

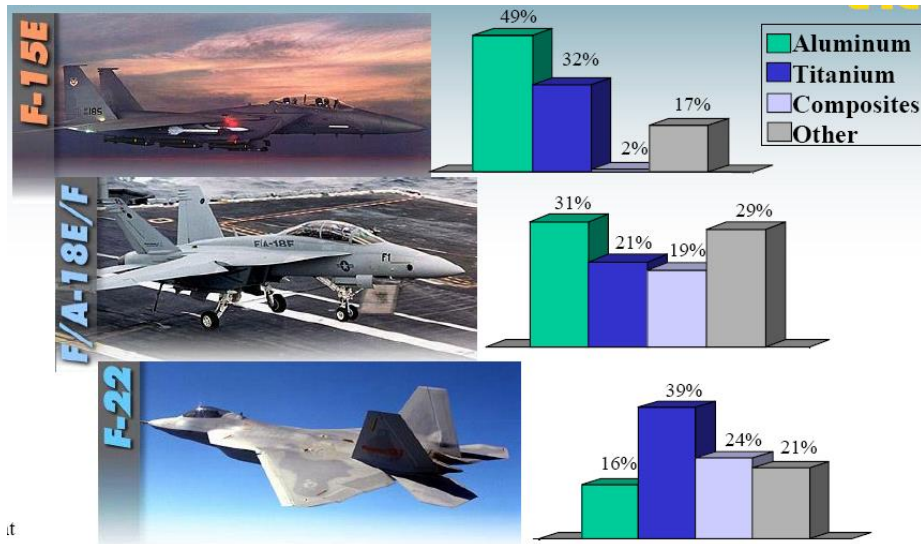
Иркутский государственный технический университет
Кафедра Самолётостроения и эксплуатации авиационной техники

Моделирование пневмотермической формовки многослойных конструкций

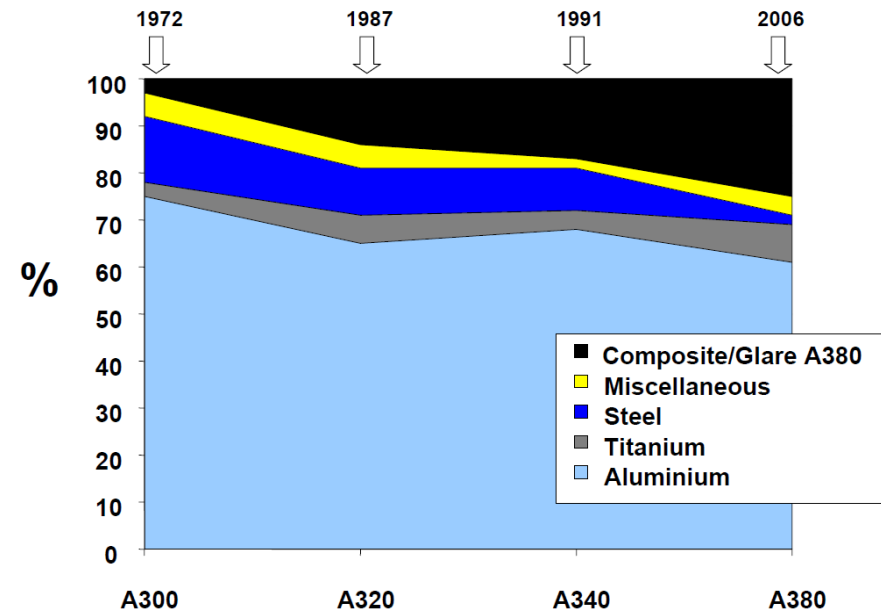
Научно-исследовательская лаборатория
«Проектирования и виртуального моделирования
изделий и технологических процессов»

Рост использования титановых сплавов в авиационной промышленности

Рост использования титановых сплавов в военной авиации



Рост использования титановых сплавов в гражданской авиации



Преимущества технологии ПТФ и ПТФ/ДС

Преимущества по сравнению с традиционными способами формовки:

- возможность изготовления сложных по конфигурации изделий;
- высокая точность формуемых изделий;
- отсутствие доводочных работ;
- относительная простота и маневренность процесса;
- резкое сокращение количества деталей за счёт увеличения монолитности конструкции;
- снижение веса конструкции;
- снижение стоимости изготовления конструкций.

Оборудование лаборатории для формовки в режиме сверхпластичности



Организована и оснащена научно-исследовательская лаборатория «Прогрессивные методы формообразования в заготовительно-штамповочном производстве»

