

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ТЯЖЕЛЫХ САПР

*Федоров А.Л., Советкин Д.Э.*

*Тольяттинский государственный университет, г.Тольятти*

**Ключевые слова:** автоматизированное проектирование, трехмерные модели, сварные швы, моделирование сварных швов.

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы моделирования сварных швов при создании трехмерных моделей технических объектов. Показано, что использование специализированных программных модулей позволяет расширить возможности по исследованию при действии внешних нагрузок поведения моделей сварных конструкций.

Согласно стандартов ИСО четвертый этап жизненного цикла технических изделий - подготовка и разработка производственных процессов. В системах автоматизированного проектирования данный этап возложен на модуль САМ Computer Aided Manufacturing (автоматизированная технологическая подготовка производства). При этом, в качестве основы для разработки технологического процесса, проектирования требуемой оснастки, инструмента, выступает трехмерная (твердотельная) модель изделия, планируемого к производству [1].

К настоящему времени т.н. тяжелые системы автоматизированного проектирования оснащены в модуле САМ достаточным инструментарием для подготовки процессов производства, основанных на обработке материала резанием и давлением. Причем, по трехмерной модели детали модули САМ синтезируют управляющие программы для станков с ЧПУ, позволяющие данную деталь изготовить на программно-управляемом металлообрабатывающем оборудовании. Вместе с тем, процессы соединения заготовок в монолит технологиями сварки, пайки, склеивания нашли широкое применение в производстве, однако модули САПР, позволяющие моделировать перечисленные соединения и оперировать с ними, нашли ограниченное применение. Вообще, моделировать сварные соединения можно применяя традиционные методы построения трехмерных моделей [2]. Однако в настоящее время практика предъявляет повышенные требования к методам проектирования сварных изделий, поэтому в ряде САПР добавлены специализированные модули проектирования сварных соединений.

Например, модуль Мастер сварки (Weld Assistant) в программной среде NX. В нем сварные изделия могут быть представлены как сборками, так и деталями.

Рассмотрим в качестве примера работу в модуле Мастер сварки на примере кронштейна. После создания трехмерных моделей деталей кронштейна, пластины, усилителя и подпятника в модуле САД, переходим в модуль Сборки. Там, накладывая нужные сопряжения, ориентируем детали будущего кронштейна относительно друг друга, и с помощью модуля Мастер сварки моделируем сварные швы, соединяющие пластину с усилителем и пластину с подпятником (рис. 1).

Следующий этап – работа в модуле деформационно-прочностного анализа. Расчет трехмерных моделей выполняется там по методу конечных элементов, поэтому, вначале выполняем разбиение трехмерной модели на

конечные элементы. Преимущества расчетов сварных швов, смоделированных в модуле Мастер сварки (Weld Assistant) наглядно видны на рисунке 2.

