



Национальный Исследовательский Иркутский Государственный Технический Университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПНЕВМОТЕРМИЧЕСКОЙ ФОРМОВКИ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

НИЛ ИрГТУ «Проектирования и виртуального моделирования изделий
и технологических процессов в авиастроении»

НИЛ ИрГТУ «Прогрессивных методов формообразования в
заготовительно-штамповочном производстве»

Руководитель
Докладчик

доцент, к.т.н. Шмаков А.К.
Аспирант, Колесников А.В.

Моделирование технологического процесса ПТФ в программном комплексе MSC «Marc»



Пресс сверхпластичного формования и диффузионной сварки «FSP 60T» с комплексом оснастки



Пресс французской фирмы «АСВ»

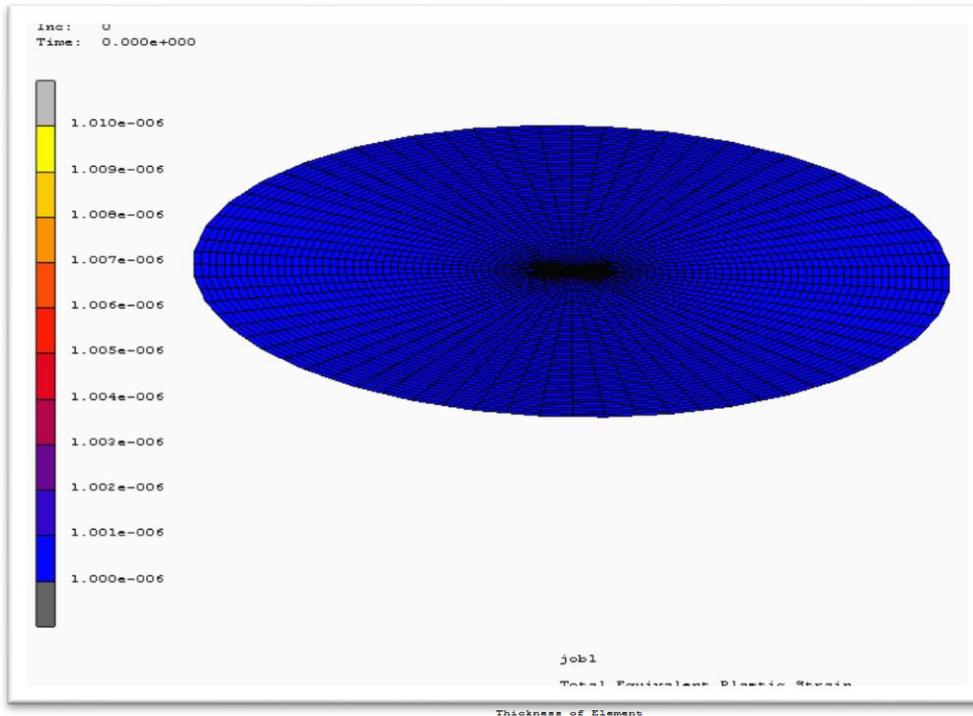
Задачи лаборатории



- Моделирование технологического процесса пневмотермической формовки (ПТФ) в режиме сверхпластичности;
- Определение параметров формообразования деталей методом пневмотермической формовки (давления и времени формовки);
- Определение условий качественного изготовления конструкций методом ПТФ;
- Расчёт на прочность конструкций, изготавливаемых методом пневмотермической формовки;
- Разработка рекомендаций по освоению процесса формовки конструкций из трудно-деформируемых сплавов.

Виртуальное моделирование процесса ПТФ

Процесс пневмотермической формовкой (ПТФ) детали типа купол.
Габаритные размеры $\varnothing 100 \times 50$ мм.



Моделирование процесса (ПТФ) детали типа купол

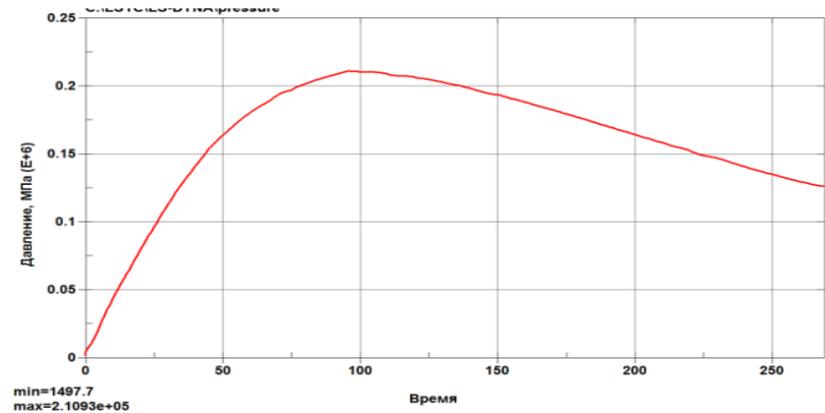


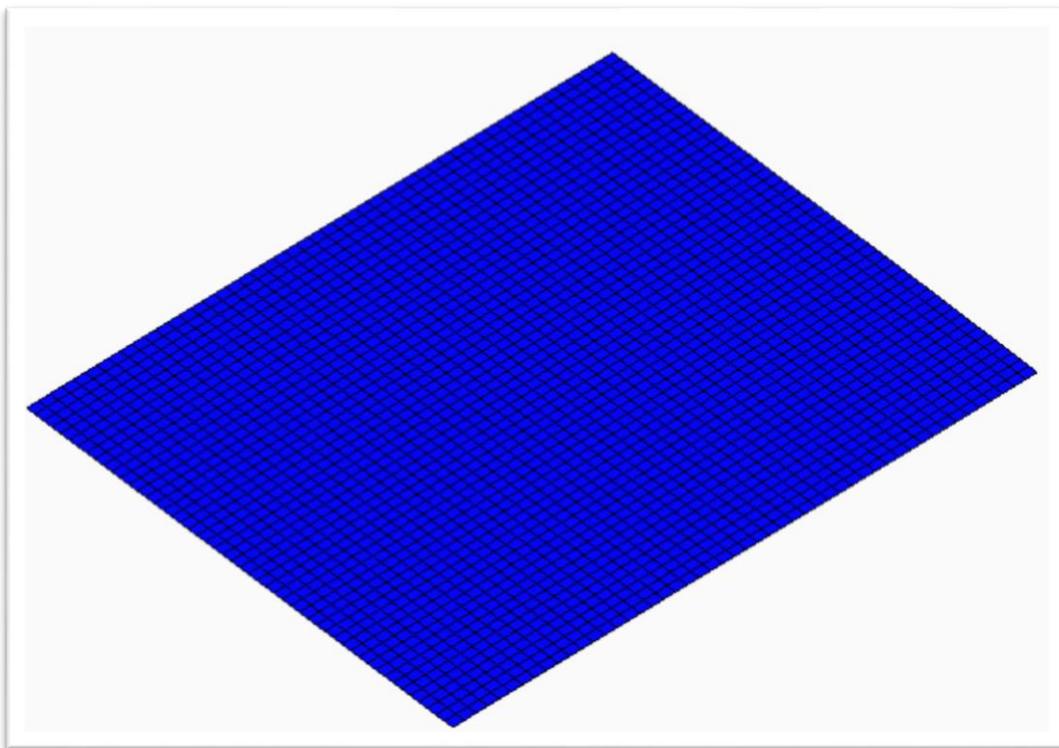
График изменения давления по времени



Натурный эксперимент

Модельная деталь «Ячеистая панель»

Габаритные размеры 150x150 мм, Толщина листа - 1 мм,
Материал – титановый сплав BT20