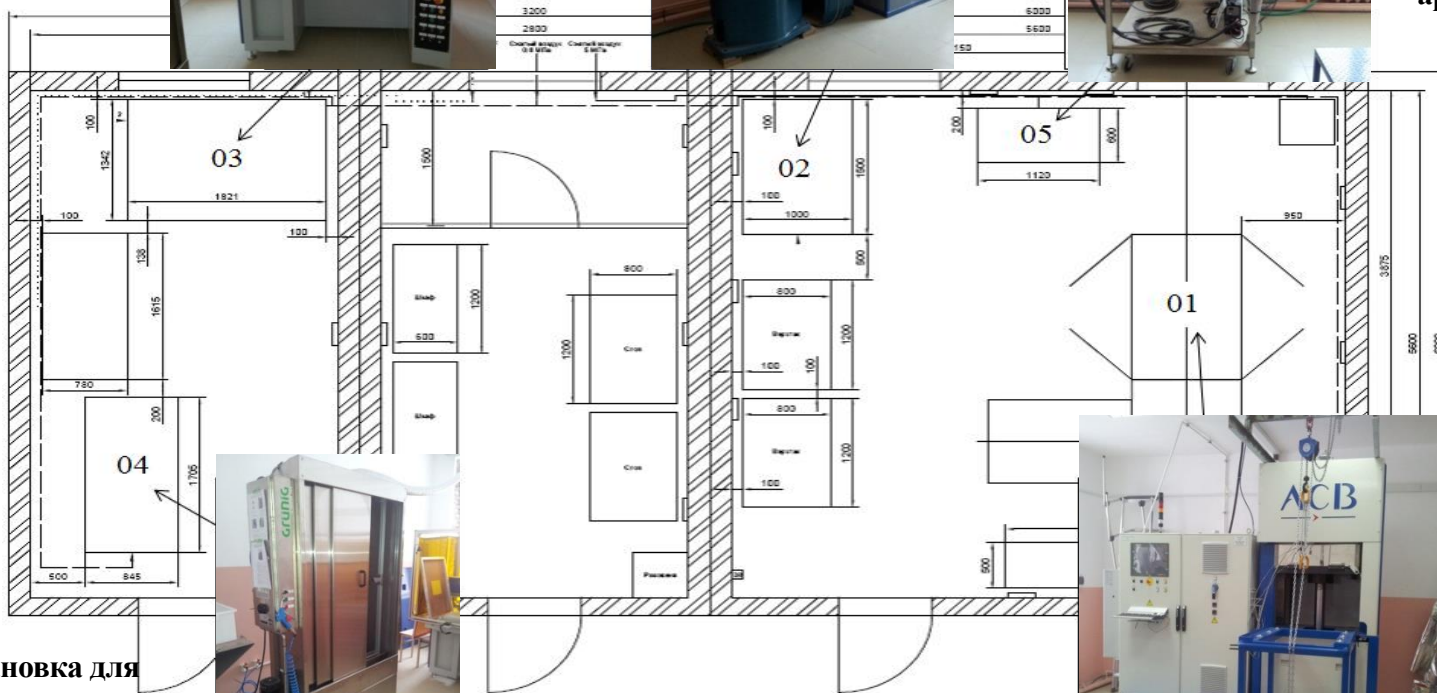
Установка для нанесения антисварочного покрытия



Пресс ИП-1250М-авто



Камера для сварки в среде аргона



Установка для удаления антисварочного покрытия



Пресс «FSP 60Т»



Моделирование процесса ПТФ

Процесс пневмотермической формовки (ПТФ) детали типа «Купол».
Габаритные размеры $\varnothing 100 \times 50$ мм.

Моделирование процесса (ПТФ) детали типа
«Купол» с распределением степени
деформации

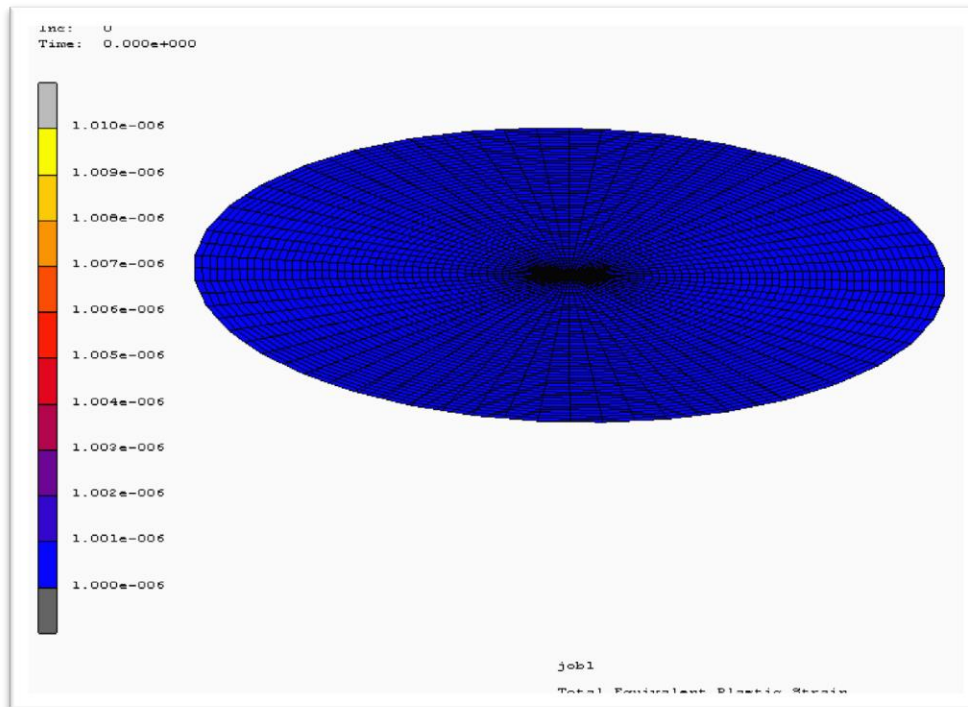
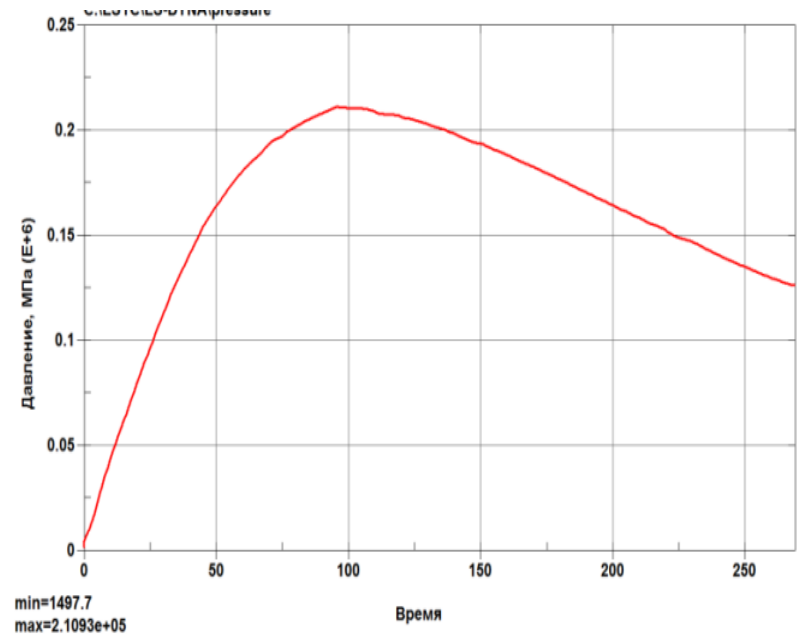