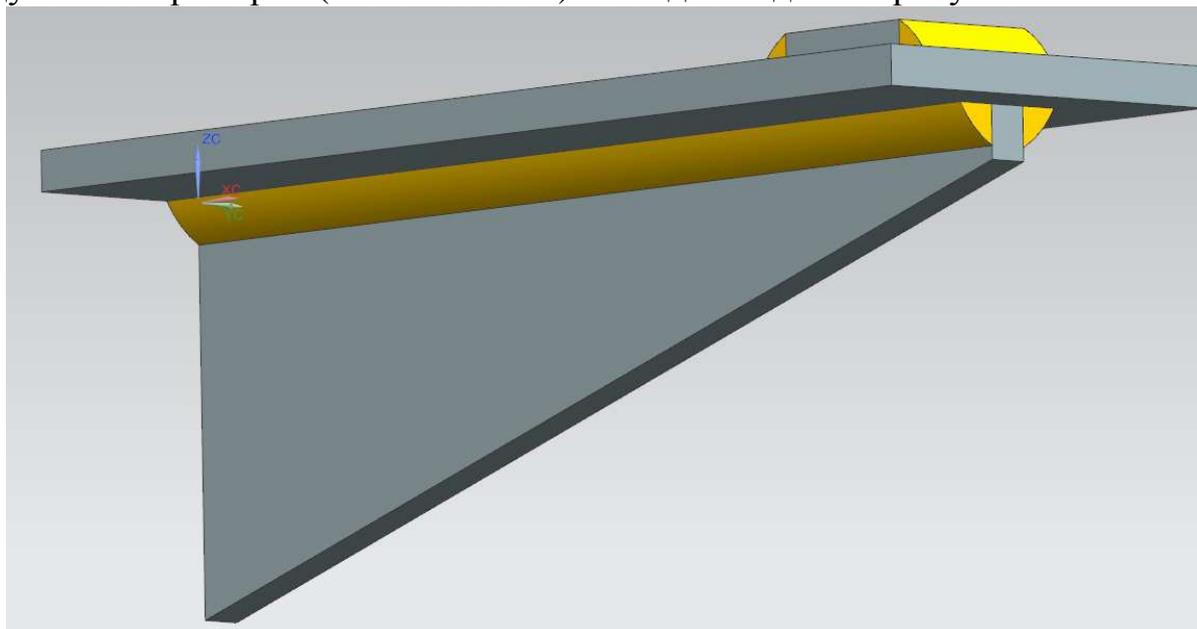


Рис. 1. Сборка со сварными швами

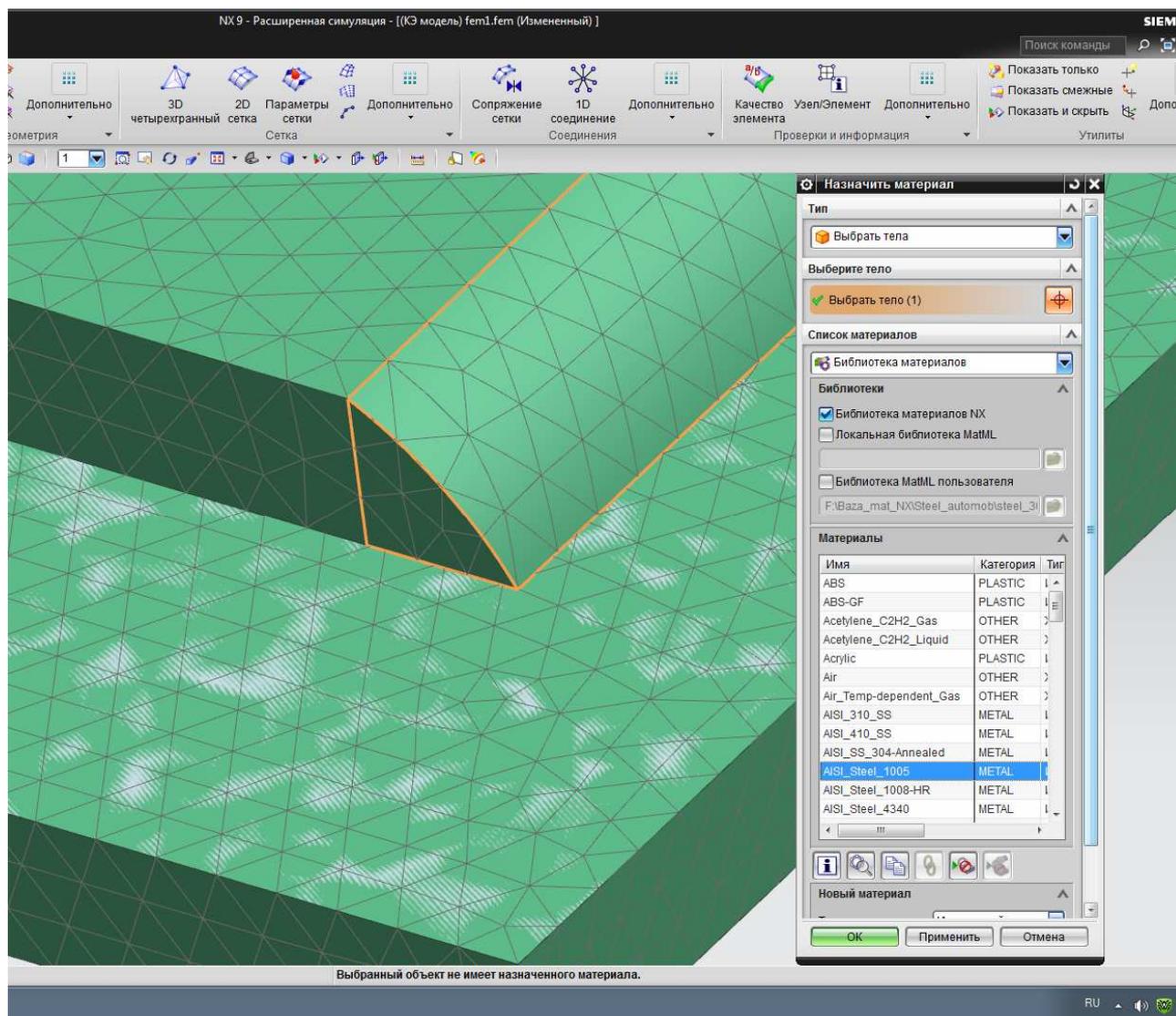


Рис. 2. Назначение материала

При разбиении на конечные элементы программа «воспринимает» сварной шов как самостоятельную трехмерную модель - узлы сетки конечных элементов на пластине и сварном шве не совпадают. Кроме того, при назначении материалов имеется возможность задать для модели сварного шва иной, чем для соединяемых деталей материал. Модель сварного шва при выборе выделяется желтыми линиями, как самостоятельный трехмерный объект (рис. 2). Это является принципиально важным, так как сварные швы по своему химическому составу, свойствам и структуре отличаются от свариваемого материала. Кроме того, в некоторых случаях для получения сварного соединения применяют присадочный материал отличный по химическому составу от свариваемого. Так при сварке сталей мартенситного класса марок 12X5М, 12X5МФ, 12X6СМ возможен вариант применения присадочного материала близкого по химическому составу к свариваемому, но требуется термообработка сварных соединений. В случае применения аустенитных присадочных материалов, например, электроды типа Э-10X25Н13Г2Б, в термообработке нет нужды.

Очень важным данное свойство является при моделировании паяных соединений. При пайке, по определению, химический состав соединяемого материала и присадочного отличаются друг от друга.

Для выполнения корректных расчетов необходимо сопряжение сетки конечных элементов. После активации данной функции узлы сеток сварного шва и пластины совпадают (рис. 3).

Следующий этап расчетов – приложение нагрузок. Для данного кронштейна нагрузка приложена к подпятнику (рис. 4).

После выполнения расчетов инженер имеет возможность оценить напряженно-деформированное состояние сварного узла. Деформации конструкции показаны на рисунке 5. Распределение напряжений – на рисунке 6.

