



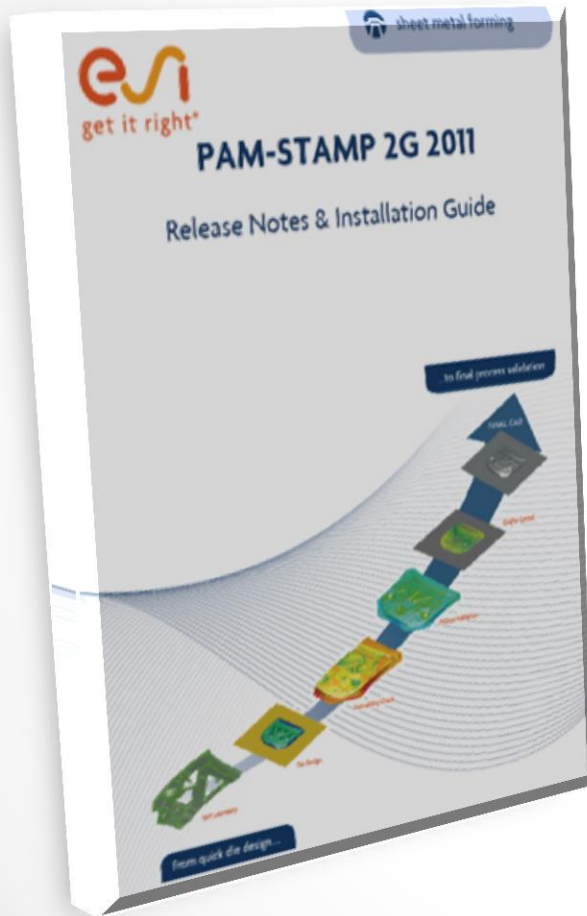
Национальный исследовательский
Иркутский государственный
технический университет

Математическое моделирование пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности

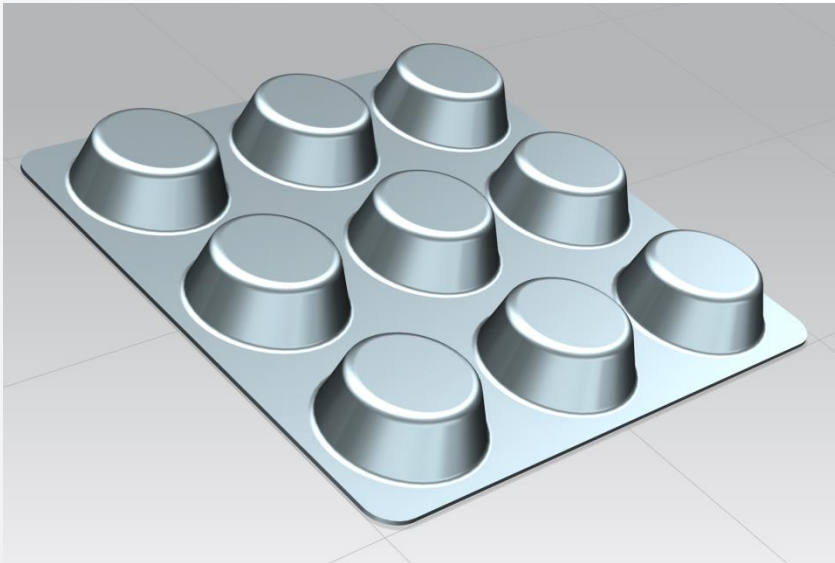
Компетенции

- анализ технологических параметров, получаемых при моделировании пневмотермической формовки в режиме сверхпластичности;
- управление толщиной при моделировании пневмотермической формовки;
- возможность моделирования изготовления многослойных конструкций.

Используемый программный продукт

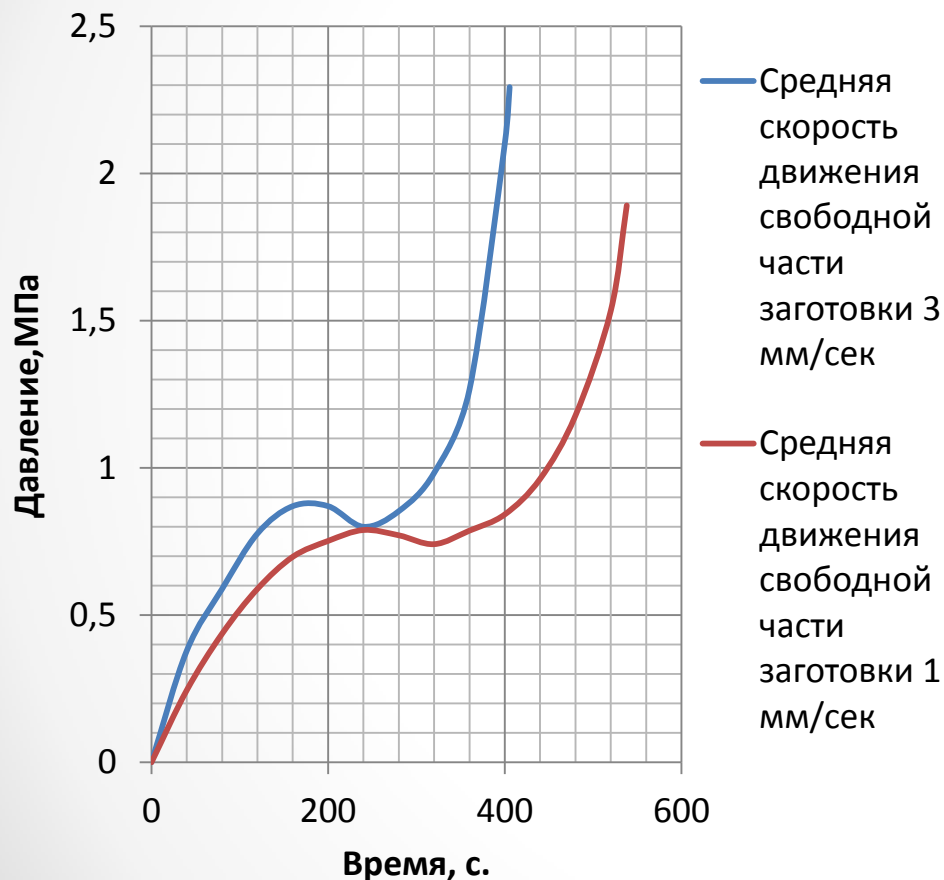


Моделирование детали №1



- Материал – ОТ4-1
- Толщина – 1,5 мм
- Деталь ячеистого типа
- Выявлено влияние средней скорости движения свободной части заготовки на зависимость давления от времени формовки

Проведение эксперимента и влияние задаваемых параметров на получение детали

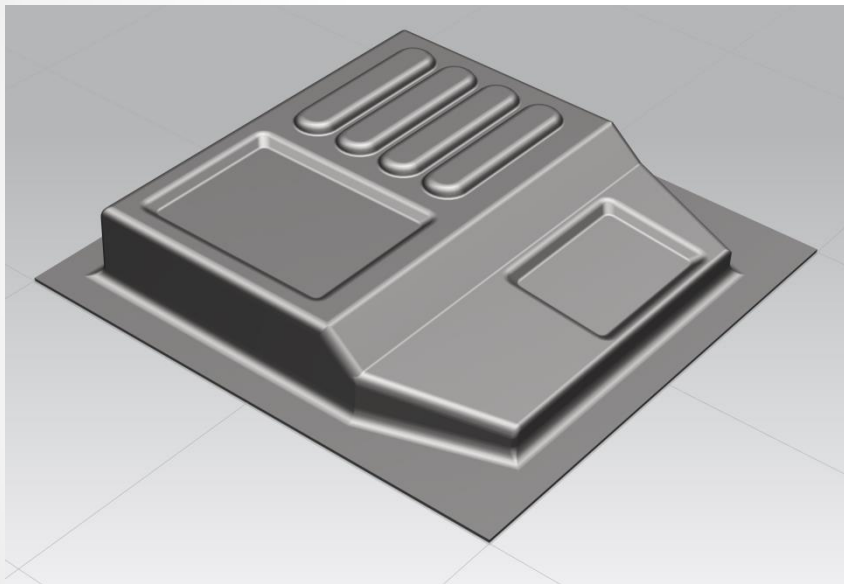


Средняя скорость движения свободной части заготовки 3 мм/сек



Средняя скорость движения свободной части заготовки 1 мм/сек

Моделирование детали №2



- Материал – ВТ20
- Толщина – 1,5 мм
- Деталь сложной формы с разными элементами
- Процесс пневмотермической формовки с выдержкой постоянного давления в конце формовки