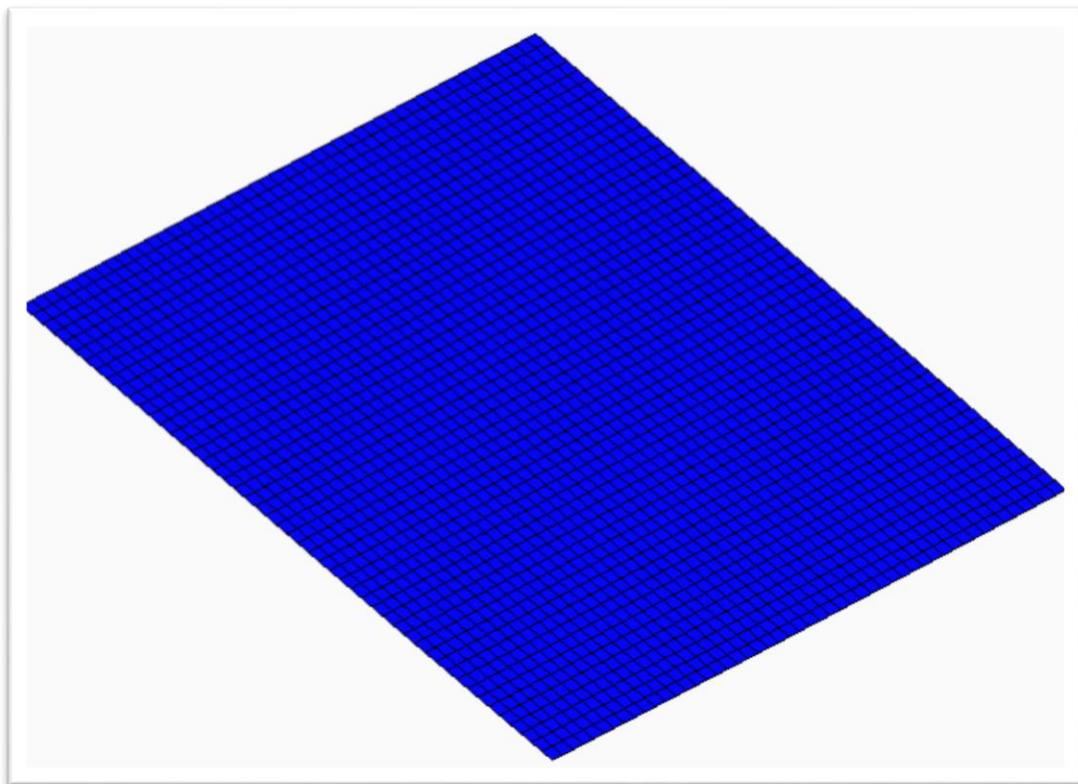
Моделирование процесса ПТФ



Изготовленная деталь

Модельная деталь «Кожух»

Габаритные размеры 150x150 мм, Толщина листа - 1 мм
Материал – АМг6, ВТ20



Моделирование процесса ПТФ

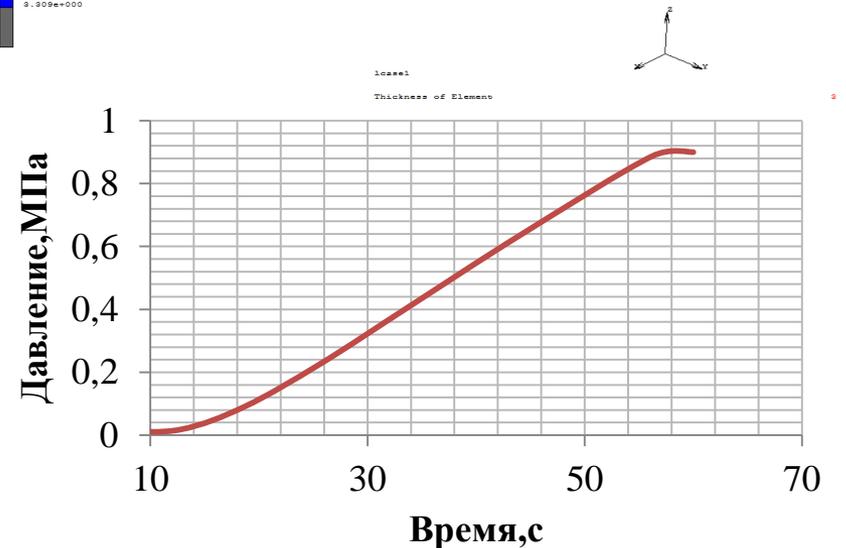
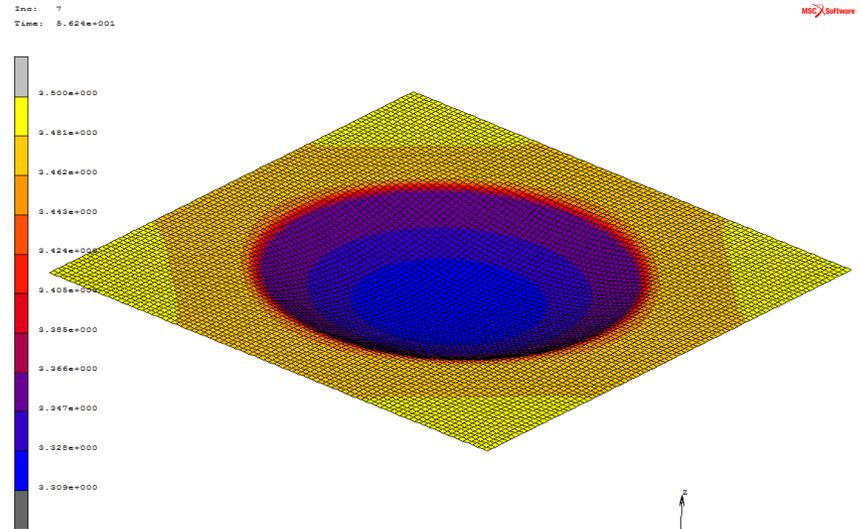
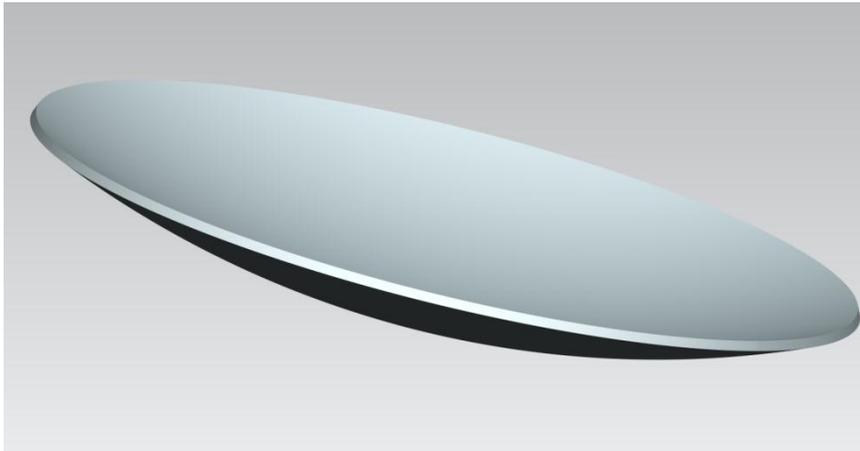


Изготовленная деталь

Моделирование формообразования детали «Антенна»



