

Студенческий научный электронный журнал

# StudArctic Forum

## 2022. Т. 7, № 1

### Главный редактор

И. М. Суворова

### Заместитель главного редактора

А. А. Малышко

### Ответственный секретарь

П. С. Воронина

### Редакционный совет

С. В. Волкова  
М. И. Зайцева  
Г. Н. Колесников  
В. С. Сютёв  
В. А. Шлямин

### Редакционная коллегия

А. Ю. Борисов  
Р. В. Воронов  
Т. А. Гаврилов  
Е. О. Графова  
Л. А. Девятникова  
А. А. Ившин  
А. А. Кузьменков  
Е. Н. Лузгина  
Ю. В. Никонова  
М. И. Раковская  
А. А. Скоропадская  
Е. И. Соколова  
И. М. Соломещ  
А. А. Шлямина

### Службы поддержки

Е. В. Голубев  
А. А. Малышко

### Издатель

ФГБОУ «Петрозаводский государственный университет»  
Российская Федерация, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

### Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Ленина, 33.  
E-mail: [saf@petrsu.ru](mailto:saf@petrsu.ru)  
<http://saf.petrso.ru>

Scientific journal  
**StudArctic Forum**

**2022. Vol. 7, No. 1**

**Editor-in-Chief**

Irina M. Suvorova

**Deputy Editor-in-Chief**

Anton A. Malyshko

**Editorial secretary**

Polina S. Voronina

**Editorial Council**

Svetlana V. Volkov  
Maria I. Zaitseva  
Gennadiy N. Kolesnikov  
Vladimir S. Syunev  
Valery A. Shlyamin

**Editorial Team**

Alexey Yu. Borisov  
Roman V. Voronov  
Timmo A. Gavrilov  
Elena O. Grafova  
Lyudmila A. Devyatnikova  
Alexander A. Ivshin  
Alexander A. Kuzmenkov  
Elena N. Luzgina  
Yulia V. Nikonova  
Marina I. Rakovskaya  
Anna A. Skoropadskaya  
Evgeniya I. Sokolova  
Ilya M. Solomeshch  
Anastasia A. Shlyamina

**Support Services**

Evgeniy V. Golubev  
Anton A. Malyshko

**Publisher**

© Petrozavodsk State University, 2012—2022

**Address**

33, Lenin av., 185910 Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia  
E-mail: [saf@petsu.ru](mailto:saf@petsu.ru)  
<http://saf.petsu.ru>

## Технологии материалов

**СУЛКОНЕН**  
**Максим Сергеевич**

бакалавриат, Петрозаводский государственный университет  
(Петрозаводск, Российская Федерация),  
*maks.sulkonen@list.ru*

### Расчет сварного шва грузоподъемного приспособления

**Научный руководитель:**

Шубин Андрей Аркадьевич

Статья поступила: 29.03.2022;

Принята к публикации: 29.03.2022;

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы расчета и проектирования сварных металлоконструкций в машиностроении. Приведен пример конструкции грузоподъемного приспособления и проведены расчеты на прочность по методике сопротивления материалов и методом конечных элементов при помощи отечественного программного обеспечения. Сделаны выводы о работоспособности конструкции.

**Ключевые слова:** расчет сварных швов, грузоподъемное приспособление, грузоподъемная траверса, расчет методом конечных элементов

**Для цитирования:** Сулконен М. С. Расчет сварного шва грузоподъемного приспособления // StudArctic Forum. 2022. Т. 7, № 1. С. 61—67.

Объектом для проведения расчета является траверса, предназначенная для осуществления погрузки кассет с заготовками на выкатной под печи и последующего снятия их с пода для дальнейшего перемещения в закалочную ванну. Для правильной термообработки необходимо выдержать заданное расстояние между кассетами с заготовками. Конструкция должна быть жёсткой, поэтому потребуется применение сварки. 3D модель траверсы представлена на рисунке 1.