Моделирование формовки с выдержкой постоянного давления в конце процесса

Максимальная степень
деформации – 140%

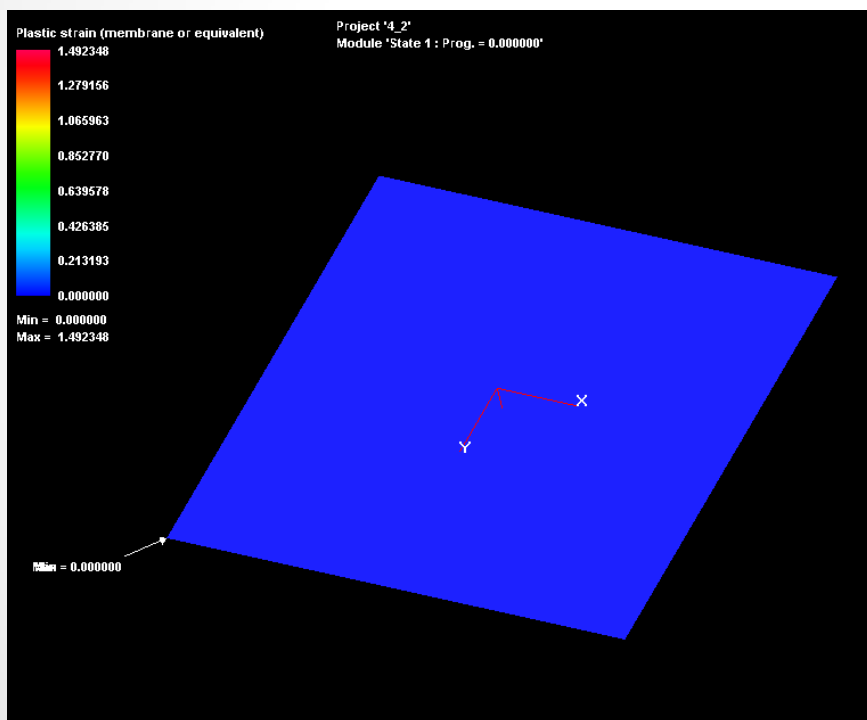
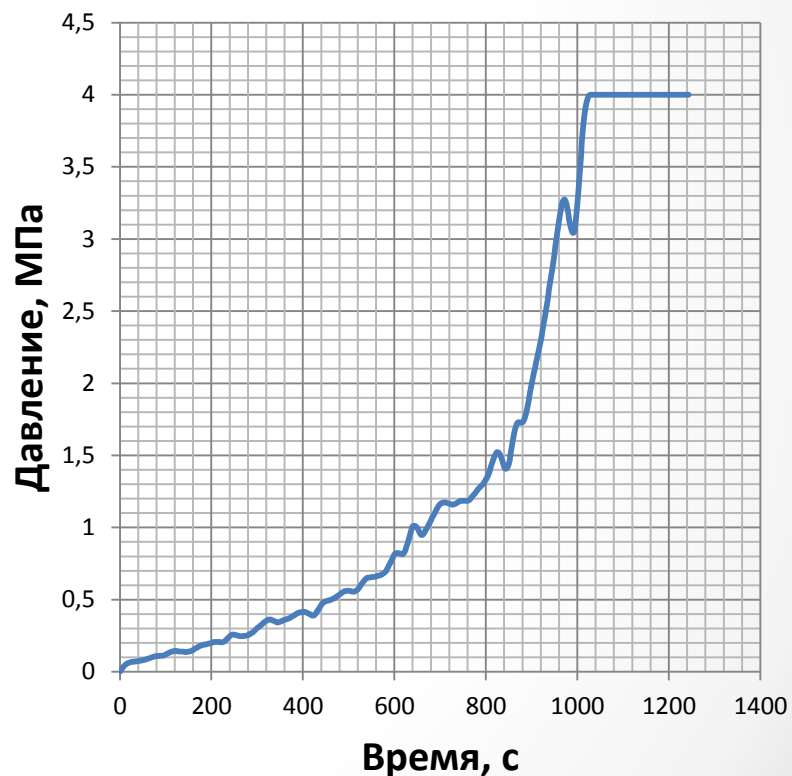
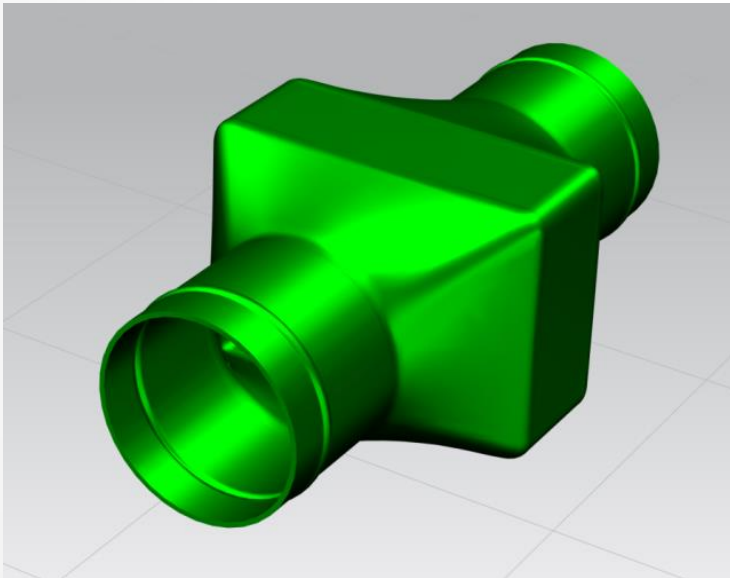


График давления
Максимальное давление – 4 МПа
Время формовки – 1243 с.
Время выдержки – 200 с.



Моделирование детали №3



- Полуфабрикат – труба АМг6 -1
- Деталь типа «патрубок»
- Смоделирован процесс формовки подачей давления во внутреннюю полость трубы

Формовка трубной детали подачей давления во внутреннюю полость трубы

Распределение толщин
Максимальная толщина – 1 мм.
Минимальная толщина – 0,32 мм.
Утонение – 68%

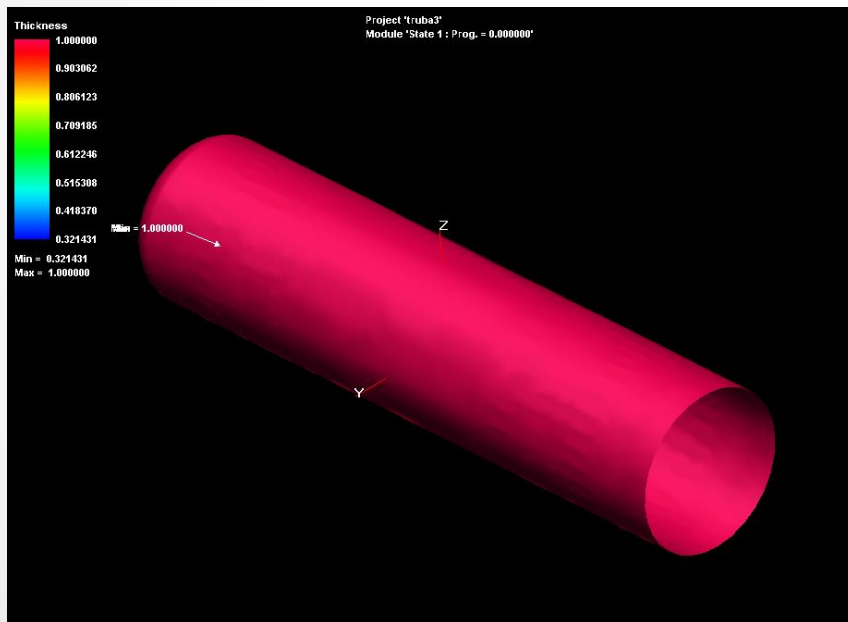
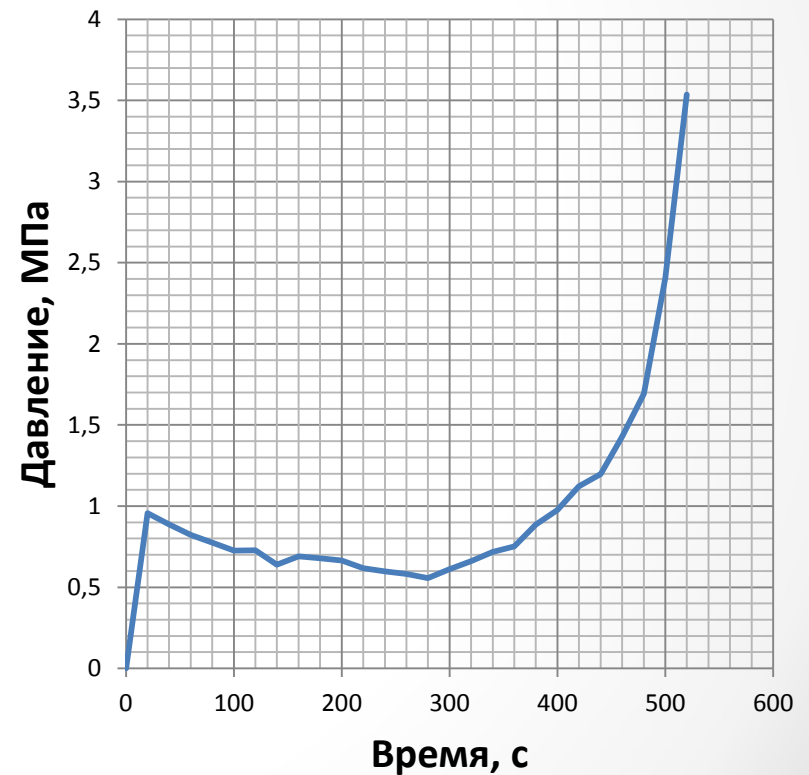
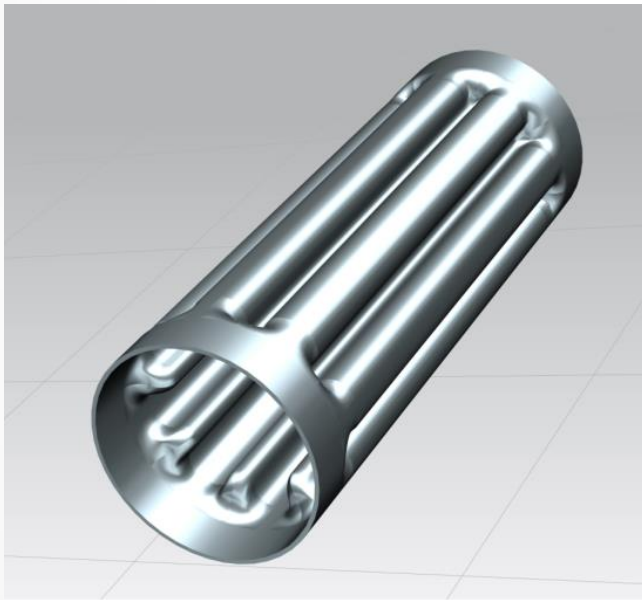


График давления
Максимальное давление – 3,536 МПа
Время формовки – 520 с.