Деталь «Антенна»
Толщина - 3,5мм
Материал – титановый сплав BT20

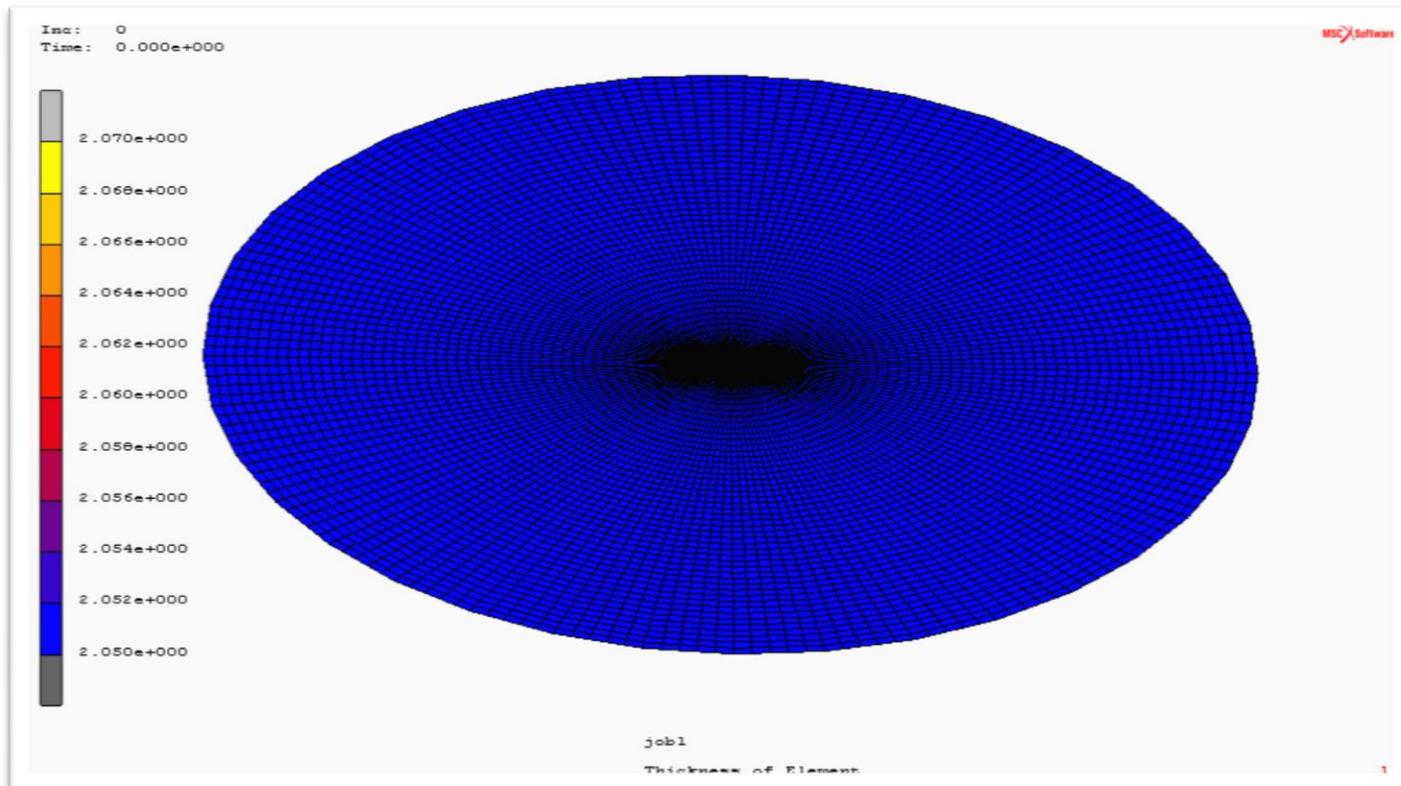


Моделирование формообразования детали «Крышка» для компании «АСВ»

Деталь «Крышка»

Диаметр 350 мм, глубина 52 мм, толщина стенки – 2.0 мм

Материал – ВТ-6



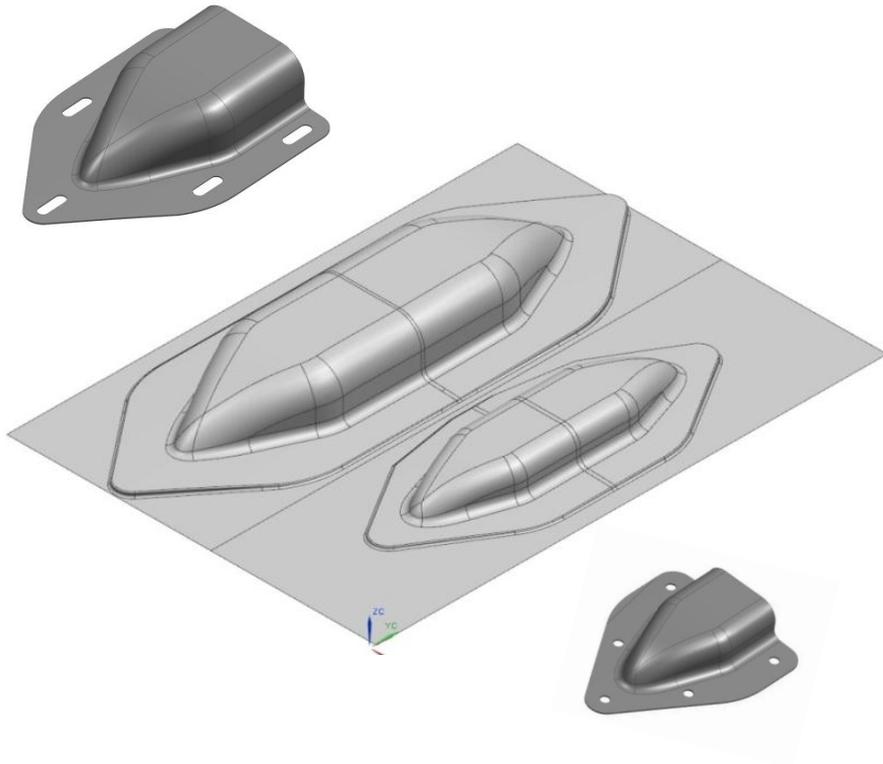
Совместное изготовление 4 деталей «Обтекатели»



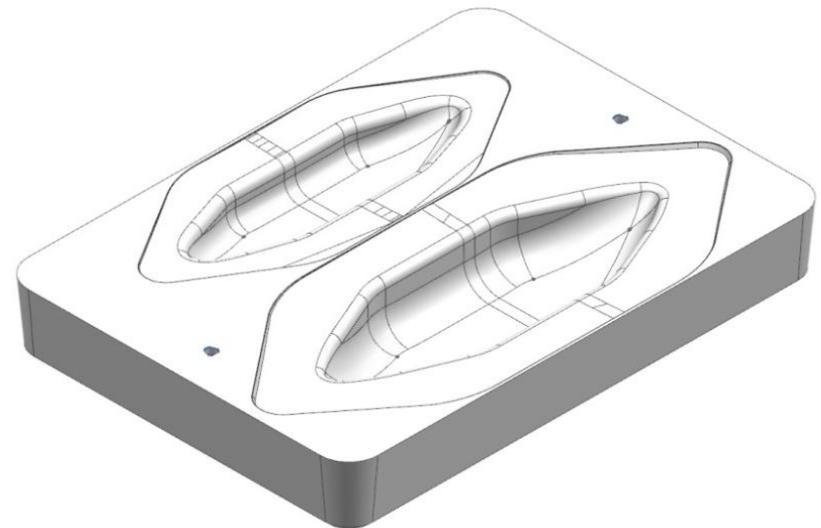
Материал – OT4-1

Габаритные размеры 260x190 мм, толщина листа – 0.5 мм

Электронные модели обтекателей



Оснастка для комплексного
изготовления деталей обтекатели



Моделирование пневмотермической формовки деталей «Обтекатели» в программном комплексе «MSC Marc»