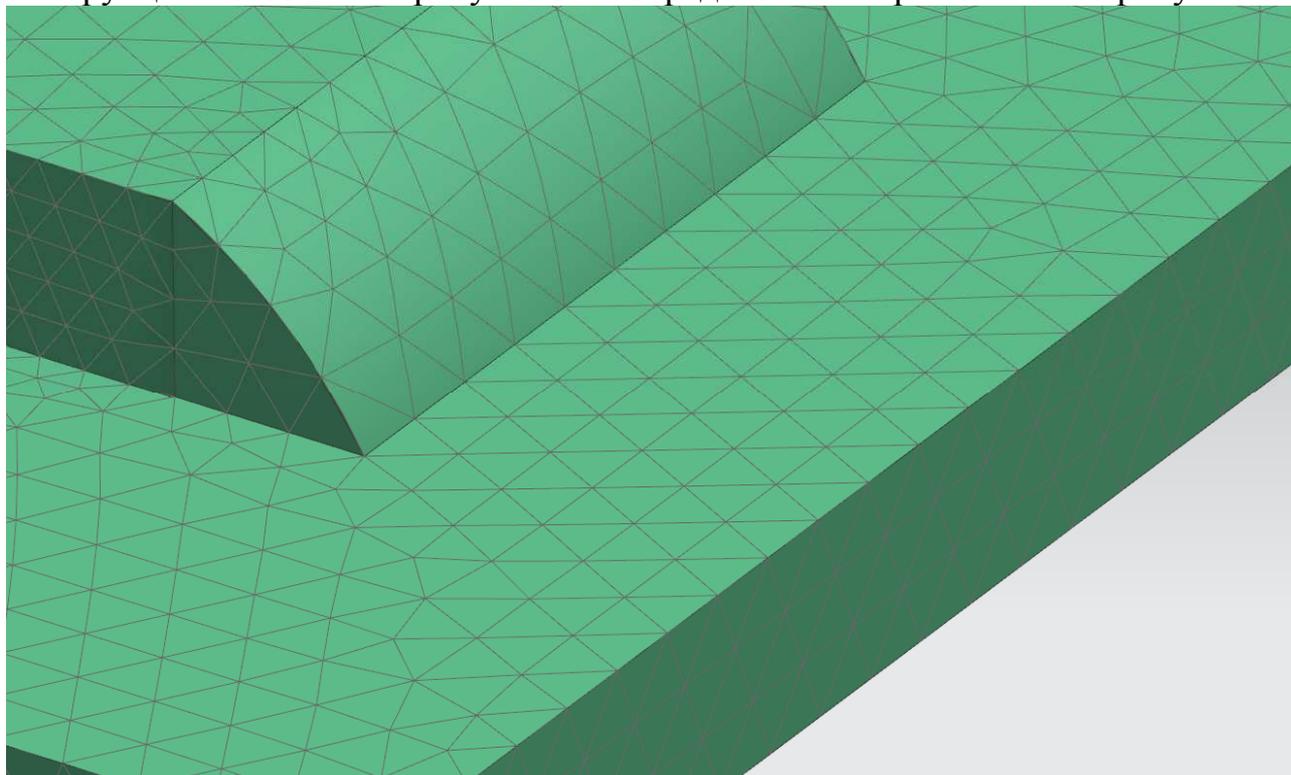


Рис. 3. Активирована функция «Сопряжение сетки»