Моделирование детали №4



- Полуфабрикат – труба АМг6 -1
- Труба с рифтами
- Смоделирован процесс формовки подачей давления на внешнюю поверхность трубы

Формовка детали подачей давления на внешнюю поверхность трубы

Распределение толщин
Максимальная толщина – 1 мм.
Минимальная толщина – 0,49 мм.
Утонение -51%

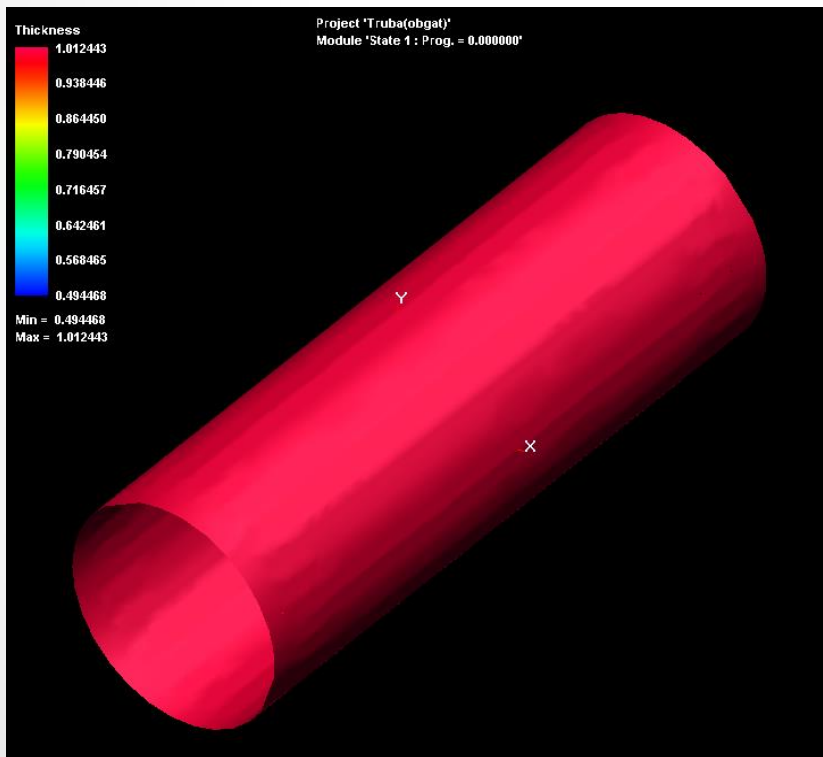
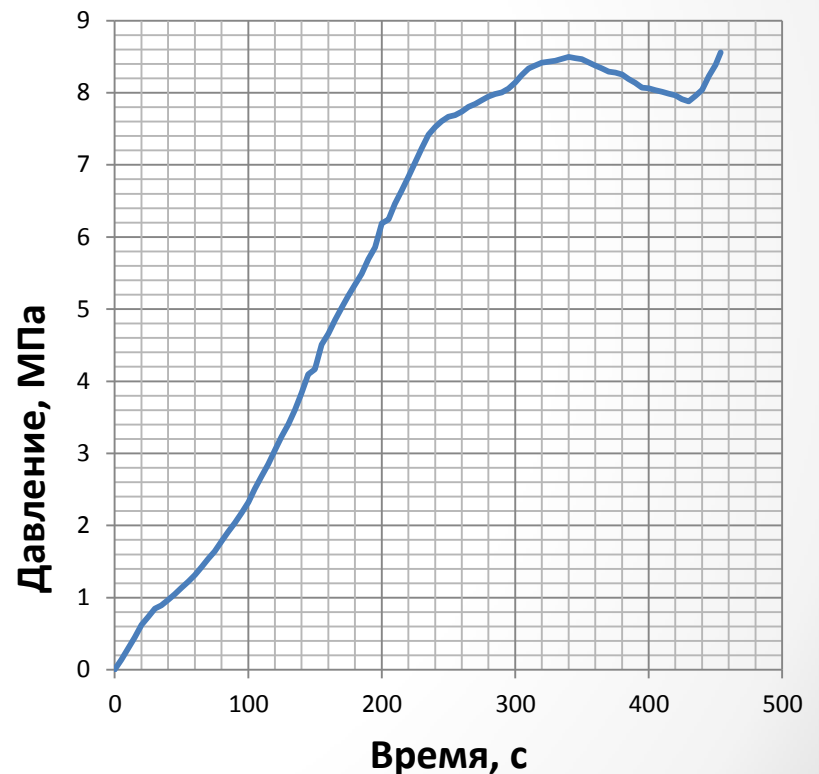
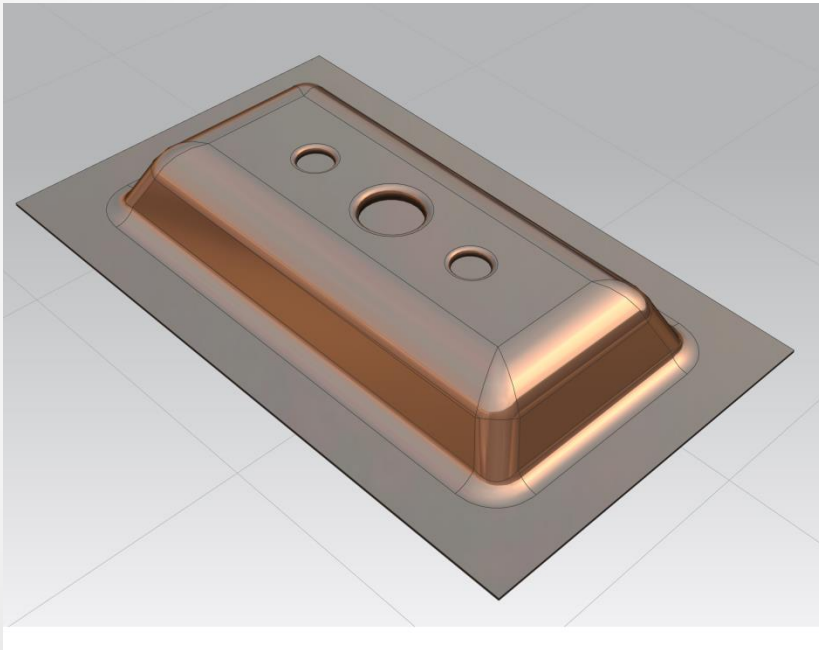


График давления
Максимальное давление – 8,56 МПа
Время формовки – 454 с.



Моделирование детали №5

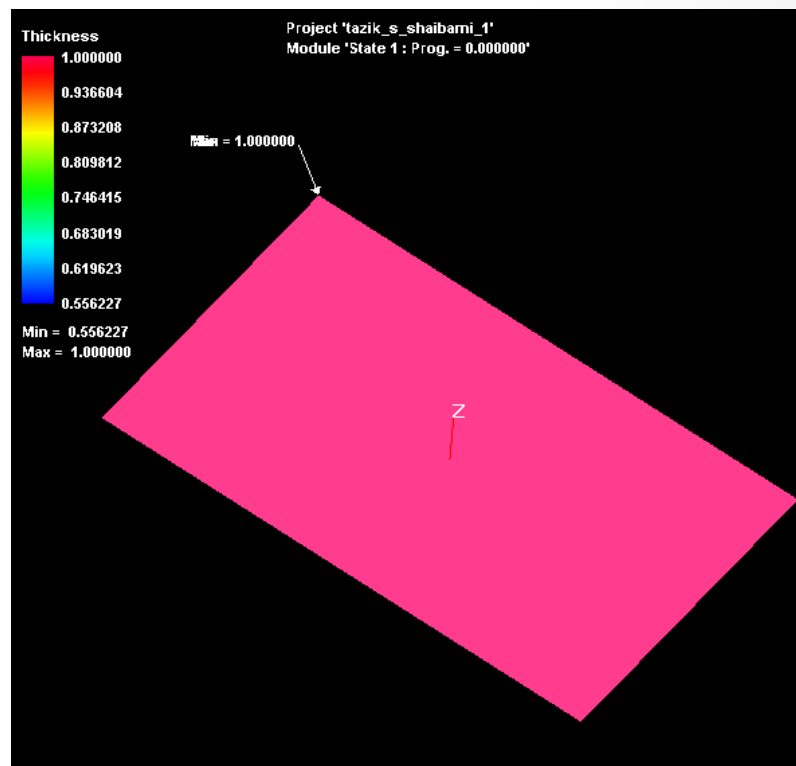


- Материал – ВТ20
- Толщина – 1,5 мм
- Деталь коробчатого типа
- Смоделированы четыре варианта и получена возможность выбора варианта на основе требований к детали