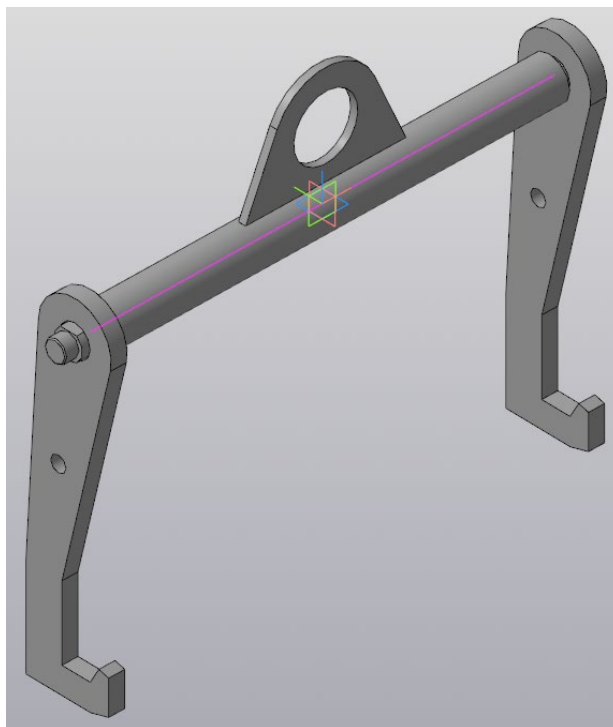


Рис. 1. 3D модель проектируемой траверсы

Выполним расчет наиболее нагруженного элемента конструкции — сварного шва вала траверсы и уха, за которое предполагается осуществлять подъем и перемещение данного приспособления с грузом. Важно обеспечить достаточную прочность сварного шва. Это необходимо для безопасной и продолжительной эксплуатации изделия.

Прицепное ухо соединяется с валом траверсы посредством стыкового сварного шва. Сварка производится с одной стороны, непрерывным швом. Перед началом сварки необходимо сделать разделку кромки уха фаской 5 мм под углом 45°, на длине 300 мм. Положение сварного шва представлено на рисунке 2.

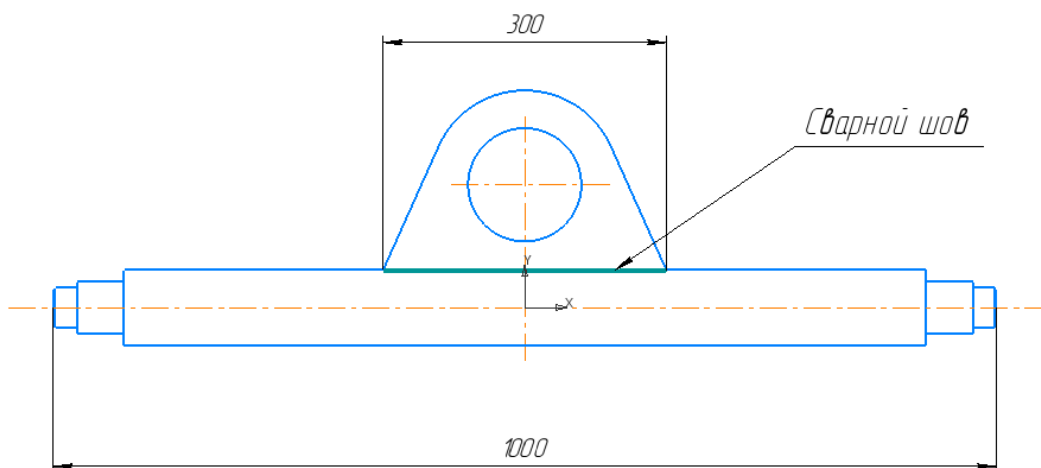


Рис. 2. Положение сварного шва

Детали изготовлены из углеродистой стали обыкновенного качества Ст3. Сварка электродуговая производится вручную электродами Э42А по ГОСТ 9467 – 75. Максимальная нагрузка  $P$ , воздействующая на сварной шов равна 18 375 Н. Ухо изготовлено из листового проката толщиной 14 мм. Число сварных швов  $n = 1$ .

Для используемого материала – Ст3 допустимое напряжение на растяжение  $\sigma_T = 220$  МПа. Коэффициент запаса прочности принимаем  $S_T = 1,5$ . Отсюда:

$$[\sigma]_P = \frac{\sigma_T}{S_T} = \frac{220}{1,5} = 146,66 \text{ МПа.}$$

Допустимое напряжение при растяжении для материала сварного шва равно  $[\sigma]_T = 146,66$  МПа.