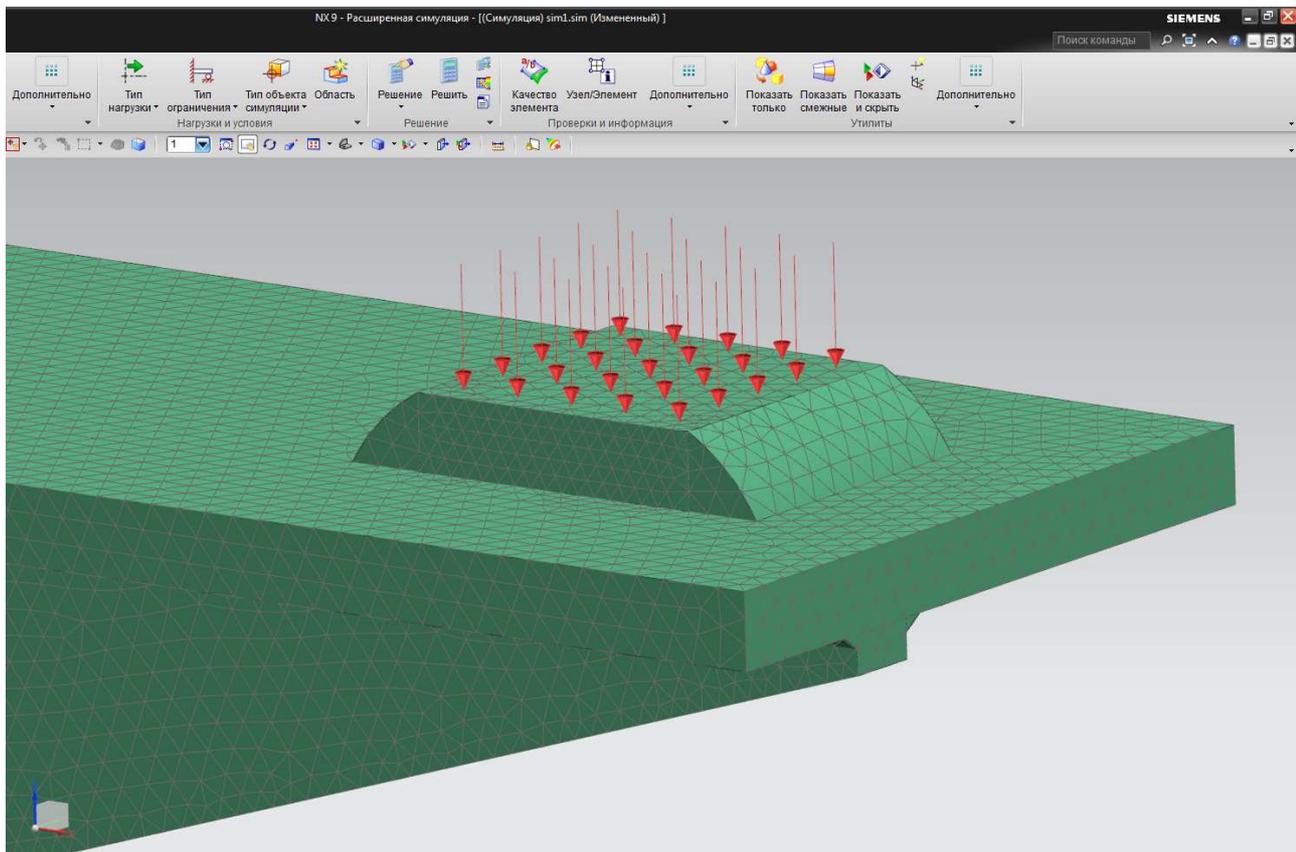


Рис. 4. Приложение нагрузки к кронштейну

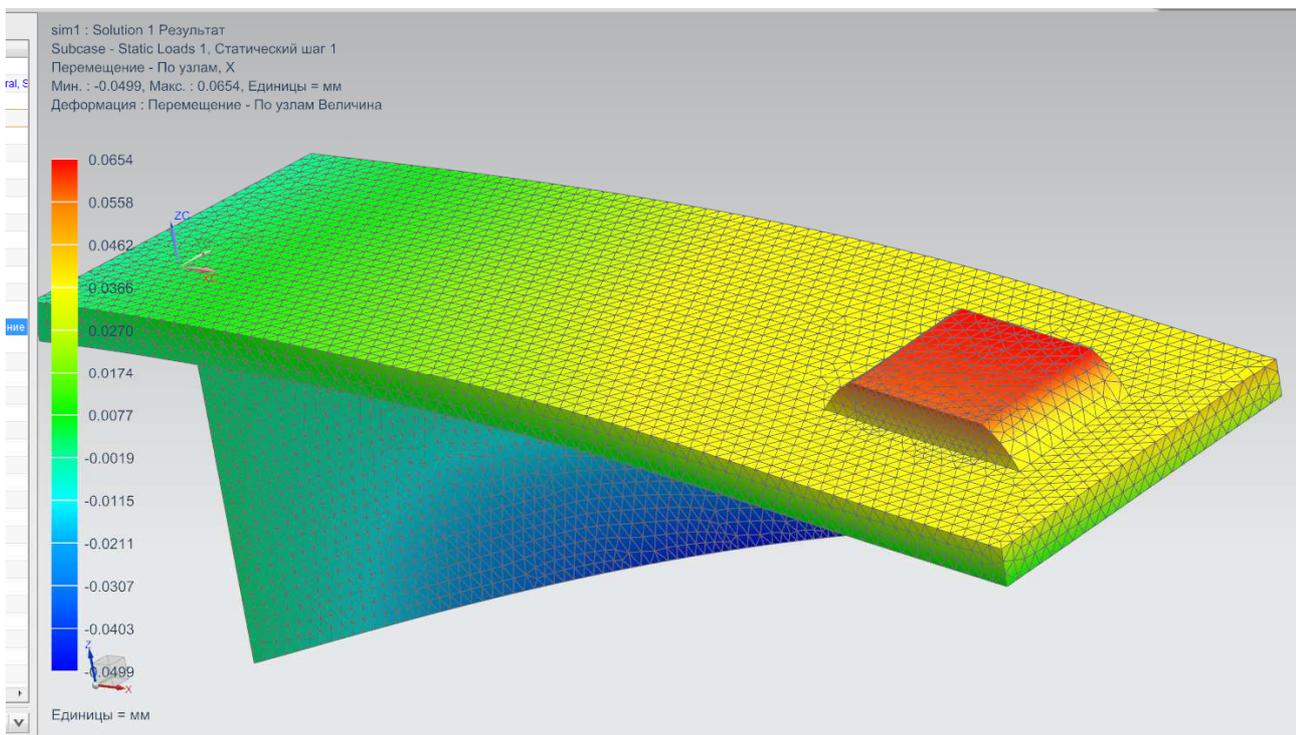


Рис. 5. Деформации кронштейна

Таким образом, применение программного блока Мастер сварки для моделирования сварных швов металлоконструкции расширяет возможности ее анализа. Однако возможности синтеза управляющих программ для технологического оборудования, например, роботов-сварщиков, пока что в арсенале модуля сварки нет.