Пневмотермическая формовка на вытяжку в режиме сверхпластичности

Схема процесса

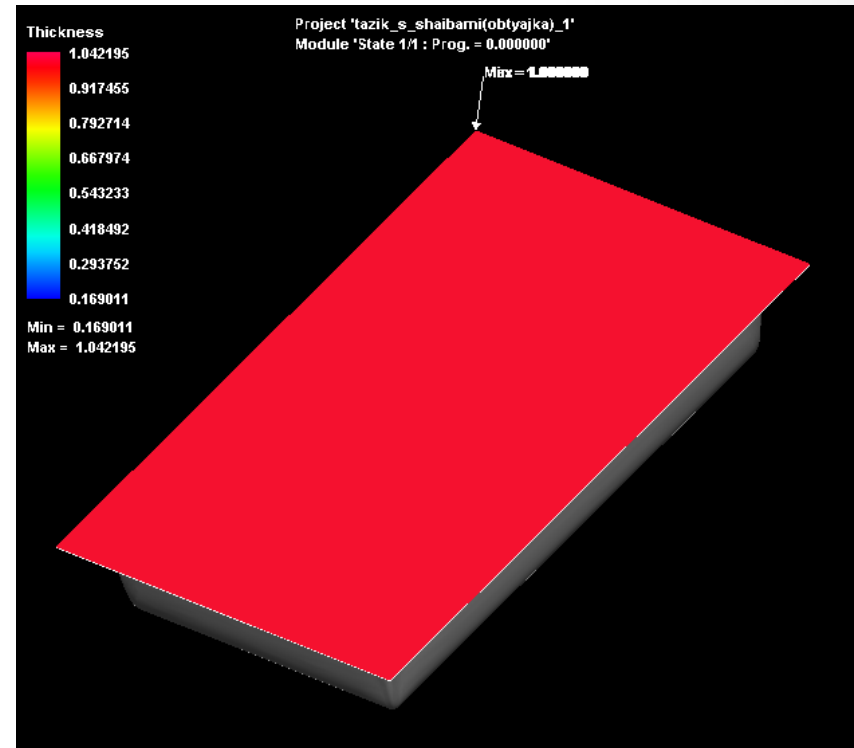
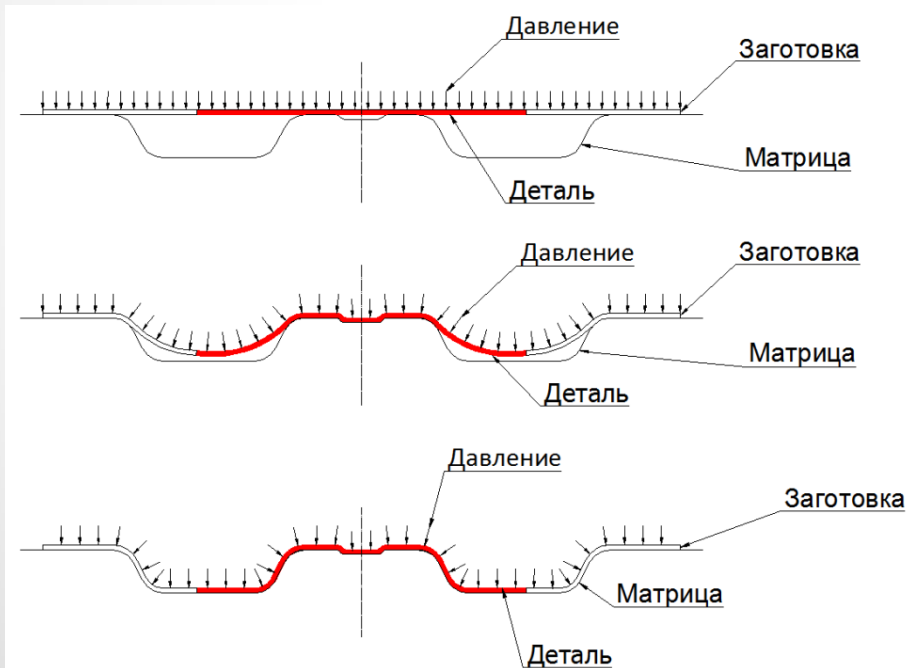
Распределение толщин при моделировании
Максимальная толщина – 1 мм.
Минимальная толщина – 0,55 мм.



Пневмотермическая формовка на обжим в режиме сверхпластичности

Схема процесса

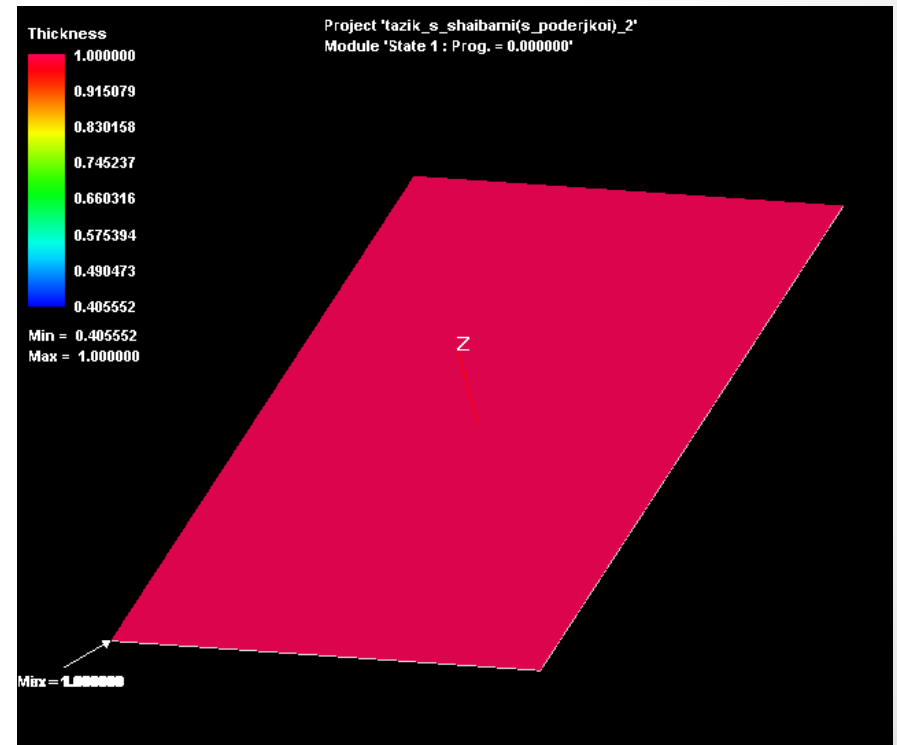
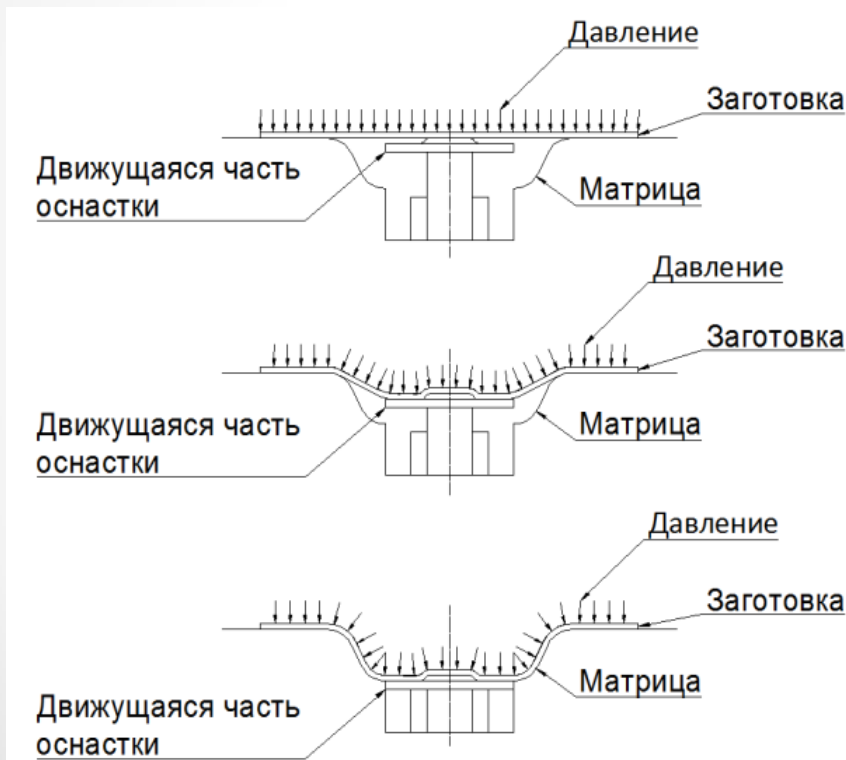
Распределение толщин при моделировании
Максимальная толщина – 1 мм.
Минимальная толщина – 0,16 мм.



Пневмотермическая формовка с контактной площадью в режиме сверхпластичности

Схема процесса

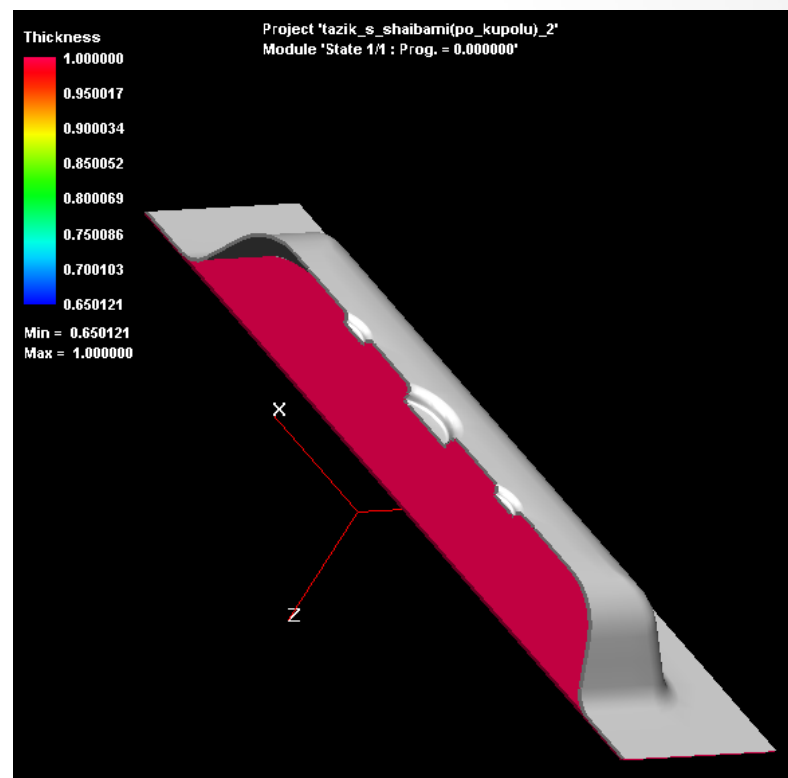
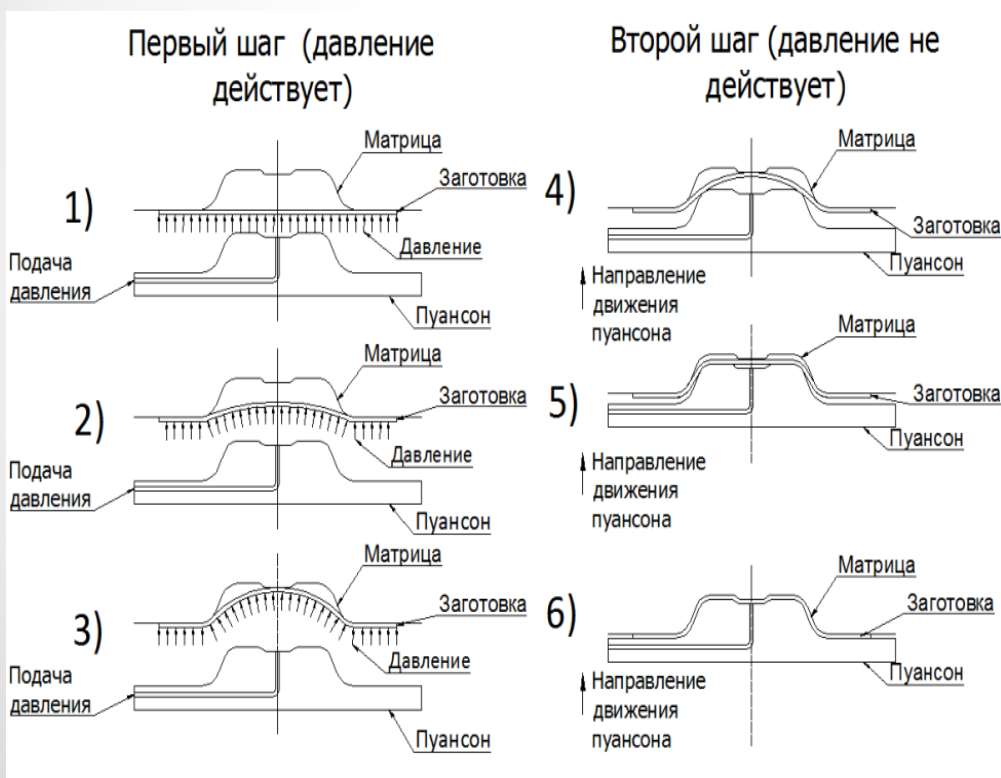
Распределение толщин при моделировании
Максимальная толщина – 1 мм.
Минимальная толщина – 0,4 мм.



