности, представления,

понятия; операции, приемы, правила выполнения умственных и практических действий; эмоционально-ценностные коды (личностные смыслы, ценности, установки, стереотипы) [6].

Субъектный опыт как совокупность интеллектуально-творческих, волевых и эмоционально-ценностных, личностно-смысловых отношений, выступая основанием продуктивности личности, определяет самодетерминированность деятельности, которая, с одной стороны, обусловлена требованиями, ожиданиями и возможностями социокультурной ситуации, а с другой - детерминируется личностными образованиями, такими как влечения, переживания, потребности, мотивы, цели, смыслы и ценности, социальные представления личности.

Разнонаправленность, неструктурированность и нецелостность образований социокультурного пространства, порожденная неопределенностью социокультурных контекстов, в свою очередь, открывает пути для появлений новых противоречий в различных сферах и на различных уровнях функционирования социума и личности. В связи с этим, К.А. Абульханова-Славская обосновывает представление о самодетерминации как внутреннем механизме социальной детерминации, которая может реализовываться только будучи активно преобразованной субъектом [7].

Понимание соотношений, взаимосвязей и взаимообусловленности постоянного и изменчивого в личности по-новому рассматривается современной наукой и практикой. С одной стороны в личности во все времена имеет высокую значимость внутренняя позиция, ее содержательное постоянство и обоснованность, а с другой – современная реальность все больше акцентирует значение динамического статуса личности, определяемого стремлением к развитию опыта в новых разнообразных ситуациях жизнедеятельности. В этих условиях самодетерминация опосредует процесс и результат превращения личности из объекта и средства в субъекта жизнедеятельности при реализации гармоничного сосуществования с внешним миром.

Таким образом, самодетерминация как интегративная характеристика личности актуализирует свободное, ответственное поведение и деятельность, что, соответственно, ведет к результатам, всесторонне охватывающим личностно-профессиональное развитие, раскрывающим психологический потенциал личности как субъекта жизнедеятельности.

Самодетерминация раскрывает продуктивно-творческий потенциал личности или, применительно к жизнеописывающим ситуациям жизнедеятельности личности, ее продуктивное начало как способность, возможность, потребность создания новой жизненной реальности, так или иначе противореча общепринятым ожидаемым способам и инструментам действия, определяющим активную, свободную и ответственную позицию в отношении действительности к действительности, исследование и преодоление ограничений реальности, способность видеть события

собственной жизни такими, какие они есть, осознание собственного опыта и подлинных возможностей.

Список литературы

1. Ryan R.M., Deci E.L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being // American Psychologist. 2000. Vol. 55. P. 68-78.
2. Deci E.L., Ryan R.M. The «what» and «why» of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior // Psychological Inquiry. 2000. Vol. 11. P. 227-268.
3. Личностный потенциал: структура и диагностика // Под ред. Д.А. Леонтьева. М.: Смысл, 2011. 675 с.
4. Леонтьев Д.А. Смыслообразование и его контексты: жизнь, структура, культура, опыт // Мир психологии. 2014. № 1 (77). С. 104-117.
5. Осницкий А.К. Психологические механизмы самостоятельности. М.; Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2010. 323 с.
6. Якиманская И.С. Личностно-ориентированное обучение в современной школе. М.: Сентябрь, 2002. 123 с.
7. Абульханова-Славская К.А. Деятельность и психология личности. М.: Просвещение, 1989. 135 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Приветственное слово		6
Секция 1 «ЗАГОТОВИТЕЛЬНО-ШТАМПОВОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО В МАШИНОСТРОЕНИИ»		
1	ПОЛУЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОПЕРАЦИЕЙ ГИБКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА Волгушев А. А., Нестеренко Е. С. OBTAINING DETAILS OF THE BEND OPERATION WITH THE USE ELASTIC ELEMENT Volgushev A. A., Nesterenko E. S.	8
2	ШТАМПОВКА ПОЛУСФЕРЫ ИЗ СПЛАВА АМЦ В ШТАМПЕ С УПРУГИМИ МАТРИЦЕЙ И ПРИЖИМОМ Дикуща А. А., Нестеренко Е. С. STAMPING HEMISPHERE FROM ALLOY AMTS IN THE STAMP WITH AN ELASTIC CLAMP AND MATRIX Dikusha A. A., Nesterenko E. S.	14
3	ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЯЧЕЙСТЫХ СКЛАДЧАТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНОЙ БУМАГИ С НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫМ ПОКРЫТИЕМ Закиров И. М., Семешко М. А., Каримова Г. Г. FORMING A MESH OF FOLDED FILLER FROM THE POLYMER PAPER NOMEX NANOMODIFICATION COATING Zakirov I. M., Semeshko M. A., Karimova G. G.	20
4	ИДЕНТИФИКАЦИЯ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЗАДАЧ ЯВНОЙ ДИНАМИКИ Илюшкин М. В. IDENTIFICATION OF ELASTIC-PLASTIC MATERIAL MODELS FOR TASKS EXPLICIT DYNAMICS Ilyushkin M. V.	26
5	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОНТУРНОЙ ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ МЕТАЛЛОПРОКАТА Кокорин В. Н., Подмарев Д. Р.	41

	DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR CONTURAL LASER CUTTING WITH THE APPLICATION OF MECHANICAL ACTIVATION OF METAL ROLLING Kokorin V. N., Podmarev D. R.	
6	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОЙ ВЫТЯЖКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ БИМЕТАЛЛА Летунов А. В., Кузин А. О., Нестеренко Е. С. INVESTIGATION OF THE PROCESS OF DEEP DRAWING OF PARTS FROM BIMETAL Letunov A. V., Kuzin A. O., Nesterenko E. S.	47
7	ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ИСХОДНОЙ ЗАГОТОВКИ НА МАКСИМАЛЬНОЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ОПЕРАЦИЙ РАЗДАЧИ, ОБЖИМА, ВЫТЯЖКИ И ОТБОРТОВКИ Луканова Е. О., Евсюков С. А. THE INFLUENCE OF THE INITIAL BLANK THICKNESS ON THE MAXIMUM FORMING BY THE COMBINATION OF SUCH OPERATIONS AS EXPANSION, CRIMPING, DRAWING AND FLANGING Lukanova E. O., Evsyukov S. A.	55
8	ПРОДОЛЬНАЯ ГИБКА ЗАГОТОВОК ШПАНГОУТОВ ПАНЕЛЕЙ ФЮЗЕЛЯЖА ИЗ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ Марковцев В. А., Попов А. Г., Артемьев Д. А. LONGITUDINAL BENDING OF WORKPIECES OF THE FRAMES OF FUSELAGE PANELS FROM SHEET MATERIALS Markovtsev V. A., Popov A. G., Artemiev D. A.	61
9	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ШПАНГОУТОВ ДЛЯ ПАНЕЛЕЙ ФЮЗЕЛЯЖА САМОЛЕТОВ Марковцев В. А., Хайрулин М. И., Марковцева В.В. COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGIES OF MANUFACTURING FRAMES FOR THE PANELS OF THE AIRCRAFT FUSELAGE Markovtsev V. A., Khairulin M. I., Markovtseva V.V.	66
10	ФОРМОВАНИЕ ЛИСТОВЫХ СТАЛЕЙ С ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТРУКТУРОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА Мельников А. А., Дмитриева М. О. FORMING SHEET STEELS WITH A FERRITIC-MARTENSITIC STRUCTURE USING A LOCAL LASER HEATING Melnikov A. A., Dmitrieva M. O.	74

11	УЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОБТЯЖКОЙ ОБОЛОЧЕК СЛОЖНЫХ ФОРМ Михеев В. А., Агафонова Д. В. THE VIEW OF TECHNOLOGICAL HEREDITY IN THE STUDY OF PROCESSES OF FORMING A CLOSE-FITTING SHELLS OF COMPLEX SHAPES Mikheev V. A., Agafonova D. V.	77
12	ПОПЕРЕЧНОЕ ГОФРИРОВАНИЕ СТАЛЬНОГО ЛИСТА ВО ВРАЩАЮЩИХСЯ РОТОРАХ С ВЫСТУПАМИ Попов А. Г., Марковцев В. А., Храмов М. А. TRANSVERSE CORRUGATION STEEL SHEET IN ROTATING ROTORS WITH OVERHANGS Popov A. G., Markovtsev V. A., Khramov M. A.	82
13	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА П-ОБРАЗНОЙ ГИБКИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ БИМЕТАЛЛА Рихтер П. Е., Нестеренко Е. С., Кузин А. О. EXPLORING OF THE PROCESS OF P-SHAPED FLEXIBILITY OF PARTS FROM BIMETAL Rikhter P. E., Nesterenko E. S., Kuzin A. O.	86
14	О ФОРМОВКЕ В ВАЛКАХ ПРОФИЛЯ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО МАТЕРИАЛА Филимонов А. В., Филимонов В. И. ON ROLL-FORMING OF HIGH-STRENGTH MATERIAL Filimonov A. V., Filimonov V. I.	93
Секция 2 «ИНЖЕНЕРНЫЙ АНАЛИЗ И АВТОМАТИЗАЦИЯ»		
15	МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ LS-DYNA РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА ПРИМЕРЕ РУБКИ ГНУТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ Баранов А. С., Илюшкин М. В. THE SIMULATION LS-DYNA SEPARATION OF OPERATIONS ON THE EXAMPLE OF CUTTING ROLL-FORMED METAL PROFILES Baranov A. S., Ilyushkin M. V.	101
16	ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗА Кадырова Г. Р.	108

