

Меламед Семен Михайлович

Студент

Балтийский государственный технический университет «Военмех»

им. Д.Ф. Устинова

Melamed Semen Mikhailovich

Student

Baltic State Technical University " Voenmeh" named after D.F. Ustinov

Титух Игорь Николаевич

доцент, кандидат технических наук

Балтийский государственный технический университет «Военмех»

им. Д.Ф. Устинова

Titukh Igor Nikolaevich

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

Baltic State Technical University " Voenmeh" named after D.F. Ustinov

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ РАМЫ ПРИЦЕПА С ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ПОДВЕСКОЙ

Аннотация: Статья посвящена расчету прочности рамы прицепа с пневматической подвеской, что является важной задачей для обеспечения безопасности и долговечности транспортных средств. Целью исследования является анализ нагрузок, действующих на раму прицепа, и определение её прочностных характеристик с учетом особенностей работы пневматической подвески. В работе рассматриваются статические нагрузки, действующие на раму прицепа.

Методика расчета основывается на использовании теоретических методов, таких как метод конечных элементов, с применением специализированных программных комплексов для моделирования поведения конструкции. Для определения факторов, влияющих на прочность, учитываются такие параметры, как геометрия рамы, свойства материала и особенности пневматической подвески, такие как ее жесткость.

Для решения поставленной задачи была смоделирована трёхмерная модель исследуемой рамы и проведен статический анализ конструкции. Результаты исследования позволяют оптимизировать конструкцию рамы прицепа, а также могут быть использованы для разработки новых стандартов безопасности для прицепов с пневматической подвеской.

Abstract: The article is devoted to calculating the strength of a trailer frame with an air suspension, which is an important task for ensuring the safety and durability of vehicles. The purpose of the study is to analyze the loads acting on the trailer frame and determine its strength characteristics, taking into account the specifics of the air suspension. The paper considers static loads acting on the trailer frame.

The calculation methodology is based on the use of theoretical methods, such as the finite element method, using specialized software packages for modeling the behavior of the structure. To determine the factors affecting strength, parameters such as frame geometry, material properties, and air suspension features such as its rigidity are taken into account.

To solve this problem, a three-dimensional model of the frame under study was modeled and a static analysis of the structure was performed. The results of the study make it possible to optimize the design of the trailer frame, and can also be used to develop new safety standards for trailers with air suspension.

Ключевые слова: грузоперевозки, оценка запаса прочности, пневматическая подвеска, пневматическая рессора, прицеп, транспорт.

Key words: cargo transportation, safety margin assessment, air suspension, air spring, trailer, transport.

В данной работе проводится анализ прочности рамы легкового прицепа с пневматической подвеской. Такие прицепы становятся все более популярными в различных сферах деятельности. Их уникальная конструкция обеспечивает не только высокий уровень комфорта при транспортировке, но и

улучшенные характеристики управляемости и устойчивости на дороге. Однако несмотря на все их преимущества, проектирование прицепов с пневматической подвеской требует тщательной оценки прочности рамы.

Целью исследования является проверка прочности исследуемой рамы при статическом нагружении с учетом особенностей работы пневматической подвески.

В ходе исследования основным методом анализа является численное моделирование с использованием метода конечных элементов.

В данной работе исследуется прочность рамы 2-осного прицепа при действии на нее статической нагрузки, величиной 1500 кг. Для проведения прочностного введем ряд изменений, упрощающих трехмерную модель. Для создания исследуемой 3D модели использовалась программа Solidworks. Результаты моделирования представлены на рисунке 1.

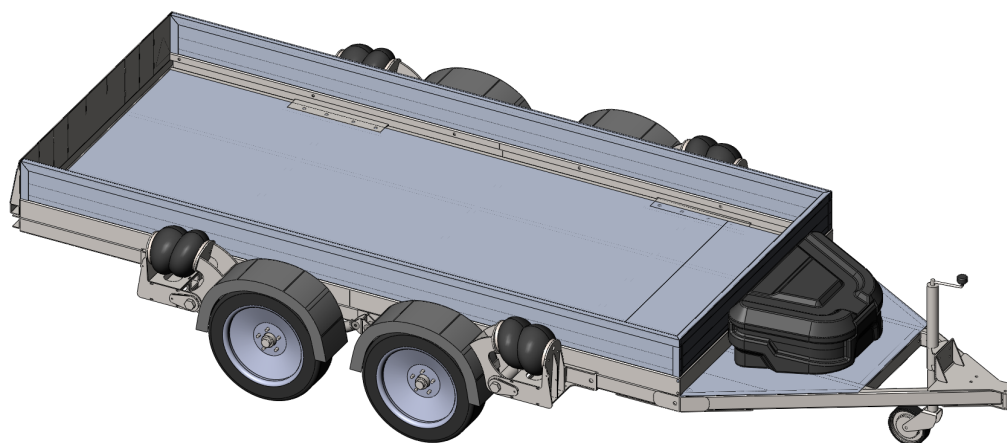


Рисунок 1. Исследуемая модель прицепа

Для проведения дальнейшего анализа введем ряд изменений, упрощающих последующие расчеты:

1) Подвеска прицепа заменена упругими элементами с коэффициентом жесткости 10000 Н/мм для горизонтальных пружин и 10000 Н/мм для вертикальных;

2) Кофр (ящик) прицепа, в котором находится блок управления пневматической подвеской, и аппарат заменены точечными массами величиной 30 и 31 кг соответственно;

3) Алюминиевые борта также были заменены точеными массами. Боковые величиной по 10 кг и передний величиной 3,5 кг.