Комбинированный процесс формообразования за два этапа в режиме сверхпластичности

Схема процесса

Распределение толщин при моделировании
Максимальная толщина – 1 мм.
Минимальная толщина – 0,65 мм.



Управление толщиной однолистовых деталей

Формовка

Макс. толщина – 1 мм.

Мин. толщина – 0,55 мм.

Утонение – 45%

На обжим

Макс. толщина – 1 мм.

Мин. толщина – 0,16 мм.

Утонение – 84%

Формовка с контактной
площадью

Макс. толщина – 1 мм.

Мин. толщина – 0,4 мм.

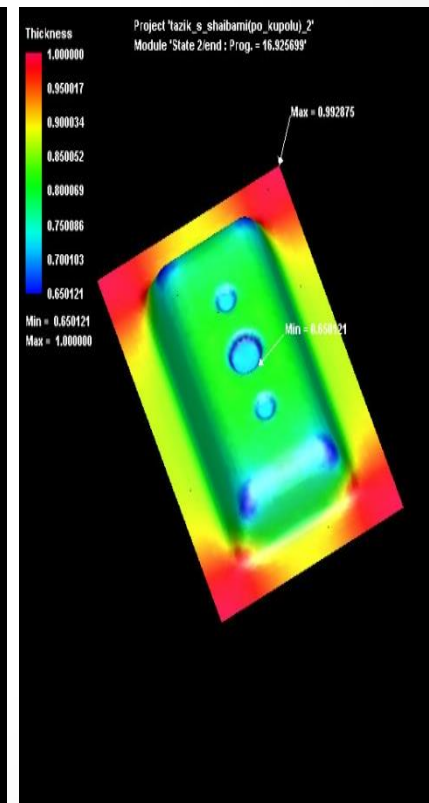
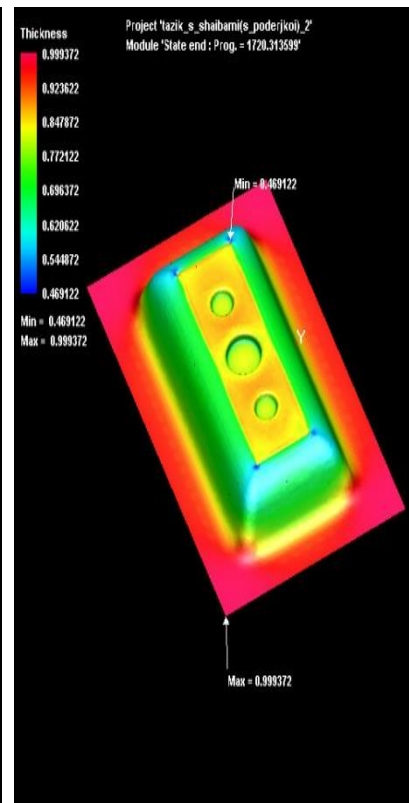
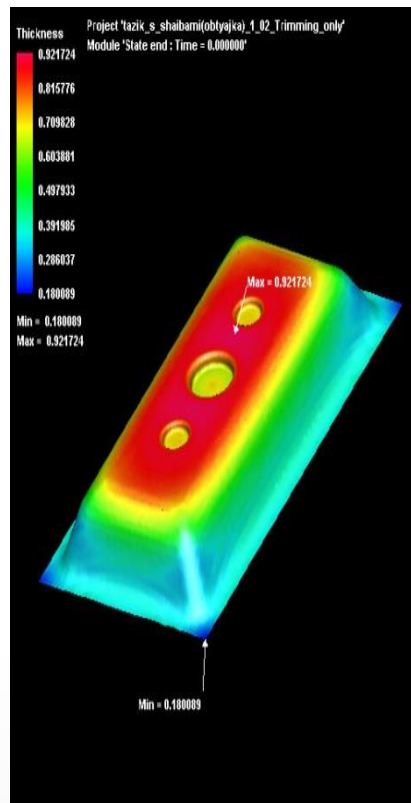
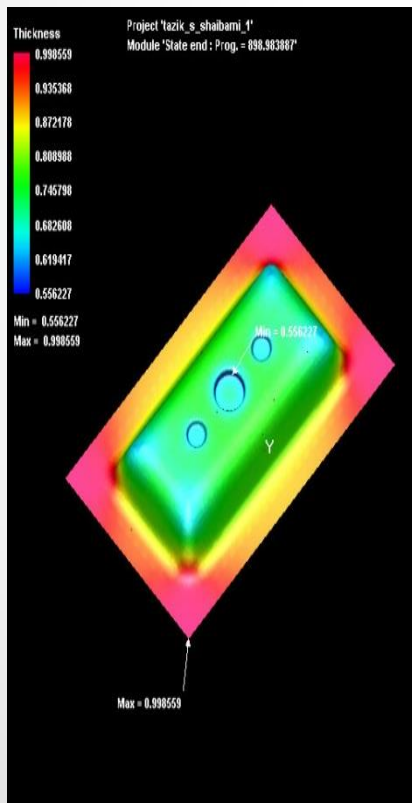
Утонение – 60%

Комбинированная за два
этапа

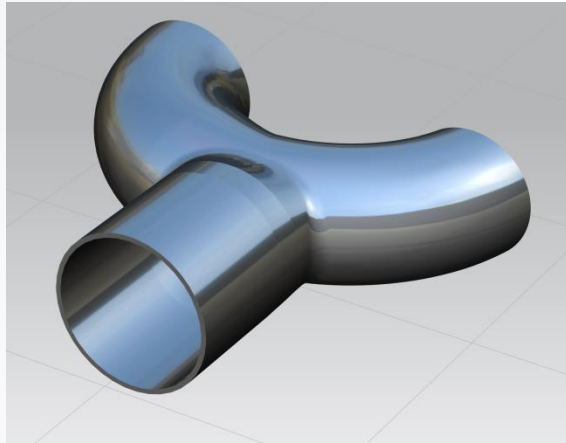
Макс. толщина – 1 мм.

Мин. толщина – 0,65 мм.

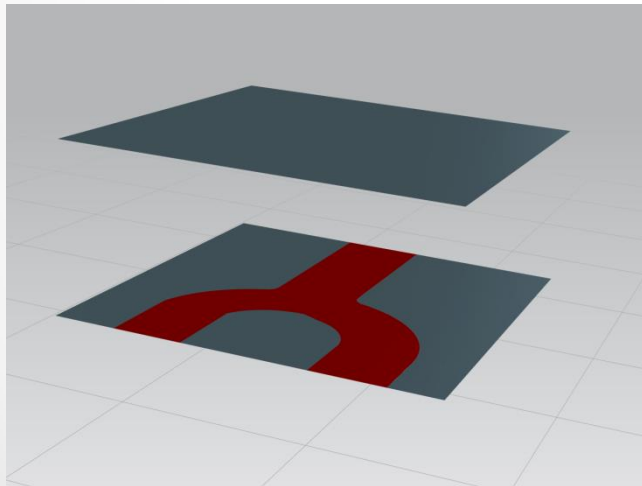
Утонение – 35%



Моделирование многослойной конструкции №1



- Материал – ВТ20
- Толщина листов – 3 мм
- Деталь типа патрубков
- Процесс пневмотермической формовки после диффузионной сварки двух листов



Полученные параметры

Распределение толщин
Максимальная толщина пакета – 6 мм.