Моделирование процесса ПТФ

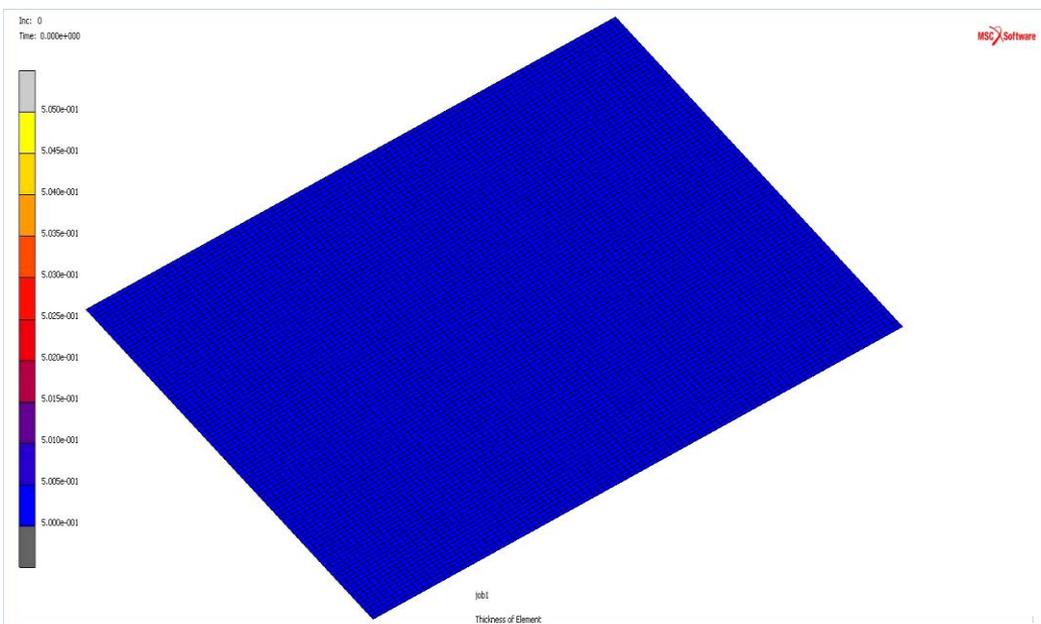
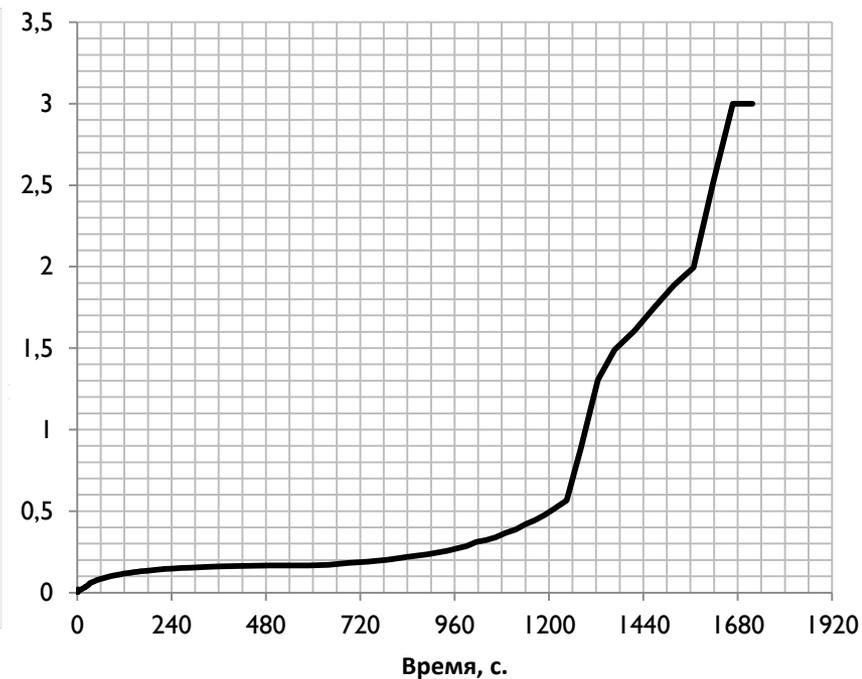


График изменения формирующего давления

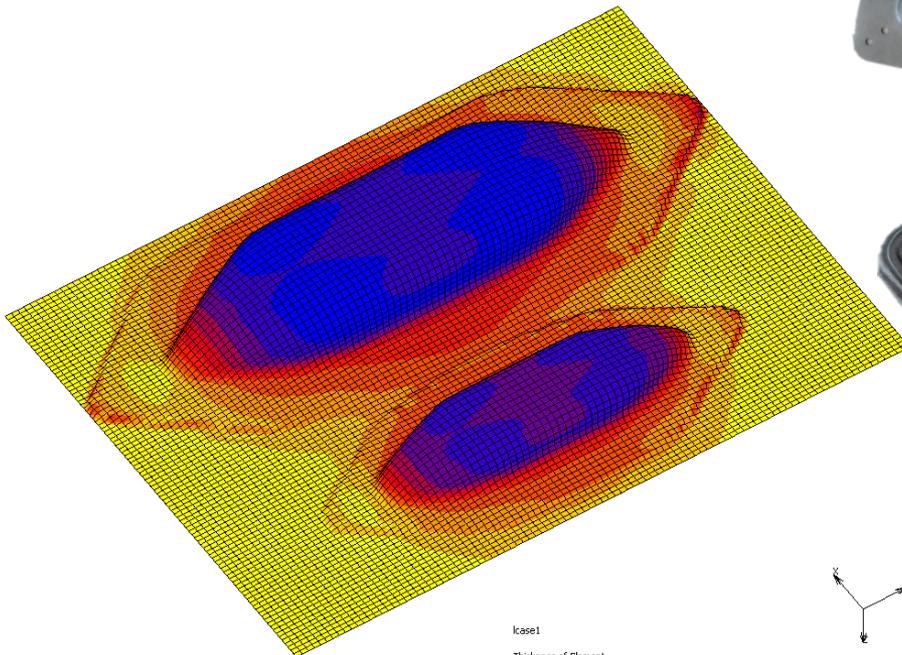
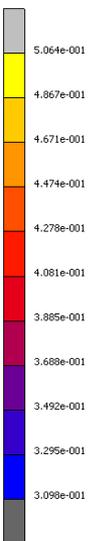


Совместное изготовление 4 деталей «Обтекатели» в прессе «FSP 60T»



