

Расчет прочности траверсы и моделирование распределения напряжений

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данного исследования является расчет прочности траверсы и моделирование распределения напряжений в ней. Используются поисковые, аналитические и сравнительные методы исследования. В результате выполнены расчёты по определению прочности траверсы и рассмотрен характер распределения нагрузок в ней.

Ключевые слова: строительство, расчет, прочность, траверса, моделирование, напряжение.

Calculation of cross-beam rigidity and modeling of stress distribution

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to calculate the strength of the cross-beam and model the distribution of stresses in it. Search, analytical and comparative research methods were used. As a result, calculations were performed to determine the strength of the cross-beam and the nature of the distribution of loads in it was considered.

Keywords: construction, calculation, strength, traverse, modeling, stress.

1 Введение

Сварные соединения являются одним из ключевых элементов металлоконструкций, обеспечивающих их прочность, надежность и долговечность. Особое значение расчет сварных швов приобретает в грузоподъемных устройствах, где от качества соединения зависит безопасность эксплуатации и эффективность выполнения технологических операций. В данной статье рассматривается методика расчета сварного шва траверсы, используемой для перемещения кассет с заготовками в процессе термообработки.

В процессе работы необходимо обеспечить высокую прочность сварных соединений в условиях значительных механических нагрузок. Траверса, являясь несущим элементом, подвергается воздействию растягивающих и изгибающих сил, что требует тщательного проектирования и проверки ее работоспособности (рис.1).

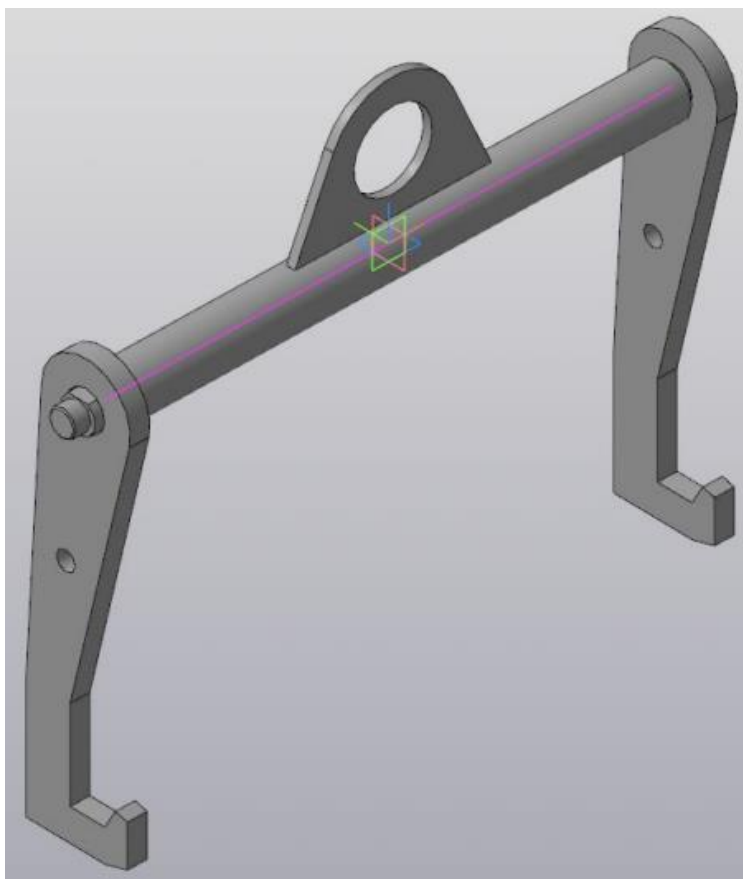


Рисунок 1. 3D модель траверсы

В работах Ю.А. Кочунова, Д.А. Колмакова, Д.В. Егорова и С.В. Шевченко, Д.С. Шандриковой, А.П. Иващенко определены прочностные характеристики траверсы [1, 2, 3]. В статье А.Л. Гусева, Г.И. Павлова, О.Р. Ситникова, В.В. Максимова, О.В. Воркунова, О.Е. Куракиной описывается область применения траверсы [4]. В публикации Д.Р. Падерин, И. Чухлов, А.А. Каплина, А.А. Сорокина исследуются способы усовершенствования конструкции траверсы [5].

Целью исследования является расчет прочности траверсы и моделирование распределения напряжений в ней.

В результате работы выполнены расчёты по определению прочности траверсы и рассмотрен характер распределения нагрузок в ней.

2 Понятие траверса, ее функции и области применения

Траверса представляет собой важный элемент грузоподъемных приспособлений, выполняющий ключевую роль в процессе перемещения различных грузов. По своей сути это жесткая металлическая конструкция, чаще всего выполняемая в виде балки или пространственной рамы, которая служит связующим звеном между подъемным механизмом (краном, тельфером или другим грузоподъемным устройством) и непосредственно перемещаемым грузом.