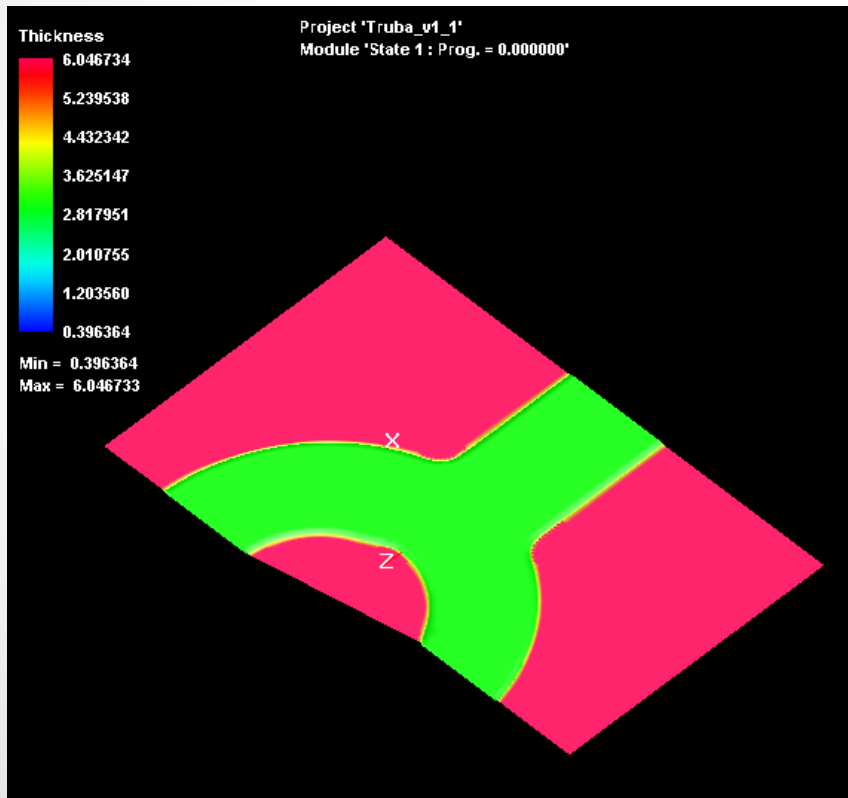
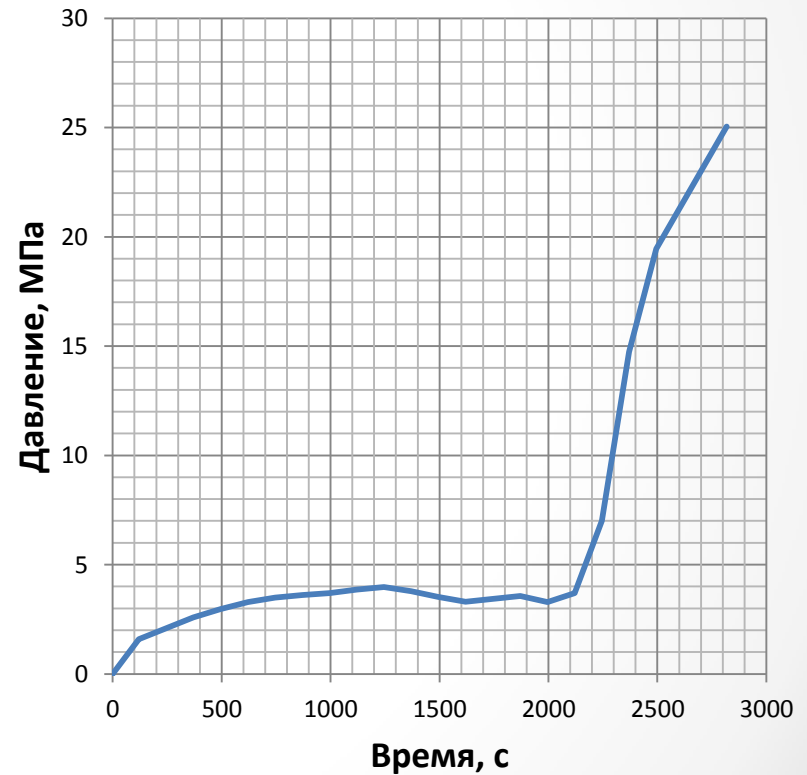


График давления
Максимальное давление – 25 МПа
Время формовки – 2700 с.



Распределение толщины на детали

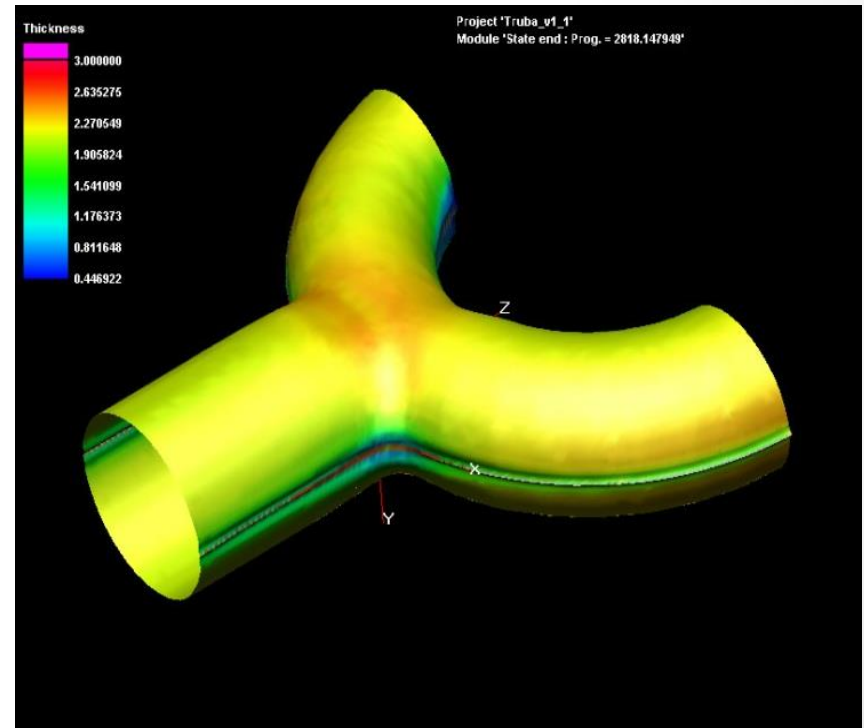
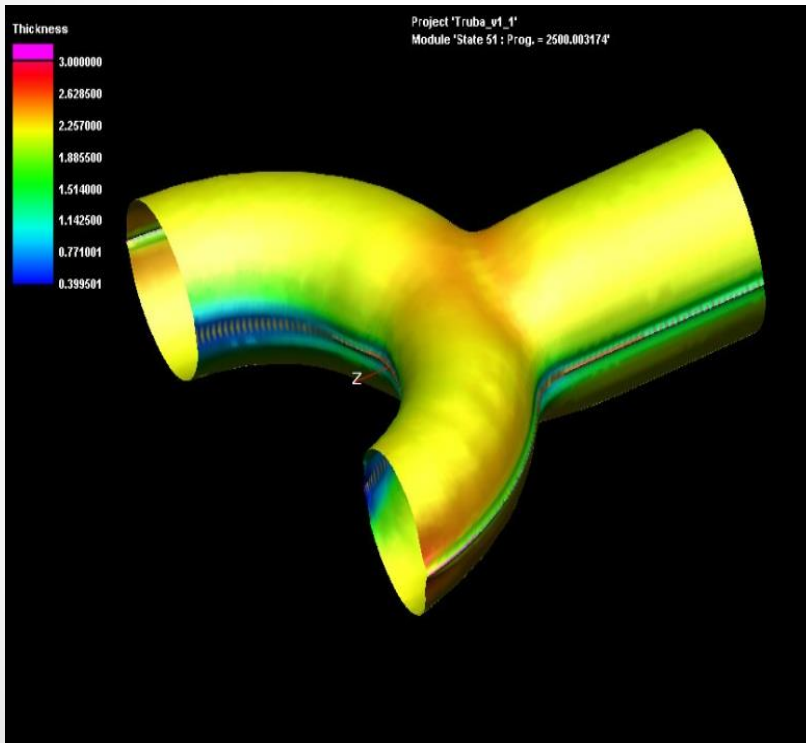
Распределение толщин на
детали вид 1

Распределение толщин на
детали вид 2

Максимальная толщина – 3 мм.

Минимальная толщина – 0,39 мм.

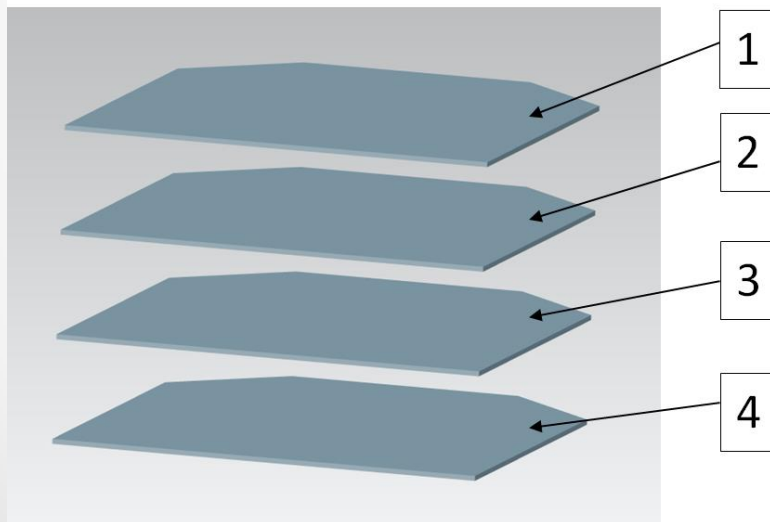
Утонение – 87%



Моделирование многослойной конструкции №2



- Материал – ВТ20
- Толщина листов 1 и 4 – 1 мм
- Толщина листов 2 и 3 – 2 мм
- Процесс пневмотермической формовки после диффузионной сварки 4 листов



Распределение толщины на пакете

Макс. толщина пакета – 6 мм.

Мин. толщина на листах 2 мм. – 0,78 мм.