График изменения давления
формообразования по времени

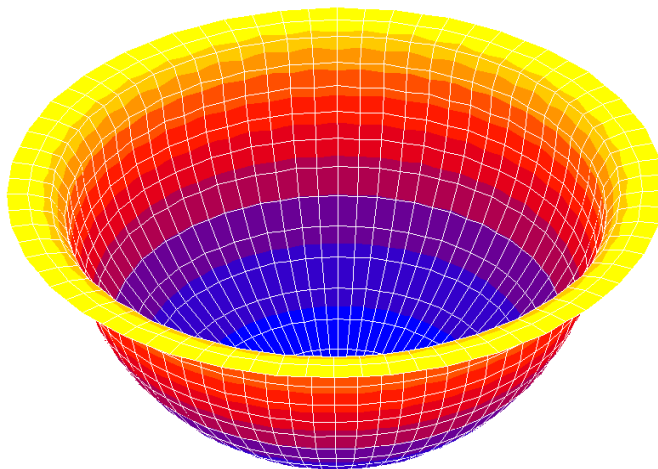
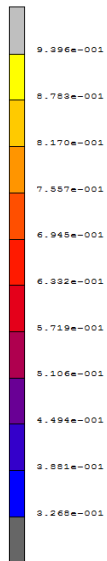


Моделирование процесса ПТФ

Процесс пневмотермической формовки (ПТФ) детали типа «Купол».
Габаритные размеры $\varnothing 100 \times 50$ мм.

Моделирование процесса (ПТФ)
детали типа купол с распределением
толщины

Inc: 224
Time: 7.000e+002



Reshet
Thickness of Element

Натурный эксперимент
Пневмотермической формовки купола



Моделирование процесса формообразования в режиме сверхпластичности

Модельная деталь

Габаритные размеры 150x150 , толщина стенки - 1 мм

Материал – титановый сплав BT20

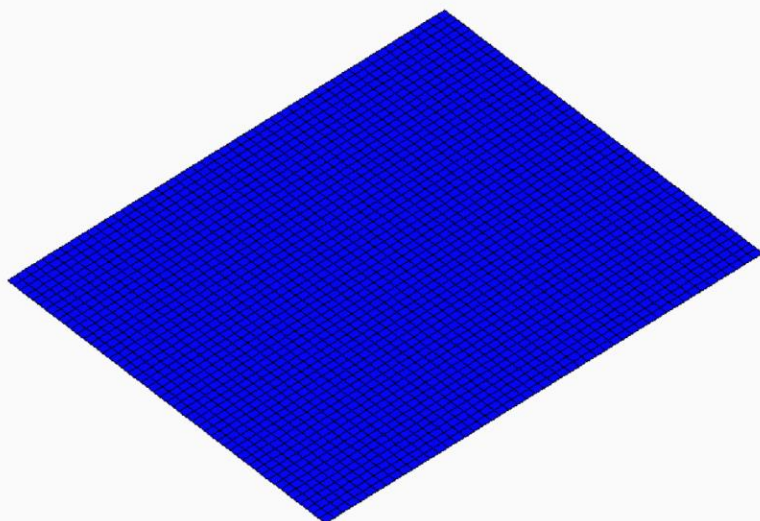
Результат моделирования в системе MSC Marc с распределением степени деформации

Результат изготовления детали на установке «FSP 60T»

Ino: 0
Time: 0.000e+000



1.010e-006
1.009e-006
1.008e-006
1.007e-006
1.006e-006
1.005e-006
1.004e-006
1.003e-006
1.002e-006
1.001e-006
1.000e-006



job1

Total Equivalent Plastic Strain



Технологический классификатор типовых деталей, получаемых ПТФ

Применение ПТФ в режиме сверхпластичности. От типовых деталей к рациональным конструктивным решениям.