Рассчитаем действующее напряжение при растяжении сварного шва во время номинальной эксплуатации:

$$[\sigma] = \frac{P}{l \cdot s} = \frac{18375}{300 \cdot 14} = 4,375 \text{ МПа}$$

где  $s$  – ширина привариваемого уха равная 14 мм.

Проверяем условие прочности:

$$[\sigma] \leq [\sigma]_P$$

$$4,375 \text{ МПа} \leq 146,66 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Эпюра сил, действующих на сварной шов при эксплуатации траверсы представлена на рисунке 3.

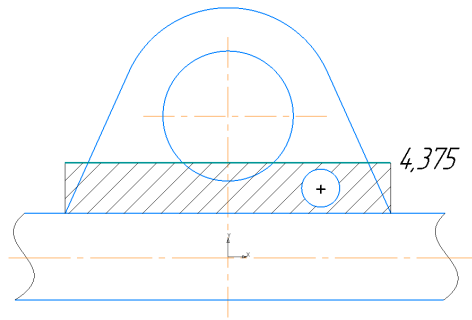


Рис. 3. Эпюра сил, действующих на сварной шов при эксплуатации траверсы.

Как видно, сварной шов обладает значительным запасом прочности и расчетное напряжение намного меньше допускаемого. При расчете методика была применена с некоторыми упрощениями, но это сильно не повлияло на результат расчета.

Проверим выполненный расчет сварного шва с использованием библиотеки АРМ FEM для КОМПАС 3D 18. Программа установлена в компьютерном классе для студентов института лесных, горных и строительных наук. Для начала расчета была смоделирована трехмерная модель траверсы (рис. 4) с упрощенным изображением проверяемого сварного шва (рис. 5). Для расчета предполагается, что сварной шов на 10 мм короче соединения (моделируется непровар). Контакт с соединяемыми деталями модели шва осуществляется по плоскостям соприкосновения с деталями.