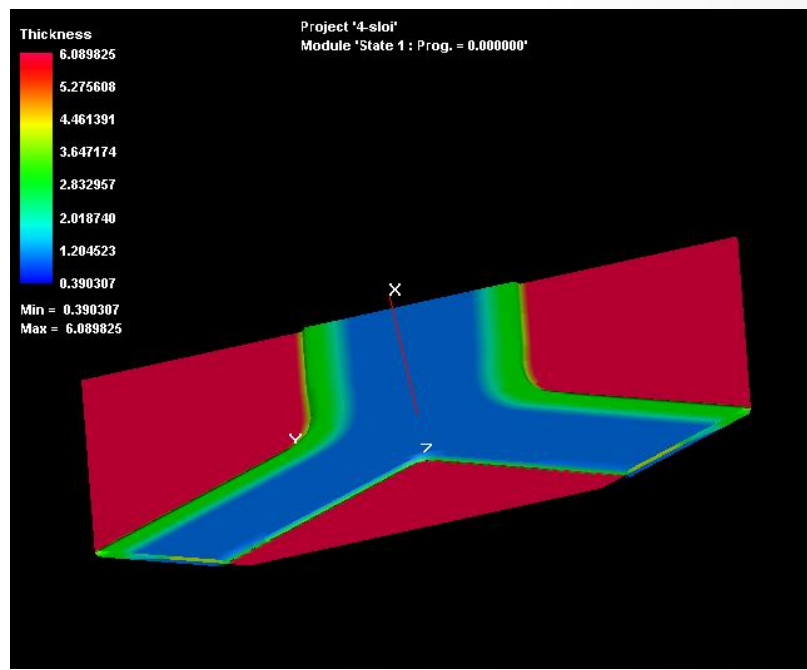
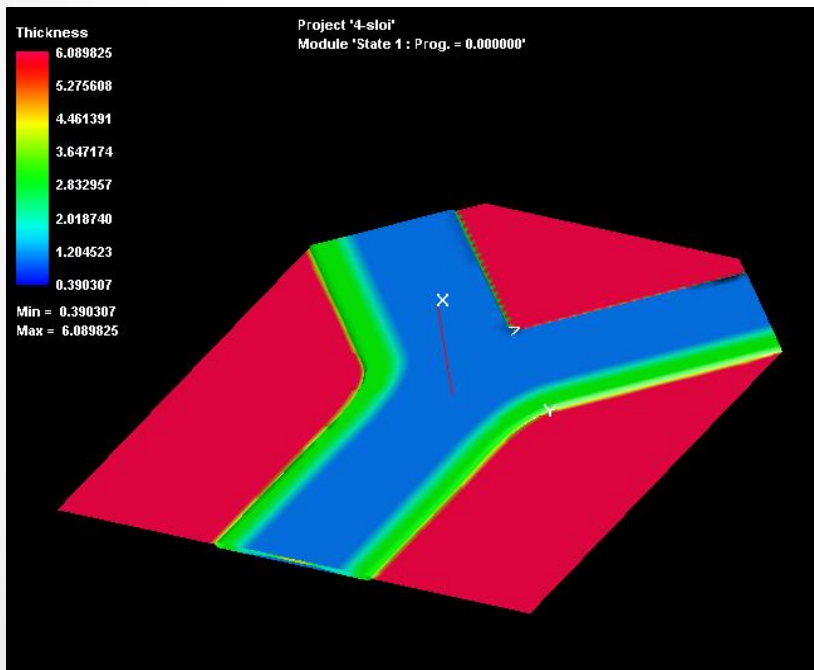
Утонение – 60%

Мин. толщина на листах 1 мм. – 0,39 мм.

Утонение – 61%

Распределение толщин
на многослойной заготовке вид 1

Распределение толщин
на многослойной заготовке вид 2



Распределение толщины на деталях

Мин. толщина на листах с диф. сваркой 3 мм. – 0,78 мм.

Утонение - 74%

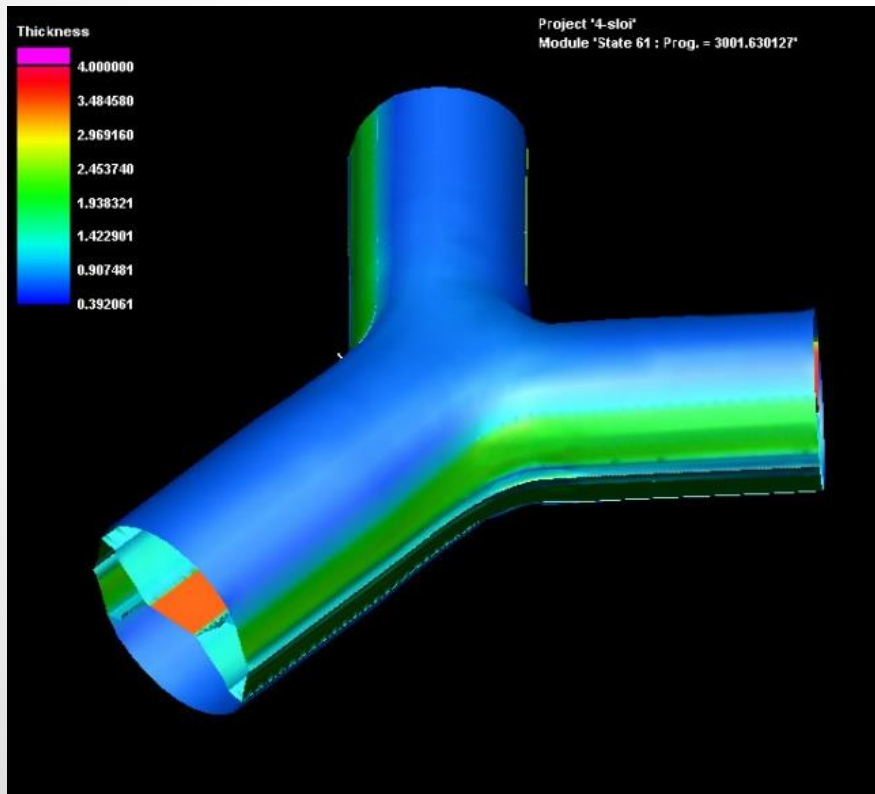
Мин. толщина на листах 2 мм. – 0,78 мм.

Утонение - 60%

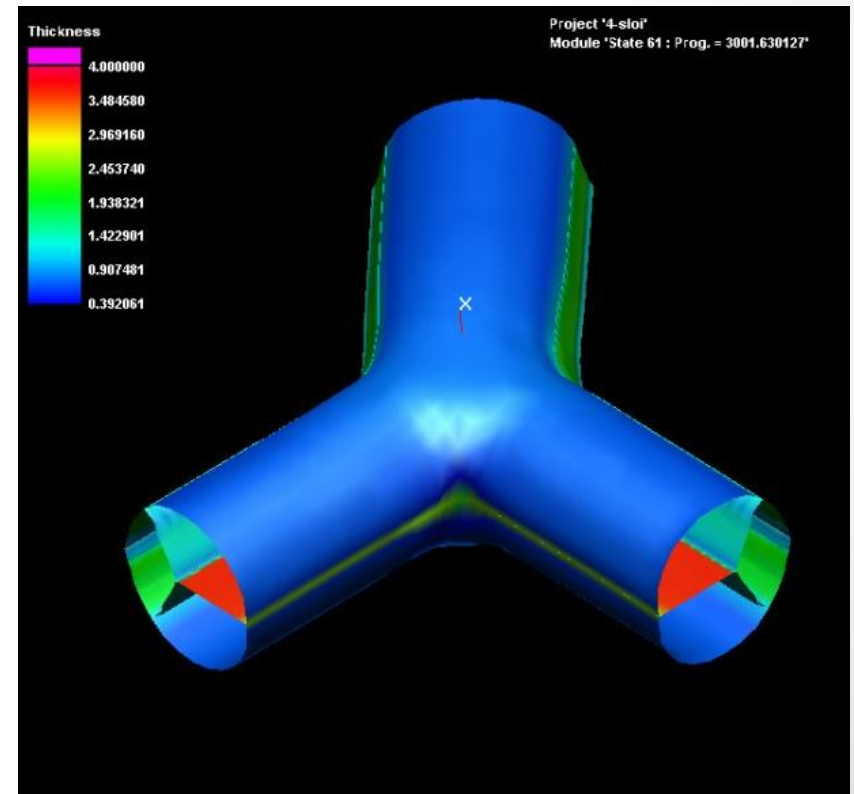
Мин. толщина на листах 1 мм. – 0,39 мм.

Утонение - 61%

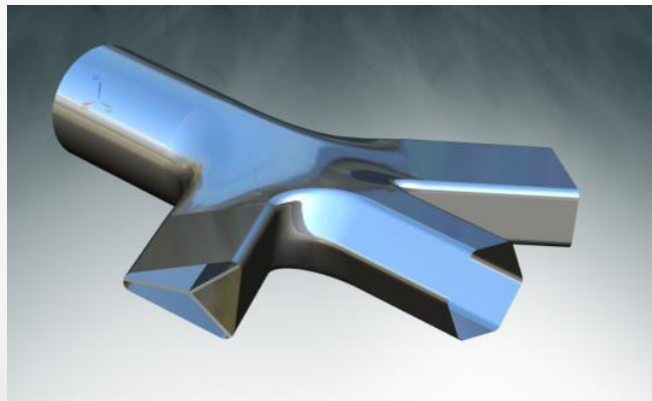
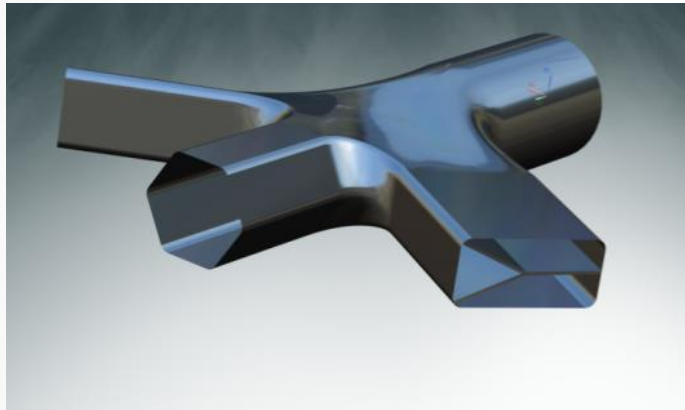
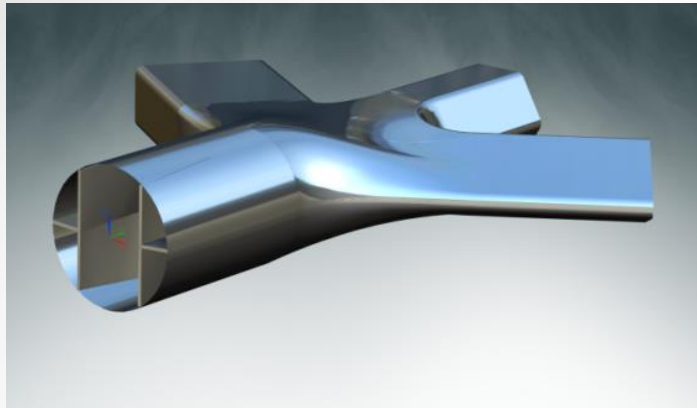
Распределение толщин
на многослойной конструкции вид 1



Распределение толщин
на многослойной конструкции вид 2



Моделирование сложной многослойной конструкции



- Материал – ВТ20
- Толщина листов 1 и 4 – 1 мм
- Толщина листов 2 и 3 – 4 мм
- Процесс пневмотермической формовки после диффузионной сварки 4 листов

Распределение толщины на пакете

Макс. толщина пакета – 10 мм.