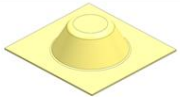



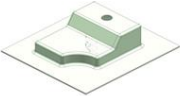



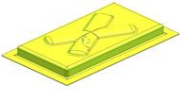


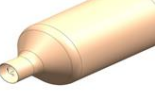
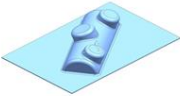


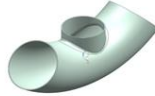

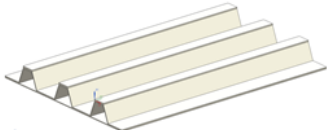

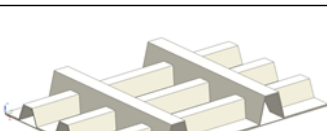
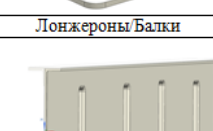

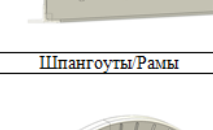
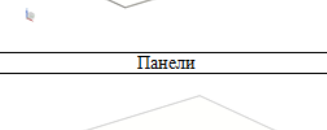


 Дно Ø200 Д16 л. 1,2	 Обтекатель 250×160 НС л. 0.8	 Жесткость 470×350 НС л. 0.8	 Обтекатель 820×900 ВТ20 л. 1.5
 Корпус 135×125 АМг6 л. 1.0	 Обтекатель 500×700 Д19 л. 0.8	 Крестовина 450×600 Д16 л. 0.5	 Оболочка 400×600 АМг6 л. 1.5
 Крышка 100×200 Д19 л. 1.0	 Гофр 300×600 СН3 л. 0.8	 Окантовка 400×600 Д19 л. 0.8	 Баллон 300×800 АМг6,65
 Крышка 150×300 АМг5 л. 1.5	 Стенка 200×800	 Обшивка 400×1150 ОТ4 л. 1.8	 Патрубок 230×320 НС 8 1.2

Рис 22. Типовые представители деталей под ПТФ

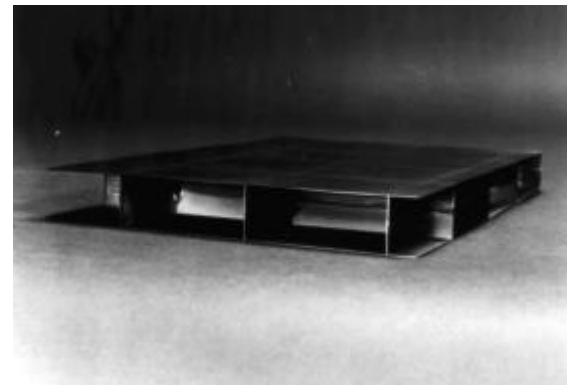
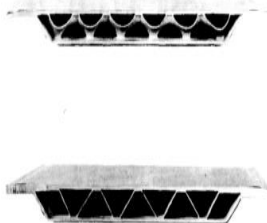
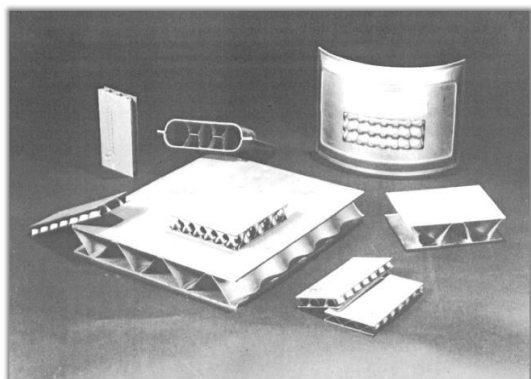
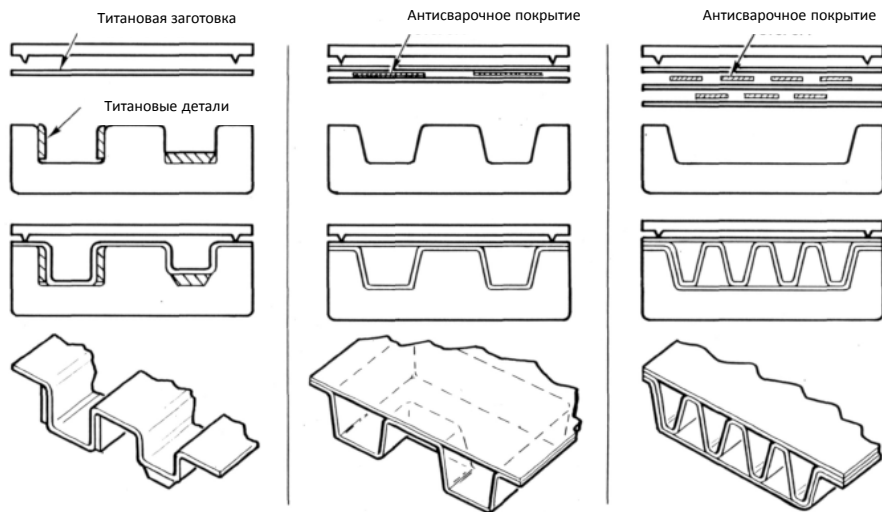


 Стрингеры	 Панели
 Компенсаторы Кронштейны	 Панели
 Лонжероны/Балки	 Панели
 Шпангоуты/Рамы	 Панели
 Шпангоуты/Рамы	 Панели

Пневмотермическая формовка многослойных панелей

Наиболее распространены три схемы совмещённого процесса пневмотермической формовки и диффузионной сварки:

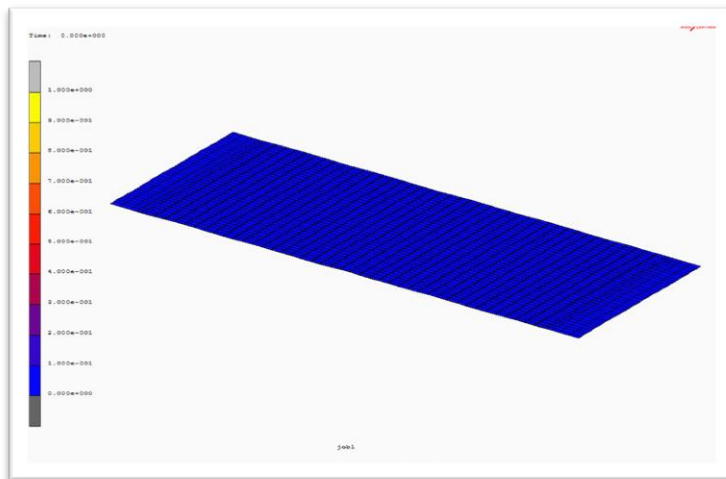
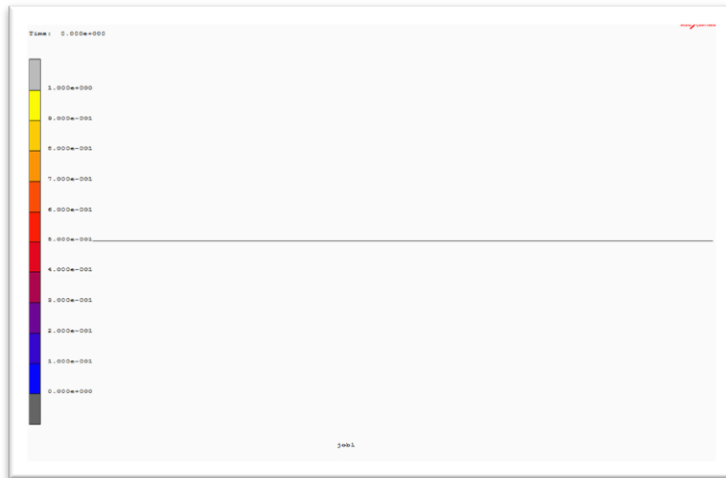
- Формовка листовой детали с последующей диффузионной сваркой подкрепляющего набора (фитингов, стрингеров);
- Формовка двухслойной детали с профилем по поверхности оснастки;
- Формовка многослойных панелей с подкрепляющим набором, зависящим от рисунка нанесения антисварочного покрытия.



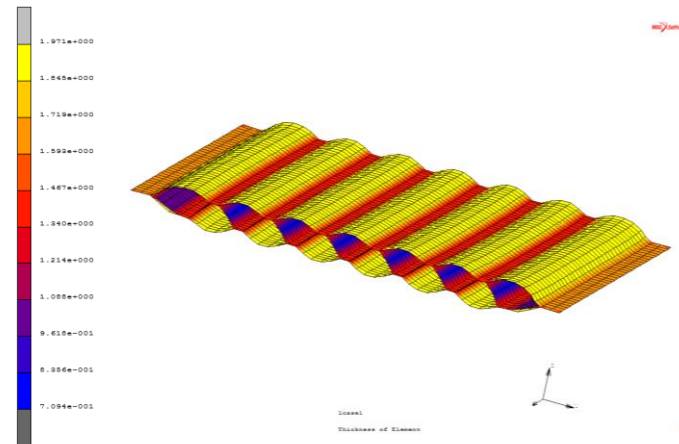
Сэндвичевые конструкции, изготовленные методом ПТФ/ДС

Моделирование свободной пневмотермической формовки трёхслойных панелей в программном комплексе «MSC Marc»

Результат моделирования в системе MSC Marc

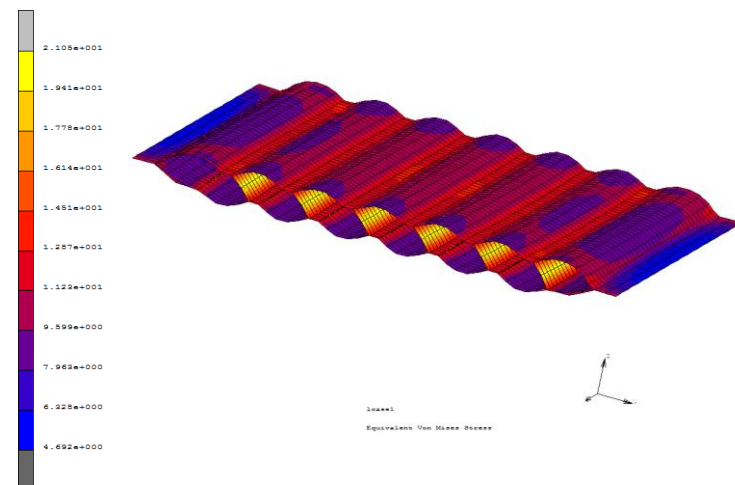


Распределение толщины



Inc: 22
Time: 0.000e+002

Распределение напряжений



Моделирование пневмотермической формовки трёхслойных панелей в программном комплексе «MSC Marc»