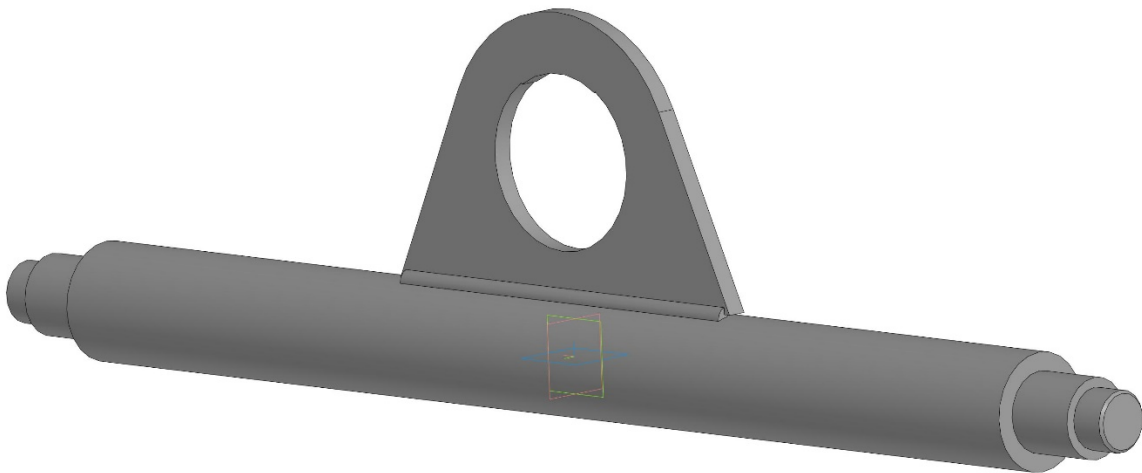


Рис. 4. 3D модель траверсы со швом

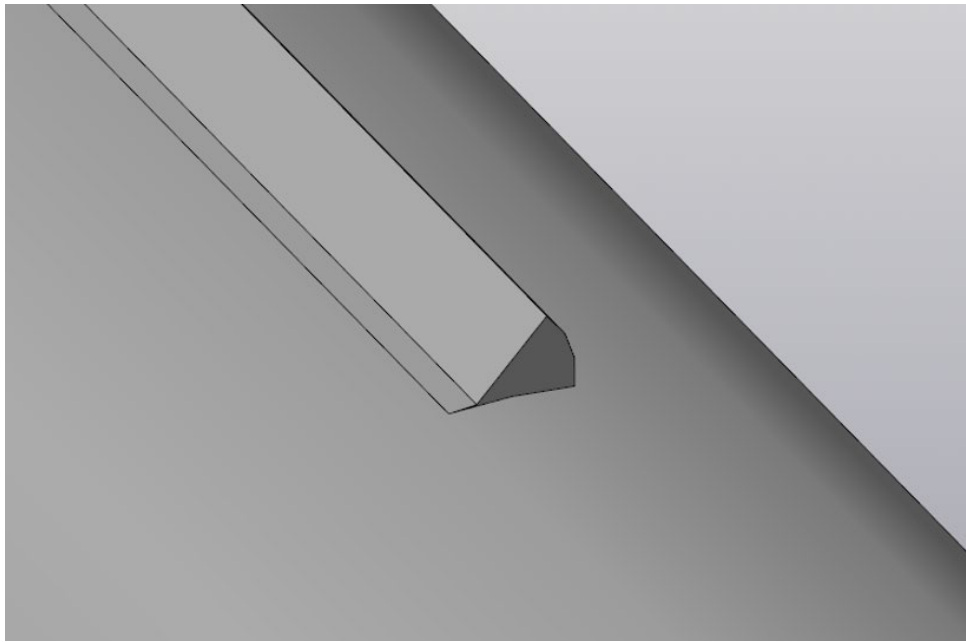


Рис. 5. Модель сварного шва

Для дальнейшего расчета на трехмерной модели были расставлены закрепления и нагрузки, действующие на модель. Результаты расчета приведены на рисунках 6 и 7