Основное функциональное назначение траверсы заключается в обеспечении безопасного и эффективного подъема грузов. Конструкция

траверсы разрабатывается таким образом, чтобы равномерно распределять нагрузку между точками крепления; предотвращать возможные перекосы и деформации груза при подъёме; обеспечивать точное позиционирование груза в пространстве; гарантировать необходимую жёсткость всей системы в процессе эксплуатации.

В зависимости от решаемых задач и особенностей эксплуатации, траверсы могут иметь различное конструктивное исполнение. Наиболее распространёнными являются:

1. Прямолинейные траверсы (простейший вариант в виде балки, применяемый для подъёма грузов с двумя точками крепления);
2. Пространственные траверсы (более сложные рамные конструкции, используемые при работе с крупногабаритными грузами) (рис.2);



Рисунок 2. Пространственная траверса

3. Специализированные траверсы (разрабатываемые под конкретные технологические операции или особые виды грузов).

Область применения траверс чрезвычайно широка. Они являются неотъемлемой частью технологического оборудования в металлургическом производстве, машиностроительных предприятиях, складских комплексах и других отраслях.

3 Расчёт шва, соединяющего ухо со стержнем, на прочность

Траверса и ее элементы изготовлены из углеродистой стали Ст3, которая широко применяется в машиностроении благодаря хорошей свариваемости и достаточной прочности. Для соединения деталей использовалась ручная дуговая сварка.

Перед сваркой выполнена разделка кромок уха под углом 45° на длине 300 мм, что способствует улучшению провара и повышению прочности соединения. Сварной шов выполнен непрерывным, с одной стороны, что соответствует требованиям к конструкциям, работающим на растяжение (рис.3).

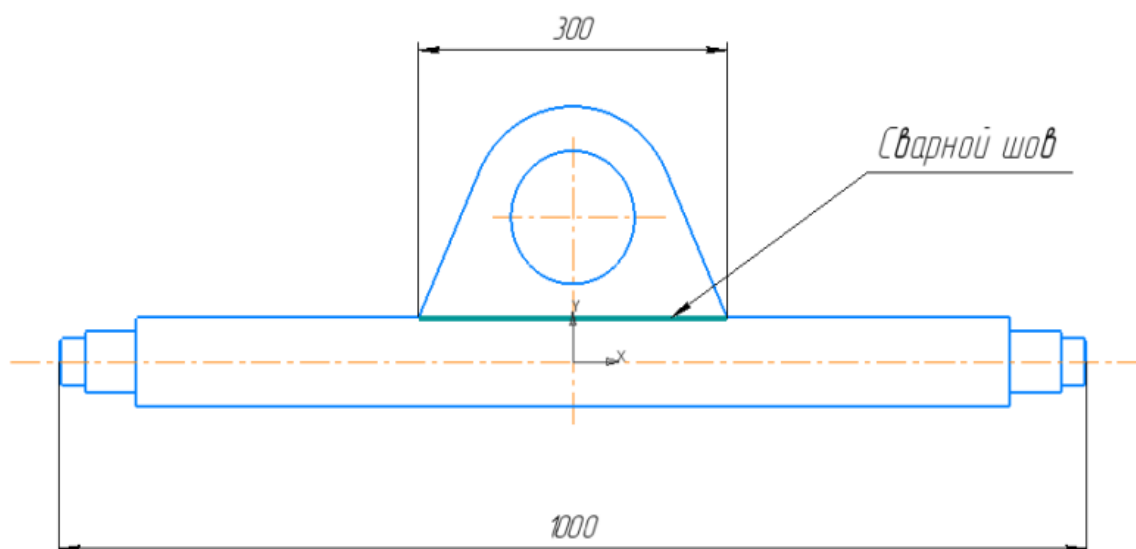


Рисунок 3. Чертеж траверсы

Максимальная нагрузка (P), воздействующая на сварной шов равна 18375 Н. Материал, применяемый для изготовления уха, - листовой прокат толщиной 14 мм. Детали прикреплены друг к другу посредством одного монолитного шва ($n=1$).

Для используемой стали – Ст3 допускается напряжение на растяжение $\sigma_T = 220$ МПа, а коэффициент запаса прочности S_T принимаем равным 1,5.

Рассчитаем допустимое напряжение при растяжении:

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

Перейдем к вычислению действующего напряжения при растяжении:

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

s – толщина уха.

Проверим условие прочности:

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

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

Условие выполняется, таким образом, можно сделать вывод, что шов значительным запасом прочности и расчетное напряжение намного меньше допускаемого.