Моделирование процесса изготовления многослойной панели

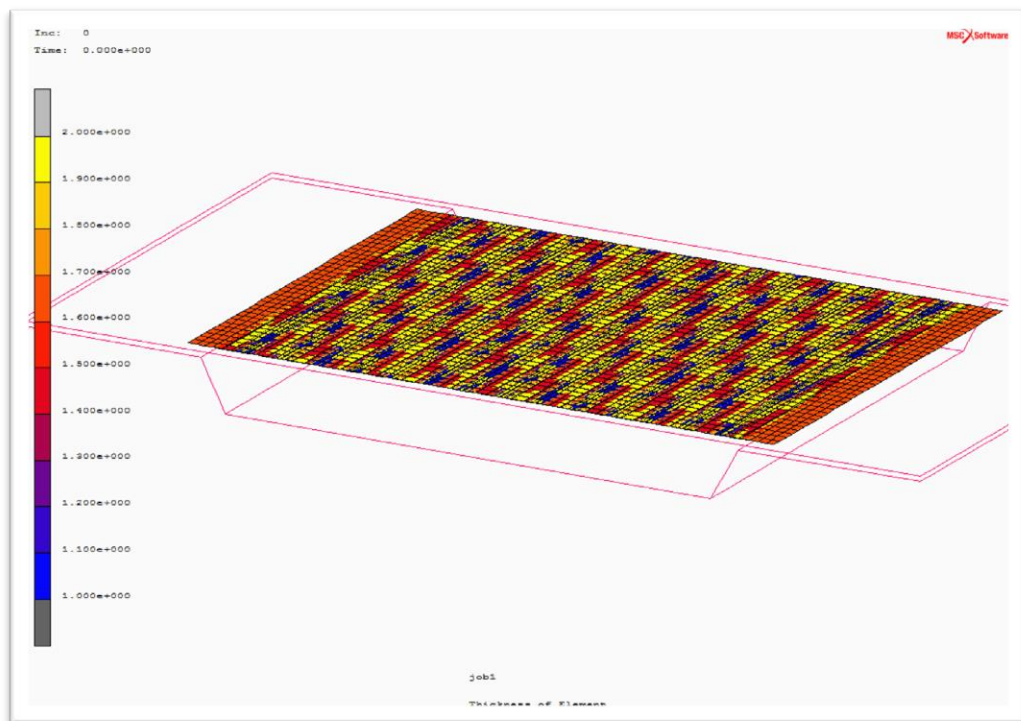
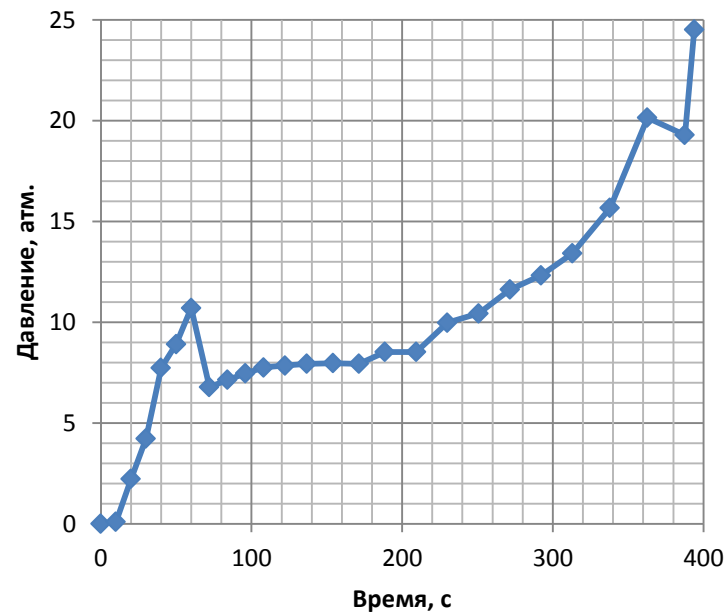
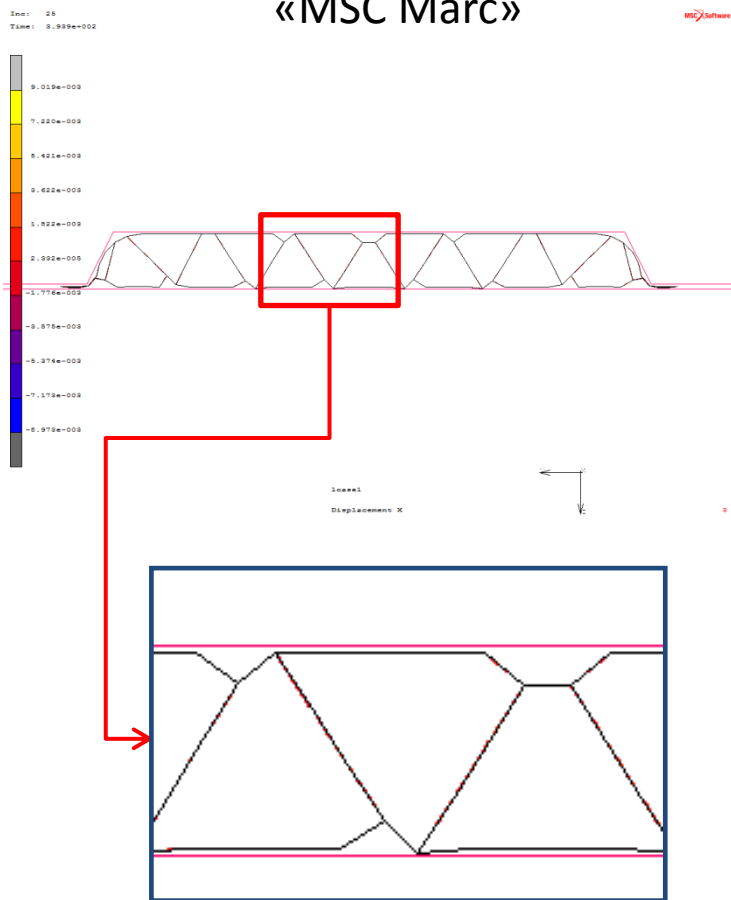