Моделирование процесса ПТФ

Inc: 94
Time: 1.717e+003



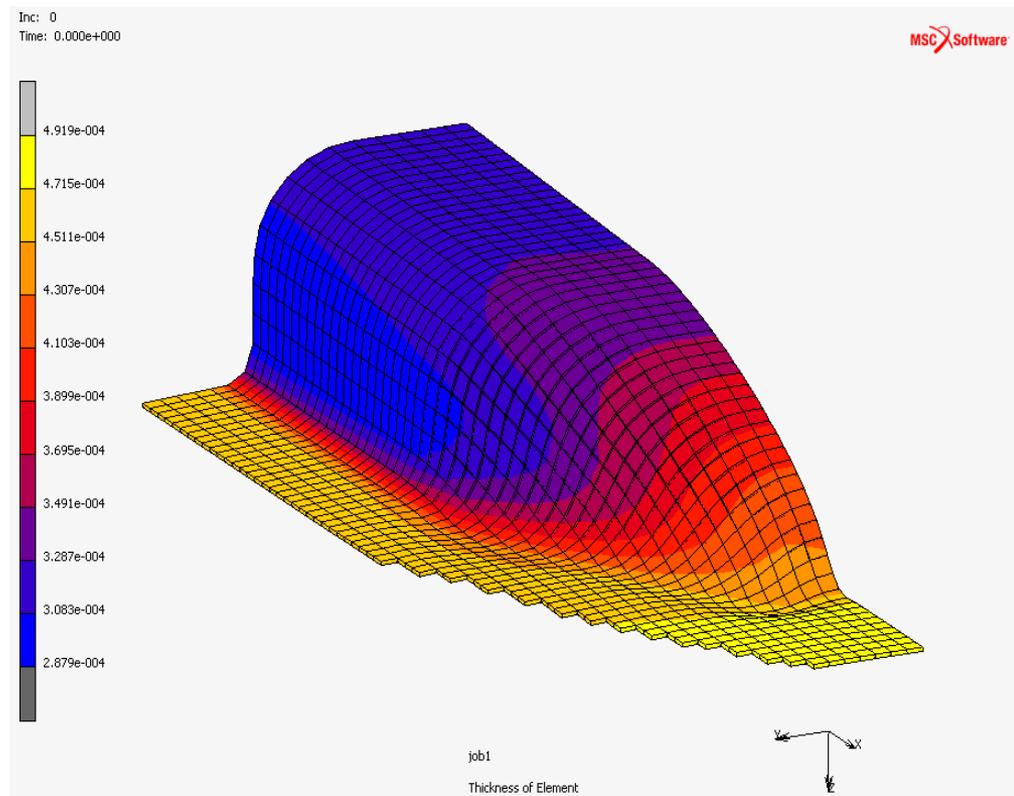
lcase1
Thickness of Element



Изготовленные детали



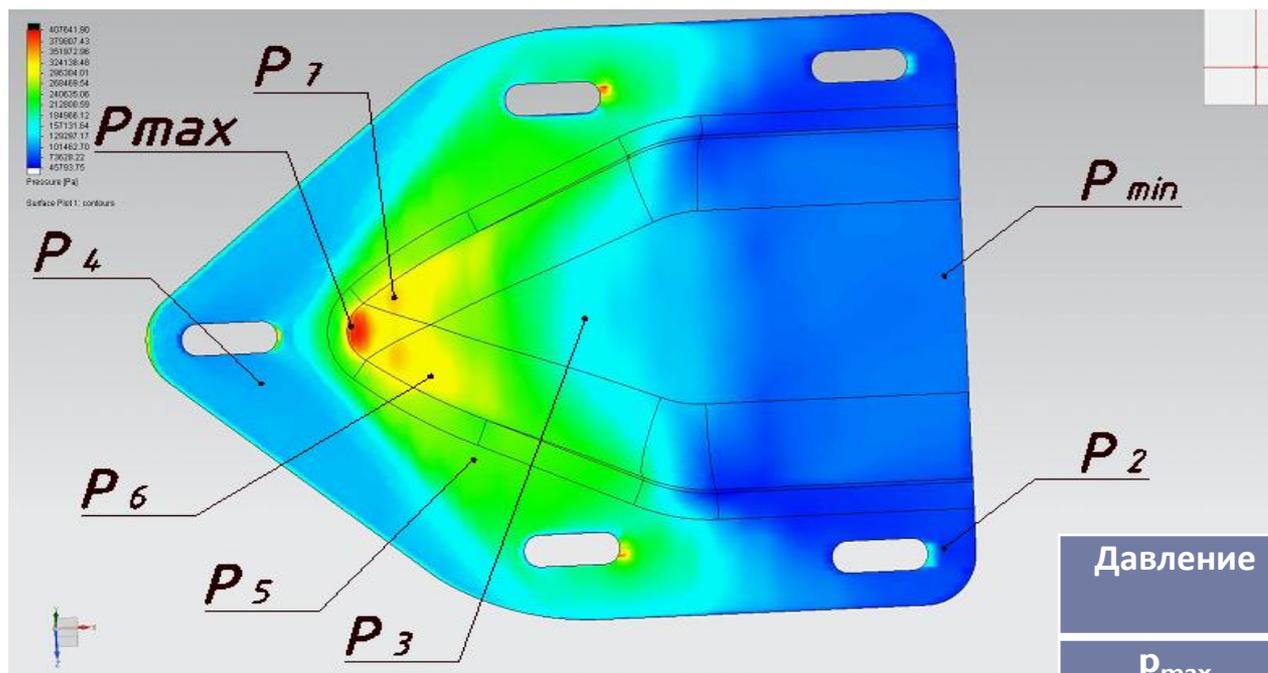
Распределение толщины после ПТФ детали «Обтекатель»



Распределение толщины в детали после процесса ПТФ, полученная в результате моделирования.

Минимальная толщина составляет $s_{\min} = 0,288$ мм.

Распределение полей давлений



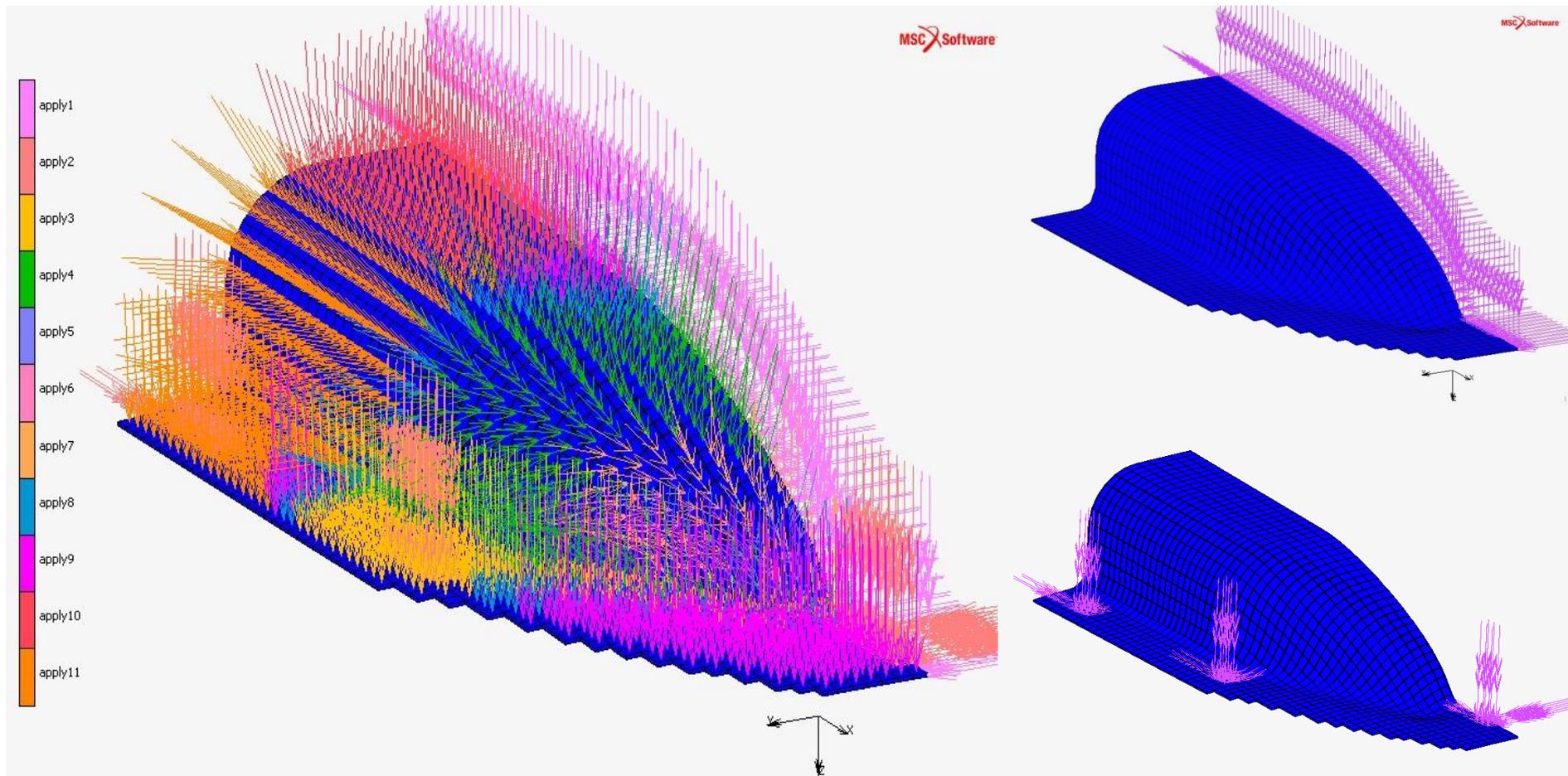
Зоны распределения
давления

Таблица
распределения
давления

Давление	Значение, Па.
P_{max}	407642
P_7	379808
P_6	324138
P_5	240635
P_4	157132
P_3	101463
P_2	73628.2
P_{min}	45793.8

Расчёт аэродинамических нагрузок в
программе «FlowVision»