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [МПа]	0	829.02999

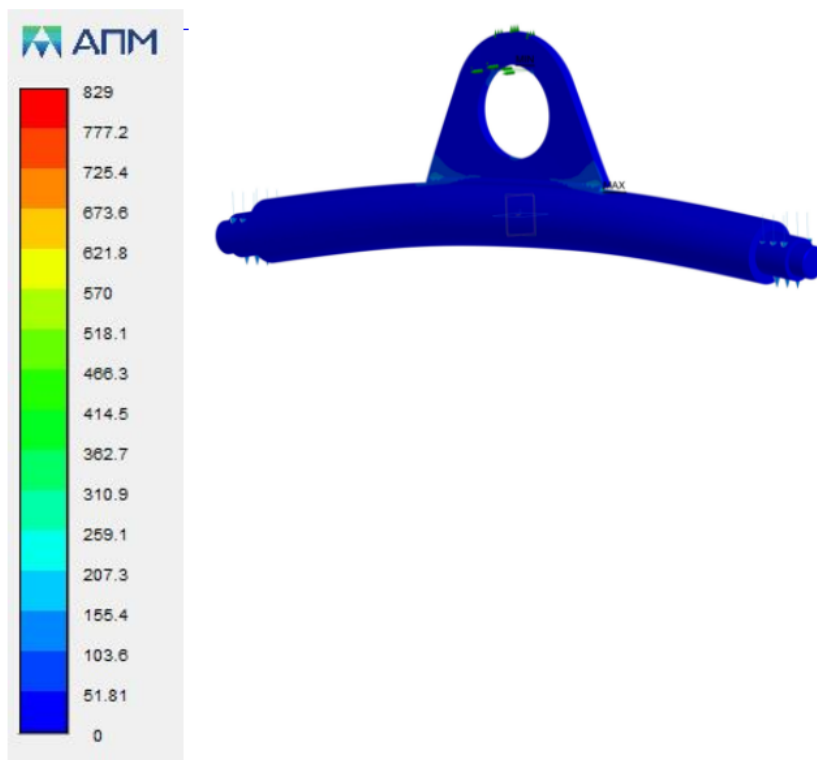


Рис. 6. Результаты расчета напряжения

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по прочности		0.494554	10

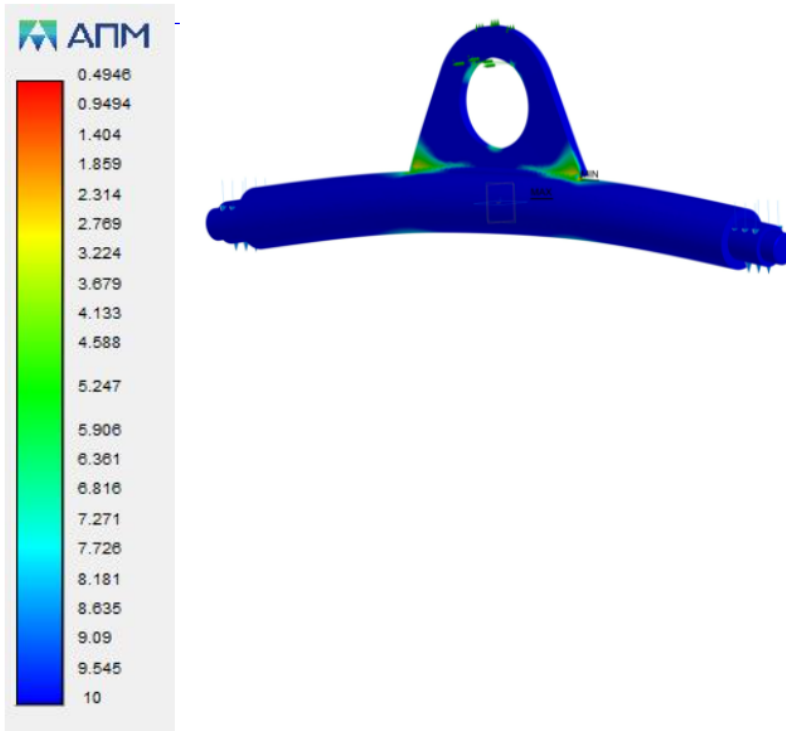


Рис. 7. Результаты расчета коэффициента запаса по прочности

Помимо расчетов в КОМПАС 3D 18, также был проведен расчет в библиотеке Simulation для Solidworks. В программе были выполнены те же действия что и в КОМПАС 3D 18. Сварной шов был выполнен встроенным инструментом. 3D модель представлена на рисунке 8. После моделирования и подготовки модели были проведены расчеты (рис. 9, 10).