Построим эпюры распределения напряжений (рис.4).

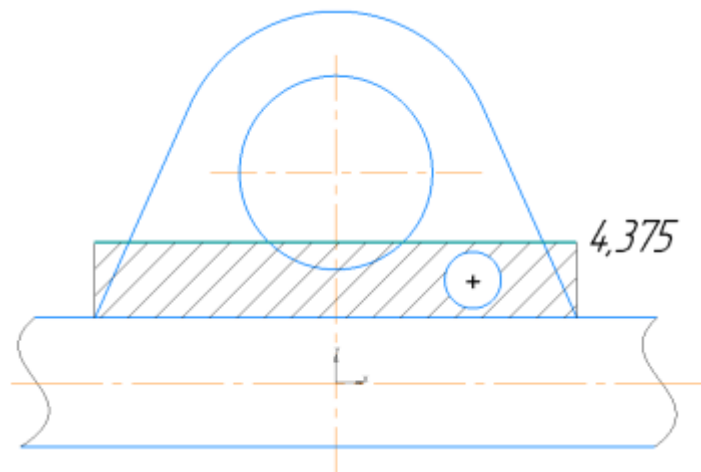


Рисунок 4. Эпюра напряжений, возникающих при эксплуатации траверсы

4 Расчет в программе КОМПАС 3D

Выполним расчет в программе КОМПАС 3D, чтобы определить места конструкции с наибольшим напряжением. Для данных вычислений создана трехмерная модель траверсы с проверяемым сварочным швом (рис.5). Также предполагается, что сварочных швов окажется короче на 10 мм, чтобы смоделировать “непровар”.

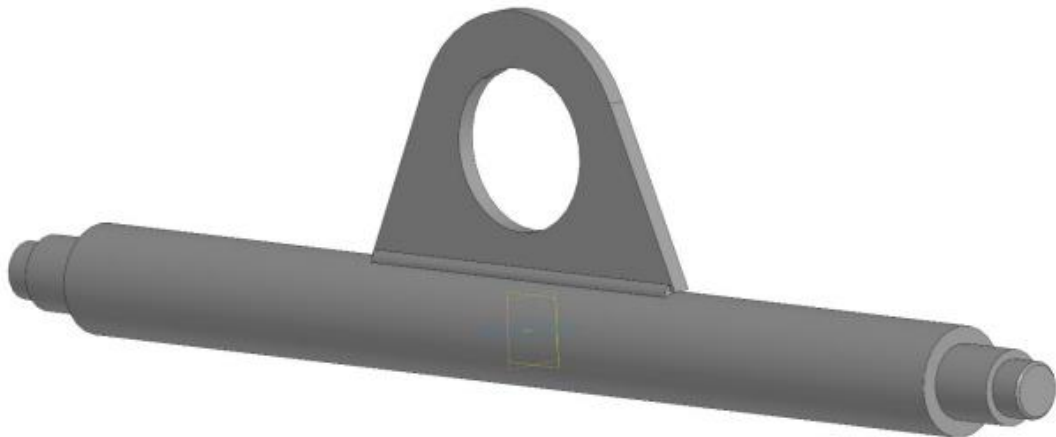


Рисунок 5. Моделирование траверсы со швом

Результаты расчета приведены на рисунке 6 и 7.