Аэродинамические нагрузки на деталь «Обтекатель» в MSC Marc

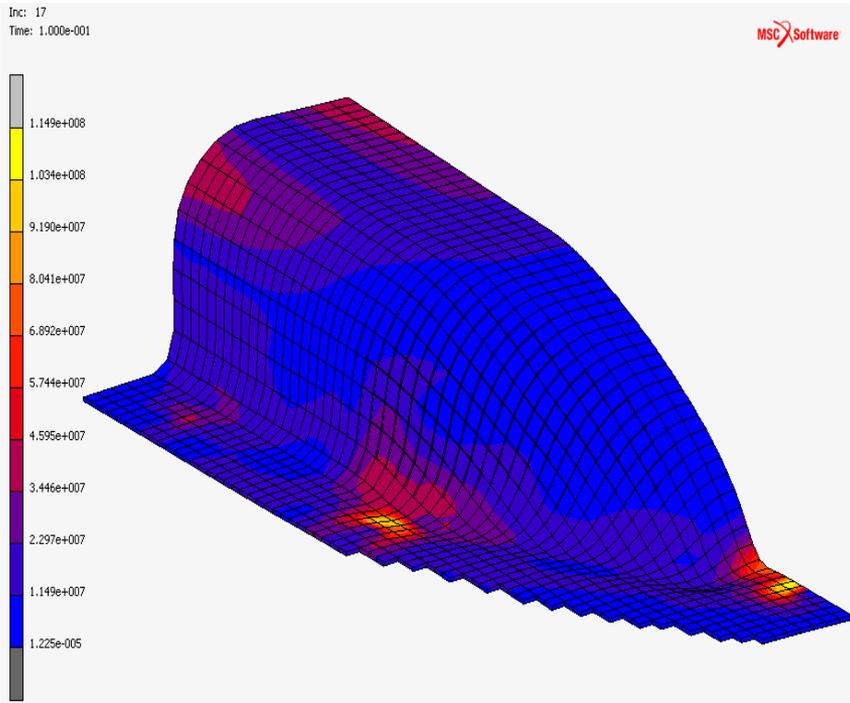


Задание распределения полей давления из «FlowVision» в программе MSC «Marc»

Напряженно-деформированное состояние в MSC «Marc»

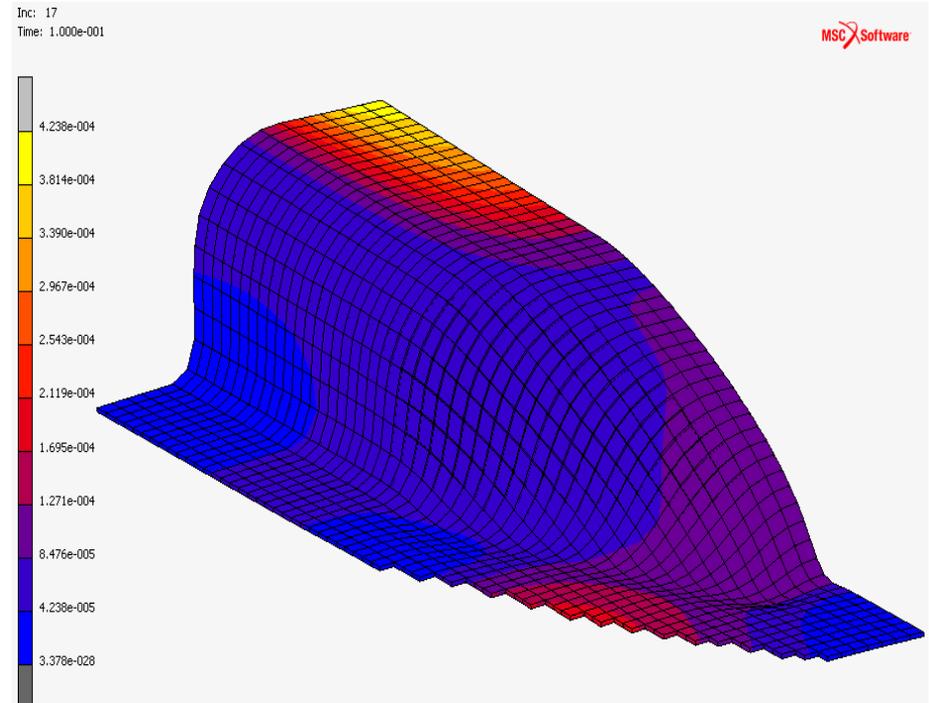


Результат распределения напряжений



Максимальные напряжения составили $\sigma_{\text{экв}} = 114,9$ МПа, Коэффициент запаса прочности не ниже 4.

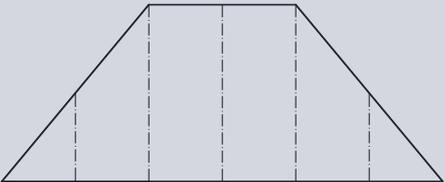
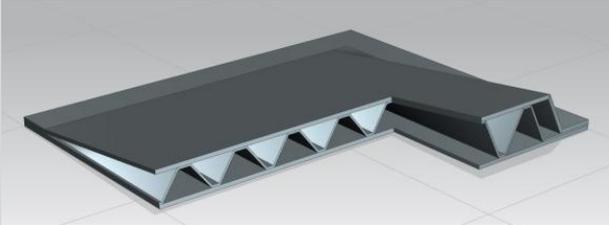
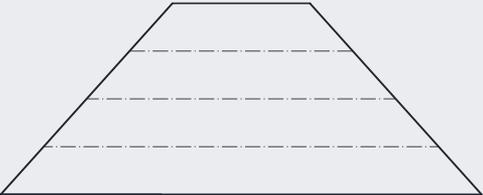
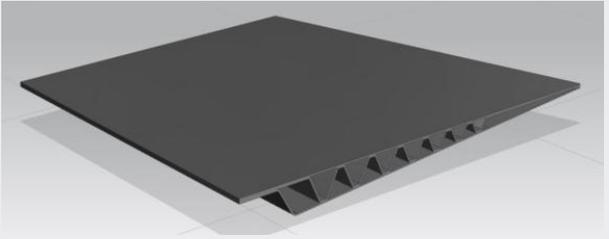
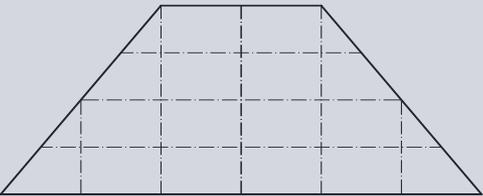
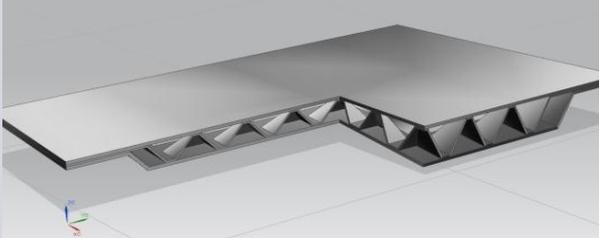
Распределение суммарных перемещений конструкции