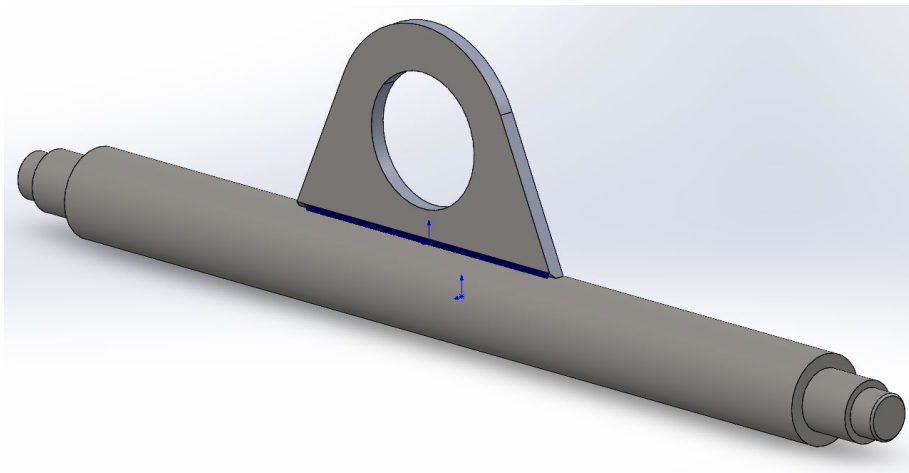


Рис. 8. 3D модель траверсы с сварным швом

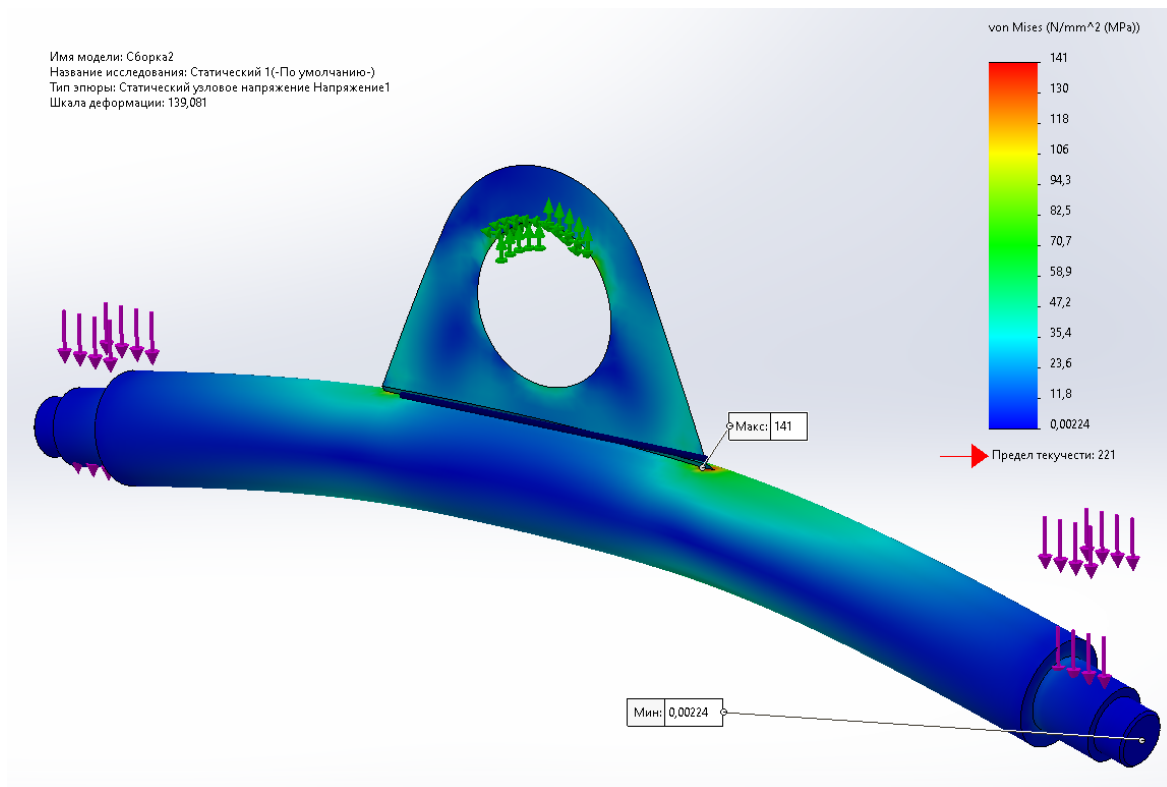


Рис. 9. Результаты расчета напряжения

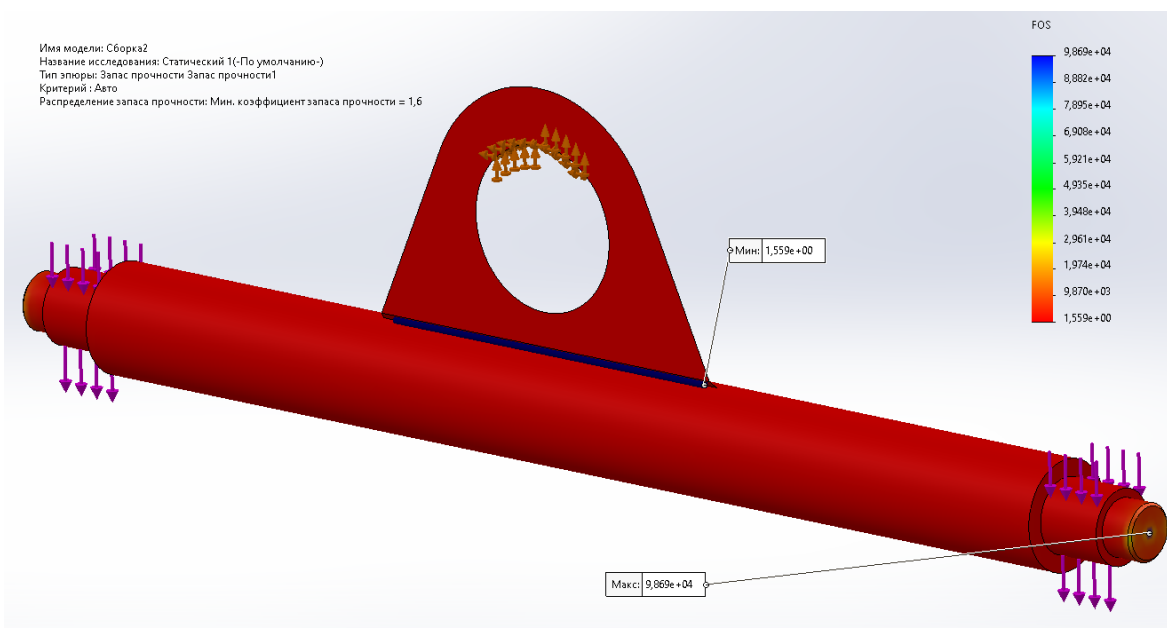


Рис. 10. Результаты расчета коэффициента запаса по прочности

Исходя из результатов моделирования сварного шва в двух программах, можно сделать вывод, что самыми нагруженными и опасными местами сварного шва являются его края, где образуются концентраторы напряжения. По краям сварного шва возникают концентрации местных напряжений, где коэффициент запаса может снижаться ниже предельно допустимого значения. Минимальный коэффициент запаса при расчете в КОМПАС 3D 18 составляет 0.49, при расчете в Solidworks 1.6. Тем не менее, эти напряжения не оказывают существенного влияния на работоспособность конструкции. Конструкция работоспособна, она изготовлена и успешно эксплуатируется. Полученные результаты иллюстрируют особенности программы КОМПАС 3D 18. К сожалению, в данной отечественной программе отсутствуют возможности для моделирования сварных швов в



металлоконструкциях штатными средствами. Приходится делать это вручную. Библиотека АРМ FEM для КОМПАС позиционируется разработчиком как версия для учебных целей, что снимает возможные замечания. Поэтому результаты расчетов методом конечных элементов (не только в этой программе) всегда следует проверять по формулам сопротивления материалов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Вайсон А. А. Крановые грузозахватные устройства : справочник. Москва: Машиностроение, 2005. 304 с.

Кисленков В. В. Оборудование термических цехов: учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2011. 142 с.

Расчет сварных соединений - формулы, параметры и примеры : [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nauka.club/materialovedenie/raschet-svarnykh-soedineniy.html> — (дата обращения: 12.05.2021).