График давления



Анализ возникновения дефектов формы многослойной панели на основе программного комплекса «MSC Marc»

Моделирование в программе
«MSC Marc»



Моделирование утяжины

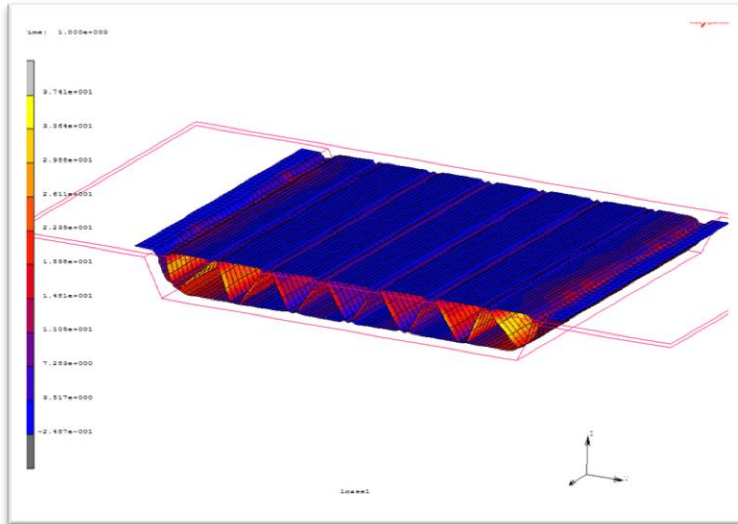
Трёхслойная панель



Возникновение утяжины в
конструкции панели

Оценка конструктивно-технологических характеристик панелей, изготовленных методом ПТФ/ДС