	PROGRAM SYSTEM FOR OBTAINING OPTIMAL REGRESSION MODELS FORECAST Kadyrova G. R.	
17	АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ Таирова Е. А. THE DESIGN AUTOMATION OF DIGITAL IN-PROCESS MODELS' OF THE AIR-TECHNOLOGY FRAMEWORK IN CONDITIONS OF THE DIGITAL PRODUCT Tairova E. A.	112
Секция 3 «ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА»		
18	О СНИЖЕНИИ ЗАТРАТ В ПРОИЗВОДСТВЕ АНТЕННЫХ СИСТЕМ Гульшин В. А., Аюев П. В., Филимонов В. И., Филимонов А. В. ON THE COST CUT IN ANTENNA SYSTEMS MANUFACTURING Gulshin V. A., Auyev P. V., Filimonov V. I., Filimonov A. V.	127
19	РАЗРАБОТКА БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ В УФ КБ ПАО «ТУПОЛЕВ» Молозин А. В., Биктулов С. В. DEVELOPING ONBOARD CABLE NETWORK IN THE UB PJSC "TUPOLEV" Molozin A. V., Biktulov V. S.	133
20	СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТАЛЛОВ К ИК ИЗЛУЧЕНИЮ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛАМИ ПОКРЫТИЯ КАК ПОВЕРХНОСТНОГО КОМПОЗИТНОГО СЛОЯ Федоров А. А., Дмитриенко Г. В., Мухин Д. В., Ривин Г. Л., Салаев Р. А. A METHOD OF INCREASING ABSORPTION ABILITY OF METALS TO THE IR RADIATION BY CREATING A NANO COATING AS THE SURFACE COMPOSITE LAYER Fedorov A. A., Dmitrienko G. V., Mukhin D. V., Rivin G. L., Salayev R. A.	145

Секция 4 «ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ В АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ»		
21	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ Арпентьева М. Р., Горелова И. В. USE OF COMPETENCE APPROACH TO MANAGEMENT IN AEROSPACE INDUSTRY Arpentieva M. R., Gorelova I. V.	151
22	ПРЕДПРИЯТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. К 35-ЛЕТИЮ АО «УЛЬЯНОВСКИЙ НИАТ» Марковцева О. Ю. ENTERPRISE OF INNOVATIV TECHNOLOGIES. TO THE 35TH ANNIVERSARY "ULYANOVSK RESEARCH INSTITUTE OF AVIATION TECHNOLOGY AND PRODUCTION ORGANIZATION" Markovtseva O. Yu.	163
23	САМОДЕТЕРМИНАЦИЯ КАК СОЦИОКУЛЬТУРНЫЙ ФЕНОМЕН Почтарева Е. Ю. SELF-DETERMINATION AS A SOCIO-CULTURAL PHENOMENON Pochtareva E. Yu.	170

Благодарим за участие!



Научное электронное издание
Наука, теория, практика
авиационно-промышленного кластера современной России
IV Международная научно-производственная конференция,
приуроченная ко Дню Российской науки
и 35-летию АО «Ульяновский НИАТ»
(Россия, Ульяновск, 7-8 февраля 2019 г.)

Сборник научных трудов

Ответственная за выпуск: Марковцева В. В.

ЛР № 020640 от 22.10.97

Дата подписания к использованию 09.07.2019.
ЭИ № 1298. Объем данных 6,4 Мб. Заказ № 716.

Ульяновский государственный технический университет
432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.
ИПК «Венец» УлГТУ, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, д. 32.

Тел.: (8422) 778-113
E-mail: venec@ulstu.ru
venec.ulstu.ru