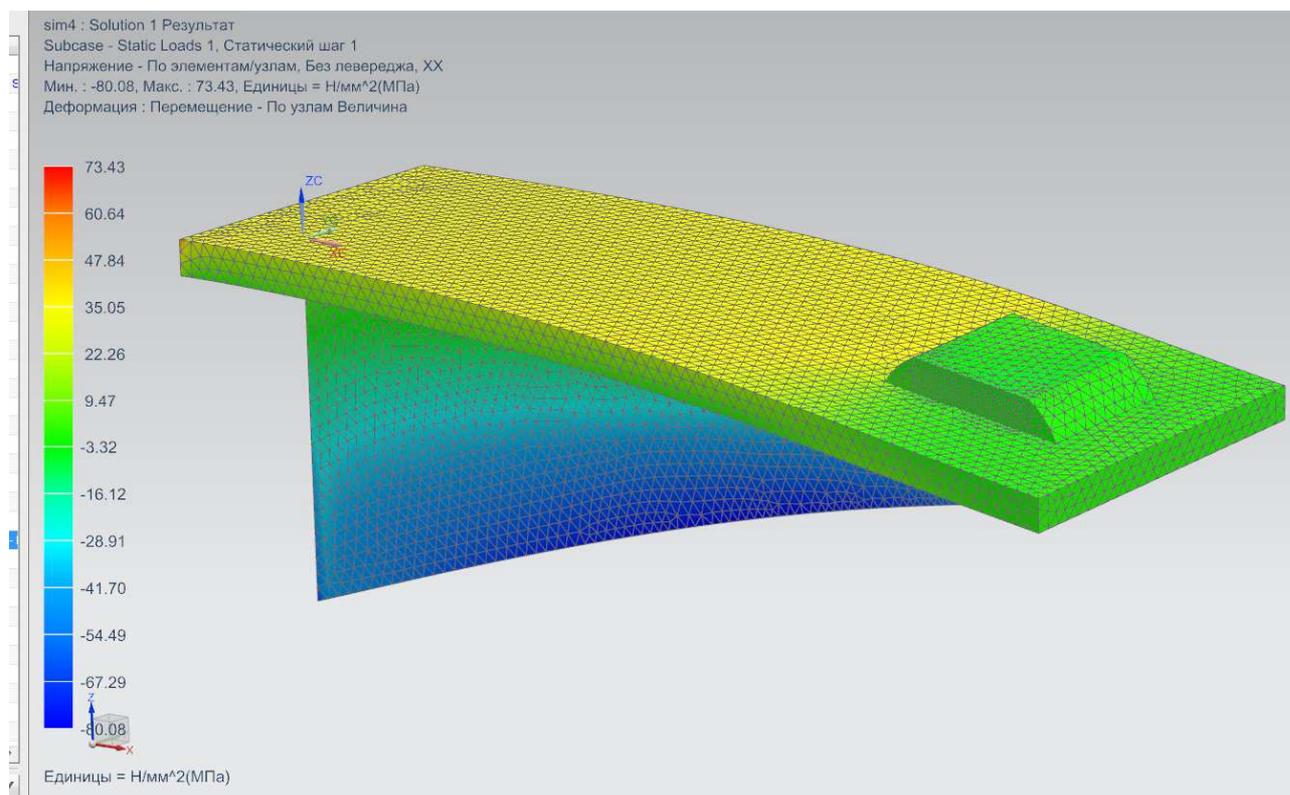


Рис. 6. Распределение напряжений

### Список литературы

1. Федоров А.Л. Обучение трехмерному моделированию в машиностроительных САПР // Автоматизированное проектирование в машиностроении – 2018. – №6. – С. 99-102.
2. Федоров А.Л. Компьютерные технологии исследования свойств сложных сварных соединений, и имеющих технологические дефекты / А.Л. Федоров, О.В. Шашкин // Современные проблемы повышения эффективности сварочного производства Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием. Тольятти, 2006. С. 135-138.

### Сведения об авторах:

*Федоров Андрей Львович* – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Сварка, обработка металлов давлением и родственные процессы», ТГУ, г.Тольятти;

*Советкин Дмитрий Эдуардович* – преподаватель кафедры «Сварка, обработка металлов давлением и родственные процессы» Тольяттинского государственного университета, ТГУ, г.Тольятти.

### MODELING OF WELDED JOINTS IN SEVERE CAD

*Fedorov A.L, Sovetkin D.E.*

**Keyword:** computer-aided design, three-dimensional models, welds, modeling of welds.

**Abstract.** The problems of modeling of welds in the creation of three-dimensional models of technical objects are considered. It is shown that the use of specialized software modules allows to expand the possibilities of studying the behavior of models of welded structures under the action of external loads.