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

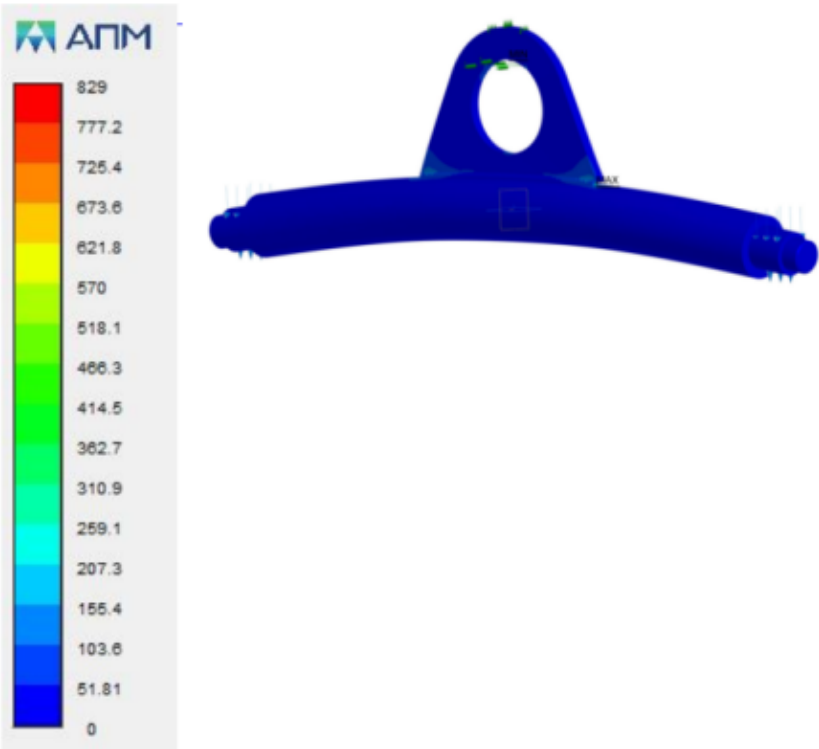


Рисунок 6. Результаты расчета напряжений

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

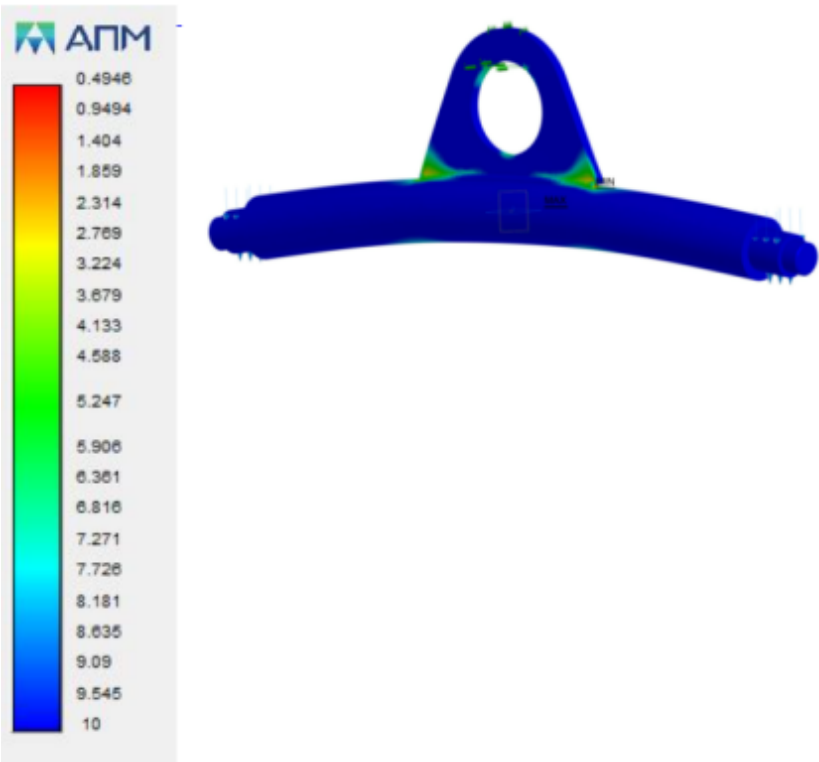


Рисунок 7. Результаты расчета коэффициента запаса по прочности

Руководствуясь результатами моделирования сварного шва, можно сделать вывод, что самые опасные и нагружаемые части конструкции – края сварного шва. Здесь возникают концентрации местных напряжений, что приводит к снижению коэффициента запаса. Однако эти напряжения не оказывают существенного влияния на работоспособность конструкции.

5 Заключение

Таким образом, применение современных расчетных методов, позволяет более детально анализировать напряженное состояние конструкций и выявлять потенциальные слабые места. Однако для обеспечения достоверности результатов необходимо сочетать численное моделирование с проверочными расчетами по классическим методикам.

Библиографический список

1. Кочунов Ю.А., Колмаков Д.А., Егоров Д.В. Аналитическое определение механической прочности композитной траверсы для ВЛ 6-10 кВ// Наука и образование транспорту. 2022. №2. С. 29-34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50156220>
2. Шевченко С.В., Шандрикова Д.С., Иващенко А.П. Исследование прочности несущих элементов средней траверсы промежуточной двухцепной опоры ВЛ 35-110 кВ// России – творческую молодёжь. 2020. С. 137-141. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=4379660>
3. Кочунов Ю.А., Егоров Д.В. Определение механической прочности композитной траверсы для ВЛ 6-10 кВ методом конечных элементов// Мир транспорта. 2024. №1. С. 17-23. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=75188218>
4. Гусев А.Л., Павлов Г.И., Ситников О.Р., Максимов В.В., Воркунов О.В., Куракина О.Е. О применении пресскомпозитных материалов для траверс ВЛ 6(10) кВ// Вестник казанского государственного энергетического университета. 2023. №3. С. 3-16. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=55051815>
5. Падерин Д.Р., Чухлов И., Каплина А.А., Сорокина А.А. Оптимизация конструктивных особенностей траверсы в SOLIDWORKS// Наука и современное общество: актуальные вопросы, достижения и инновации. 2020. С. 65-68. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41719365>