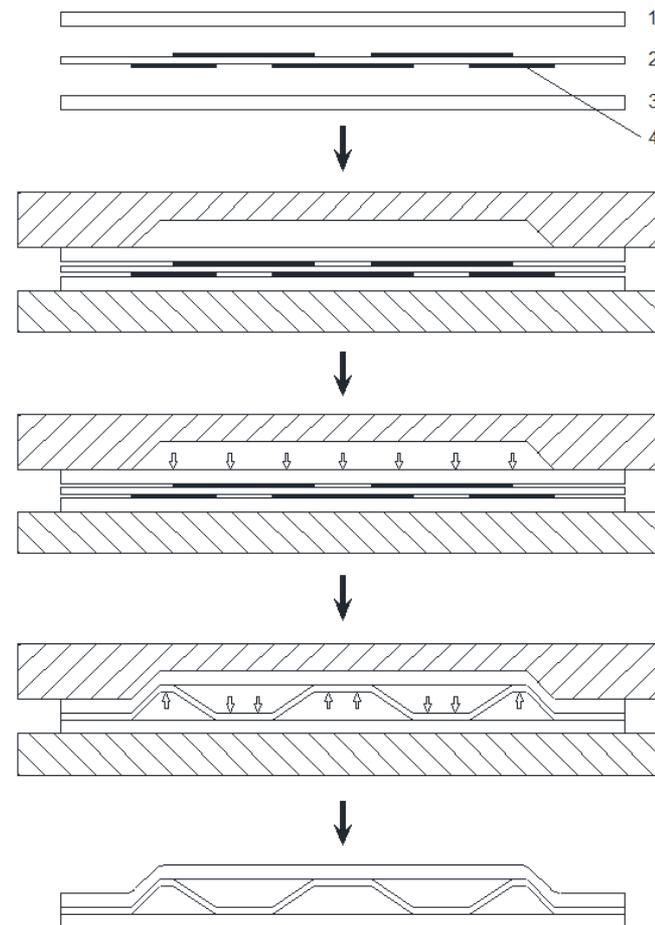
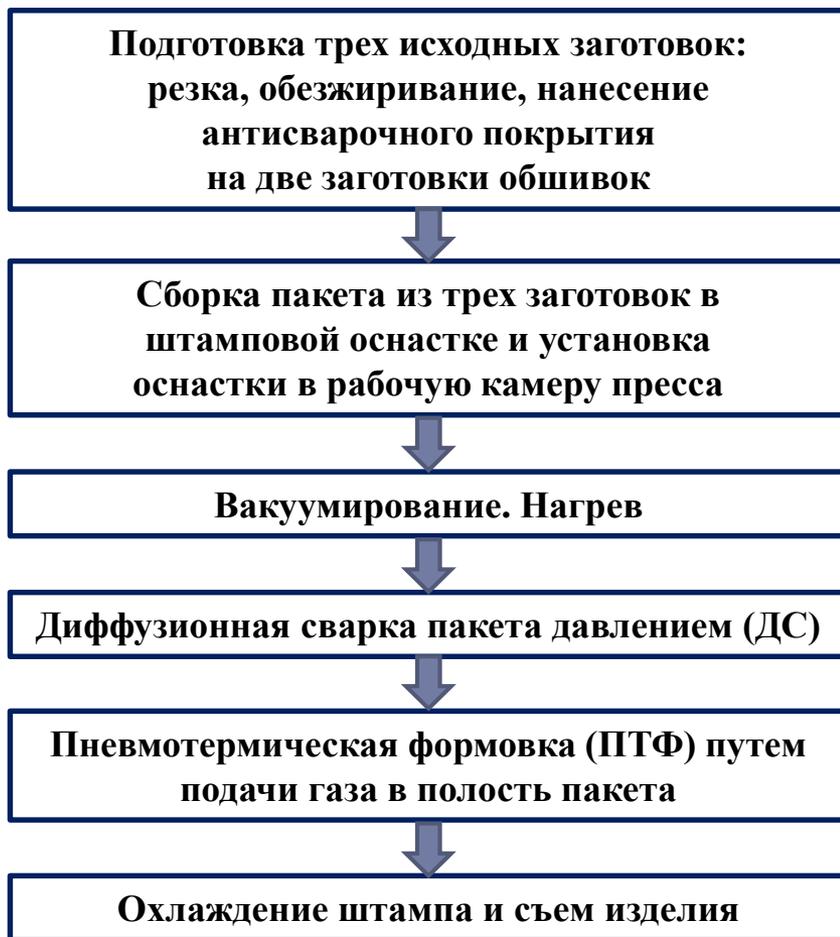
Максимальные перемещения под действием нагрузки составили $\sum \delta = 0,4238$ мм.

Клиновидные многослойные панели



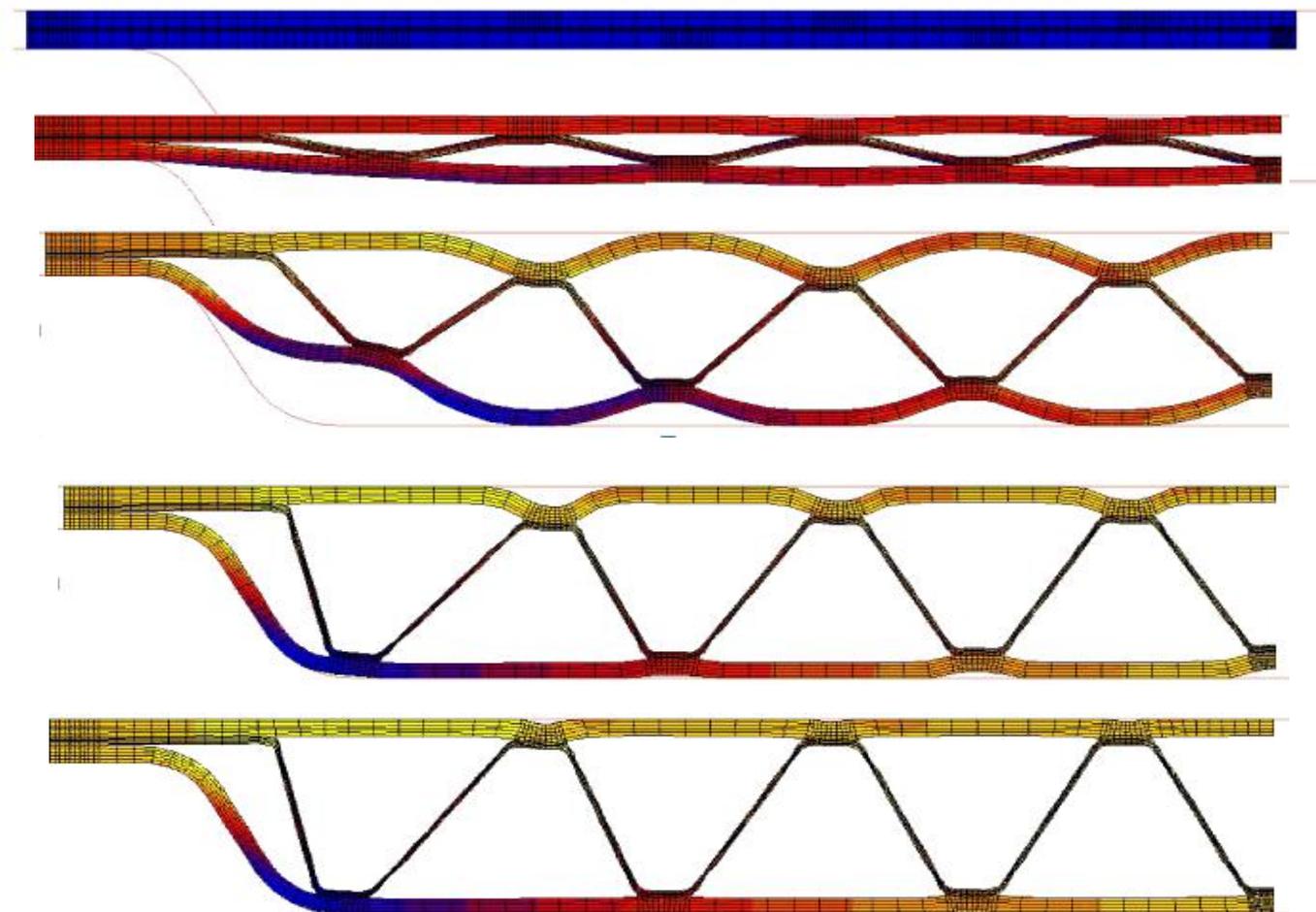
Гофровый набор	Клиновидные панели	Сечение клиновидной панели
С продольным гофровым набором		
С поперечным гофровым набором		
С комбинированным гофровым набором		

Технология изготовления трёхслойной конструкции



1, 3 - заготовки обшивок; 2 – заготовка заполнителя; 4 – антисварочное покрытие

Пневмотермическая формовка трёхслойных панелей в программном комплексе MSC «Марс»



Моделирование ПТФ трехслойных панелей

Анализ причин возникновения утяжин в процессе формовки многослойных панелей



Утяжины после процесса ПТФ/ДС

Параметры, влияющие на возникновение утяжин:

- Ширина гофра;
- Величина прогиба обшивки;
- Соотношение исходных толщин обшивки и заполнителя.