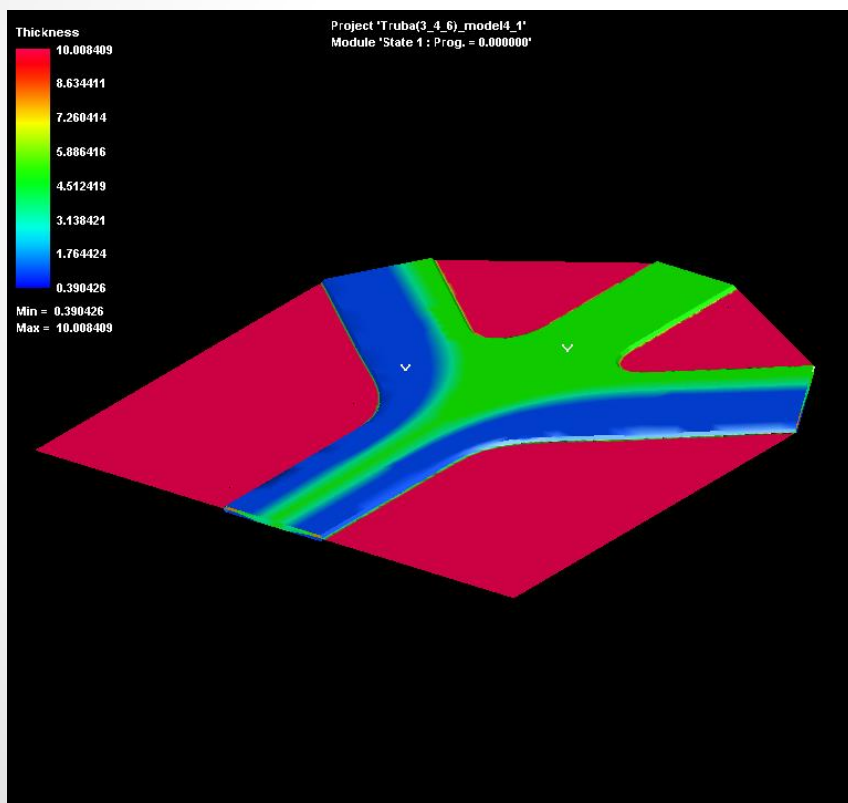
Мин. толщина на листах 4 мм. – 1,45 мм.

Утонение – 64%

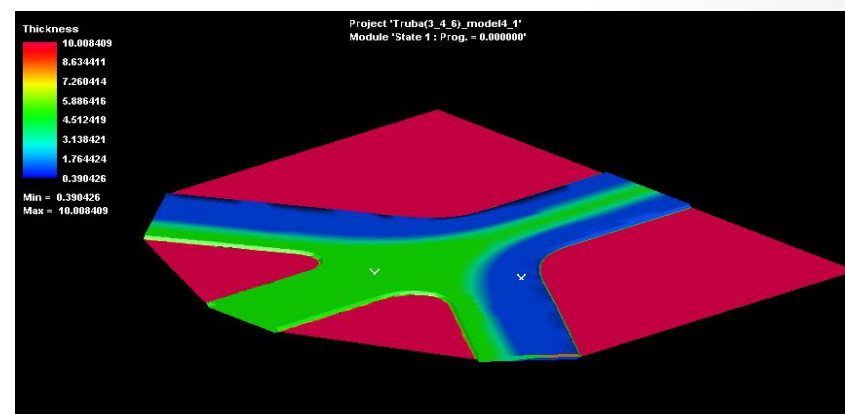
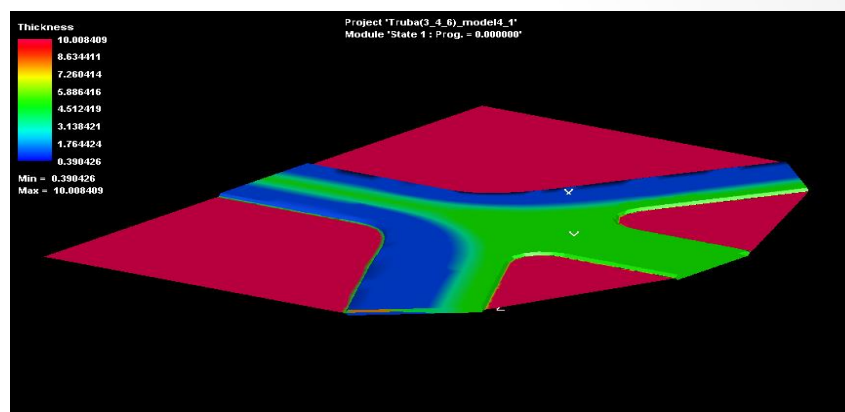
Мин. толщина на листах 1 мм. – 0,39 мм.

Утонение – 61%

Распределение толщин
на многослойной заготовке вид 1



Распределение толщин
на многослойной заготовке вид 2 и вид 3



Распределение толщины на детали

Мин. толщина на листах с диф. сваркой 5 мм. – 0,39 мм.

Утонение - 92%

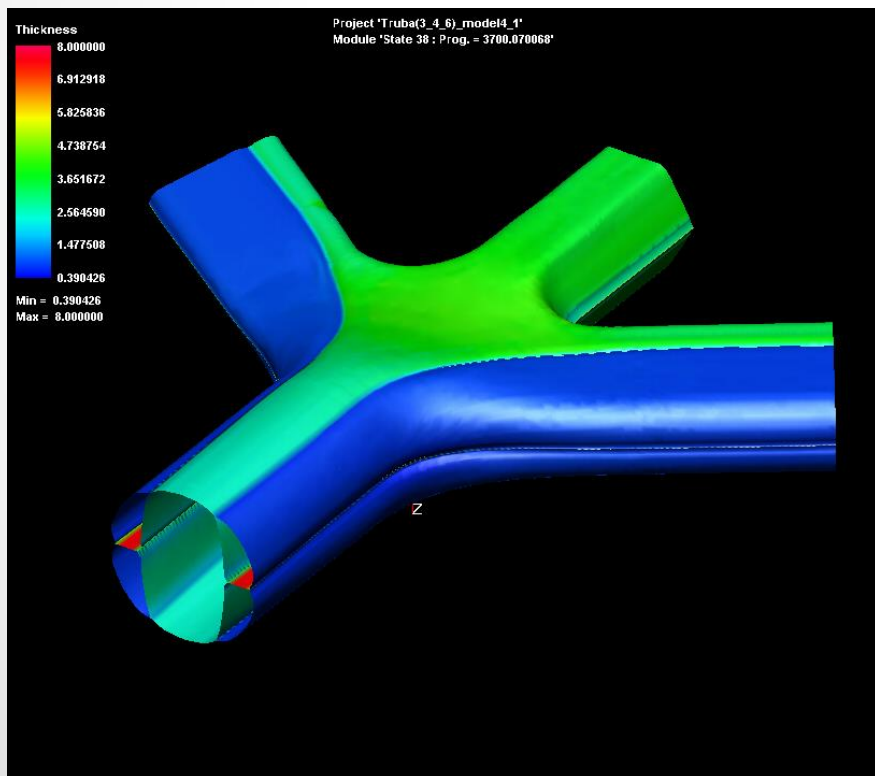
Мин. толщина на листах 4 мм. – 1,45 мм.

Утонение – 64%

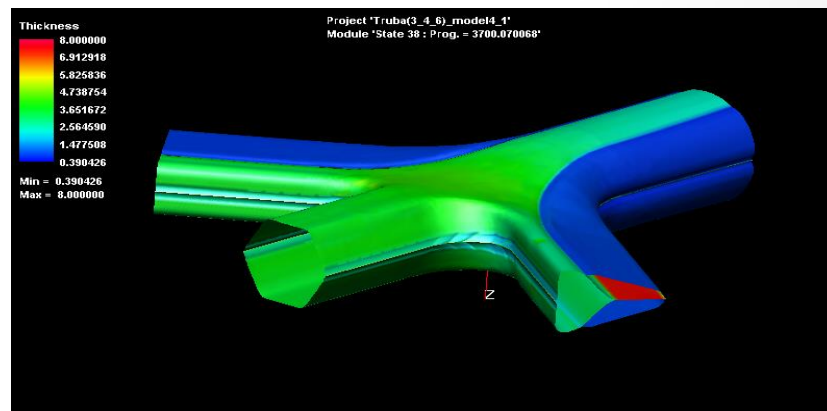
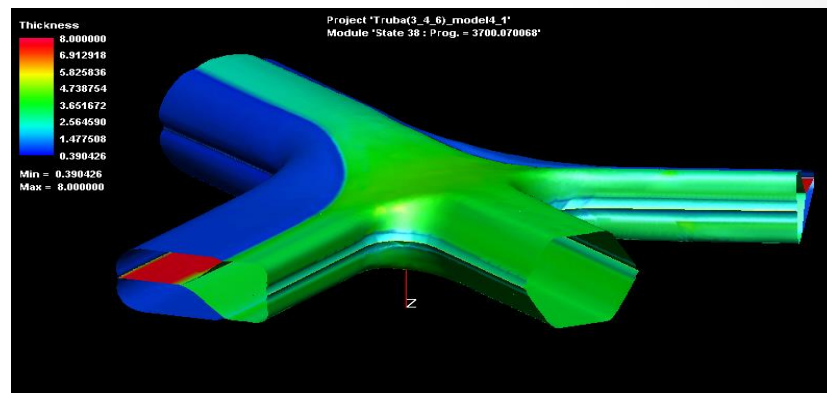
Мин. толщина на листах 1 мм. – 0,39 мм.

Утонение – 61%

Распределение толщин
на многослойной конструкции вид 1



Распределение толщин
на многослойной конструкции вид 2 и вид 3



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