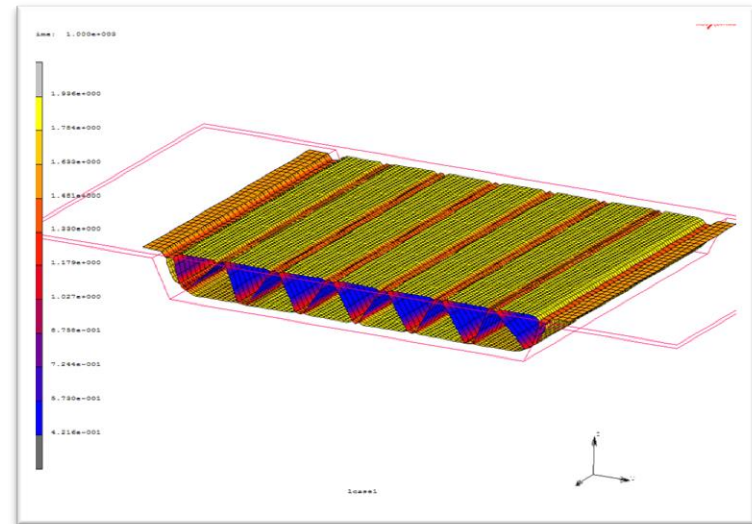
Распределение напряжений



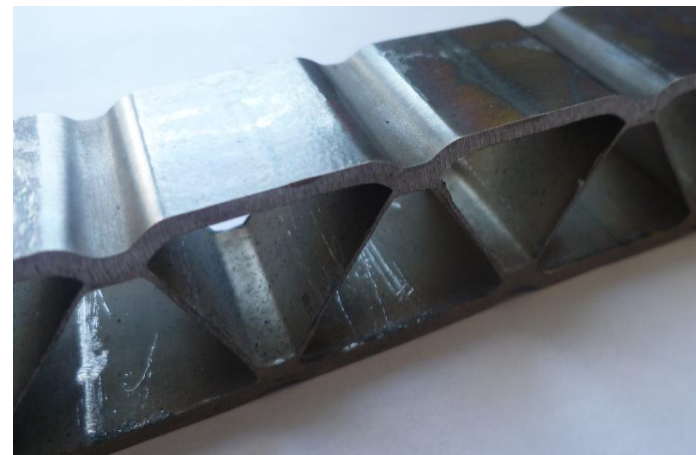
Оснастка для формовки панели



Распределение толщины

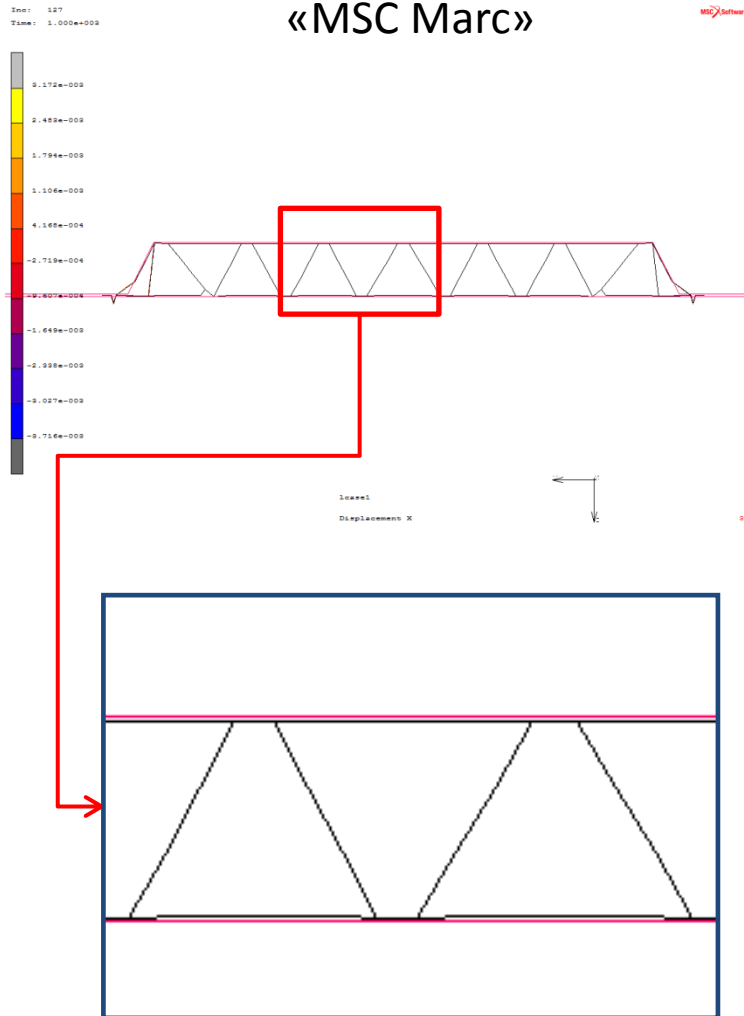


Фрагмент многослойной панели



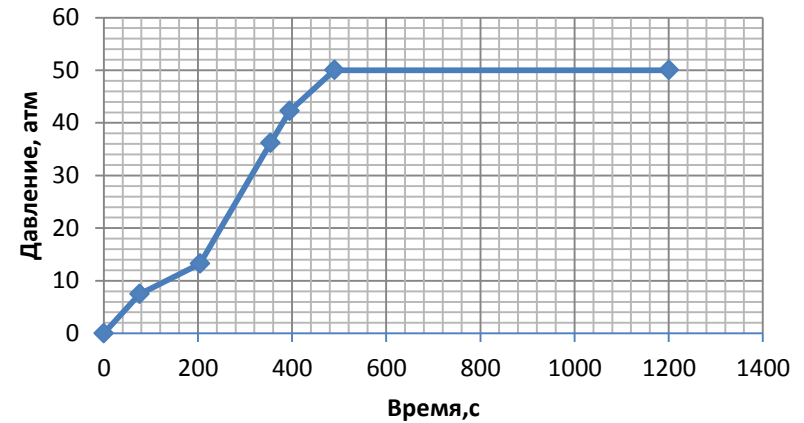
Моделирование устранения дефектов формы многослойной панели в программном комплексе «MSC Marc»

Моделирование в программе
«MSC Marc»

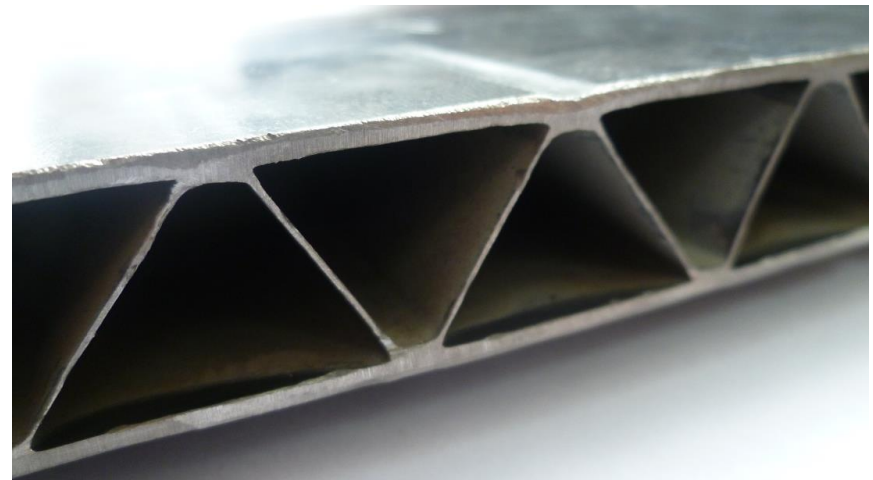


Моделирование устранения утяжины

Трёхслойная панель



Отсутствие утяжин в конструкции панели



Контакты



**Национальный исследовательский Иркутский государственный
технический университет**

Институт авиамашиностроения и транспорта

Кафедра Самолётостроения и эксплуатации авиационной техники

664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83

Осипов Сергей Александрович

Тел. 8 (3952) 40-55-40

Email: osipov_sa@istu.edu

Шмаков Андрей Константинович

Тел. 8 (3952) 40-58-73

Email: shmakov@istu.edu