Изготовление траверс крюковых подвесок : [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kranmash.su/Entsiklopediya-proizvodstva-podemnich-kranov/Izgotovlenie-travers-kriukovich-podvesok.html>. (дата обращения: 12.05.2021).

Система прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D. Версия 18.0. Режим доступа: <https://apm.ru/apm-fem>. (дата обращения: 13.12.2021).

### Materials technology

**Maksim S. SULKONEN**

bachelor, Petrozavodsk State University  
(Petrozavodsk, Russian Federation),  
[maks.sulkonen@list.ru](mailto:maks.sulkonen@list.ru)

## Calculation of the welded seam of the lifting device

#### Scientific adviser:

Andrey A. Shubin

Paper submitted on: 03/29/2022;

Accepted on: 03/29/2022;

**Abstract.** The article deals with the issues of calculation and design of welded metal structures in mechanical engineering. An example of the design of a lifting device is given and strength calculations are carried out using the method of resistance of materials and the finite element method using domestic software. Conclusions are drawn about the performance of the design.

**Keywords:** calculation of welds, lifting device, lifting beam, calculation by the finite element method

**For citation:** Sulkonen, M. Calculation of the welded seam of the lifting device. *StudArctic Forum*. 2022; 7(1): 61—67.

### REFERENCES

Vaison A. A. Crane lifting devices : handbook. Moscow: Mashinostroenie, 2005. 304 p.

Kislenkov V. V. Equipment of thermal workshops: textbook. St. Petersburg: SPbGPU, 2011. 142 p.

Calculation of welded joints - formulas, parameters and examples : [Electronic resource]. Access mode: <https://nauka.club/materialovedenie/raschet-svarnykh-soedineniy.html> — (accessed: 12.05.2021).

Manufacture of traverse hook suspensions : [Electronic resource]. Access mode: <http://www.kranmash.su/Entsiklopediya-proizvodstva-podemnich-kranov/Izgotovlenie-travers-kriukovich-podvesok.html>. (accessed: 12.05.2021).

APM FEM strength analysis system for COMPASS-3D. Version 18.0. Access mode: <https://apm.ru/apm-fem>. (accessed: 13.12.2021).