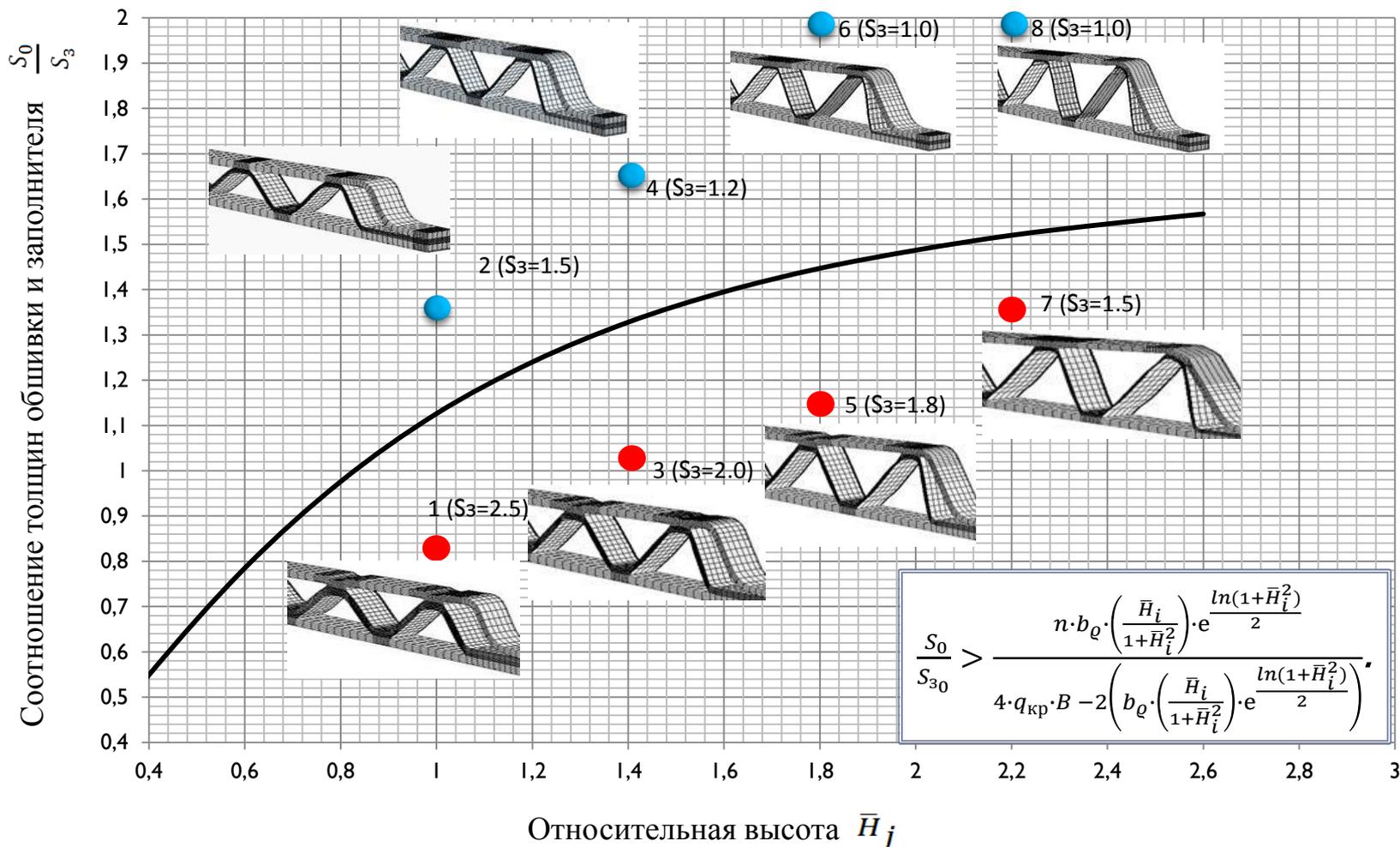
Процесс формообразования панели	Этапы
	Начало формовки
	Свободная формовка заполнителя
	Прогиб обшивки критической высоты
	Оформление нижней обшивки
	Окончание формовки, образование утяжин

Формирование прогиба критического значения в MSC «Marc»

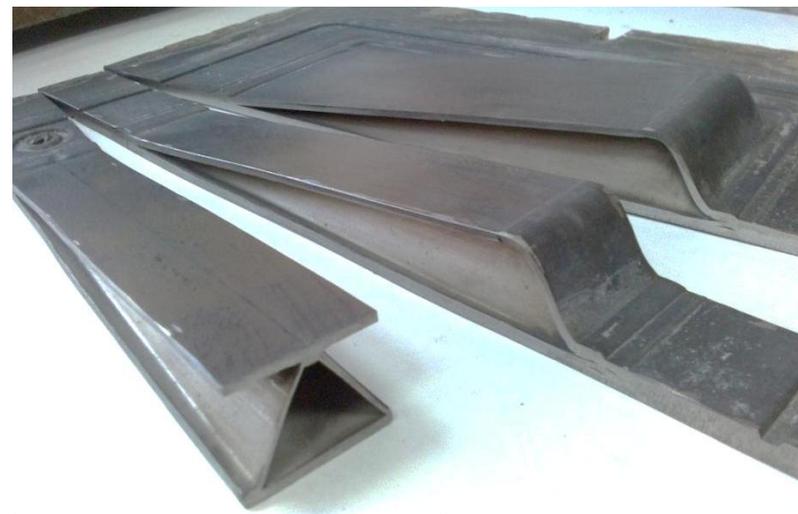
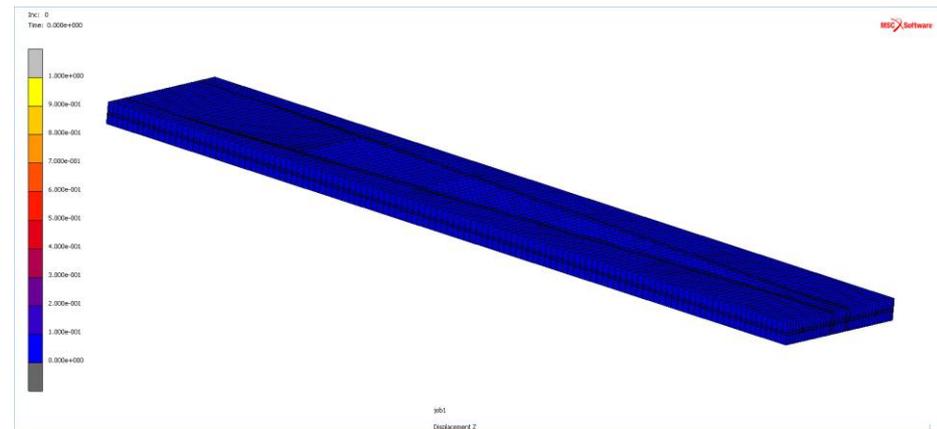
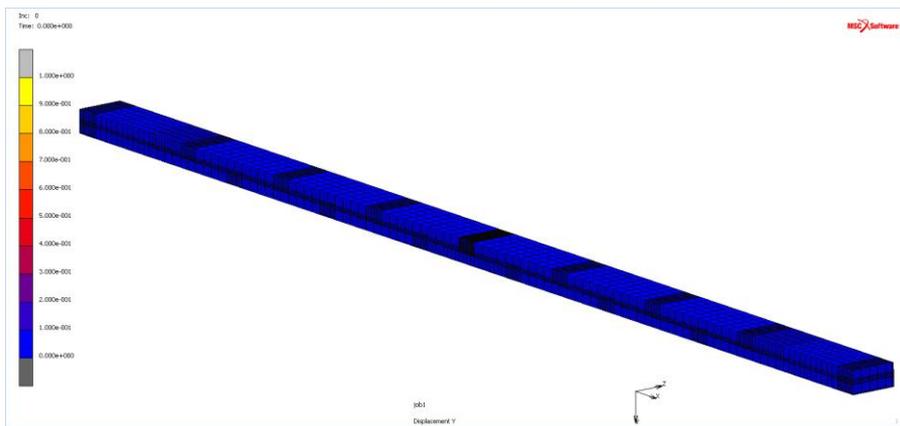


№		
1		Исходный лист
2		Начало формовки
3		Критический прогиб
4		Посадка прогиба, формирование складки
5		Образование утяжины

Оценка значений соотношения толщин клиновидной панели из титанового сплава BT20



Формовка клиновидных трёхслойных панелей из сплава ВТ20



Выводы



- Программный комплекс «Mars» позволяет:
- ▶ Определять технологические параметры ПТФ
 - ▶ Формировать модель детали переменной толщины и выполнять анализ её напряженно-деформированного состояния
 - ▶ Вычислять геометрические параметры многослойных конструкций, обеспечивающие её бездефектное изготовление

сайт
www.technology.ru.com

Спасибо за внимание!