Трехмерная модель рамы, с введенными упрощениями, представлена на рисунке 2.

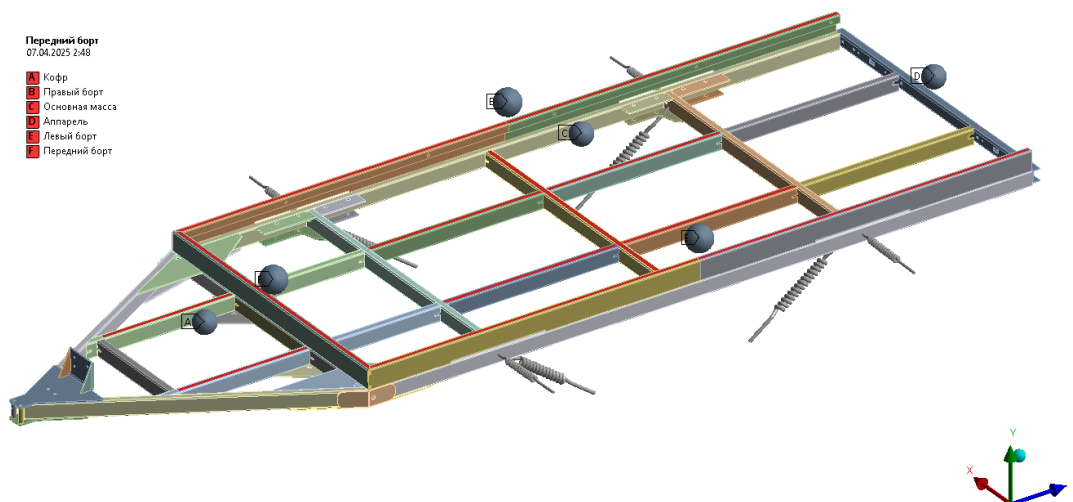


Рисунок 2 – Исследуемая 3D модель

Граничными условиями для данного расчета, помимо заданных пружин, имитирующих подвеску, является закрепление посадочных отверстий сцепного устройства прицепа путем ограничения всех линейных перемещений. Такой тип закрепления имитирует сцепление прицепа с фаркопом тягача. Данное закрепление реализуется при помощи команды Remote Displacement, путем запрета всех линейных перемещений. В качестве нагрузки в данном расчёте выступает сила земного тяготения, направленная вдоль оси Y. Граничные условия и прикладываемые нагрузки показаны на рисунке 3.

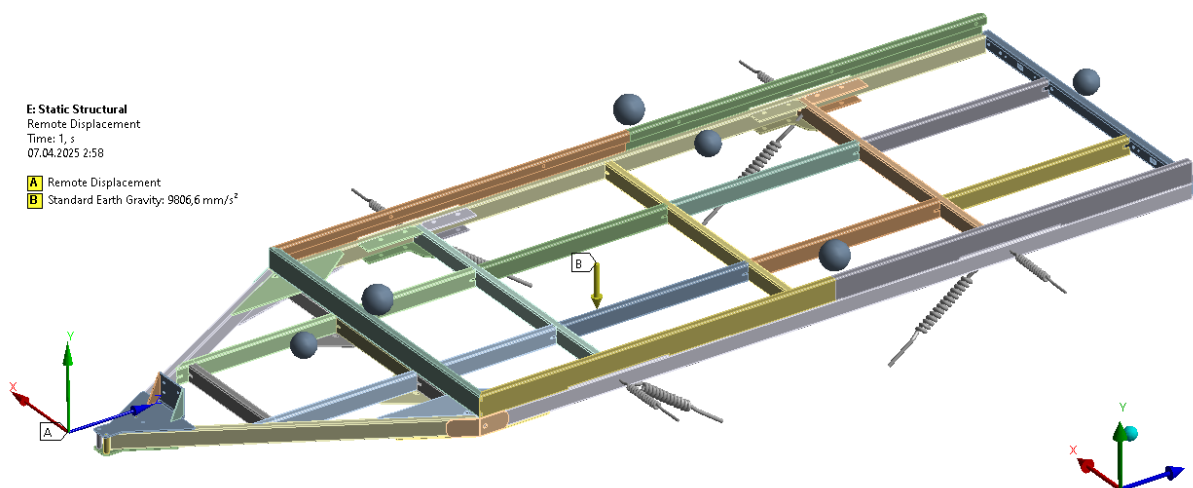


Рисунок 3 – Граничные условия и прикладываемые нагрузки

Для создания конечно-элементной модели преимущественно использовались такие виды элементов как Tetrahedron. Размер элементов сетки – 5 мм. Результат создания сетки представлен на рисунке 4.

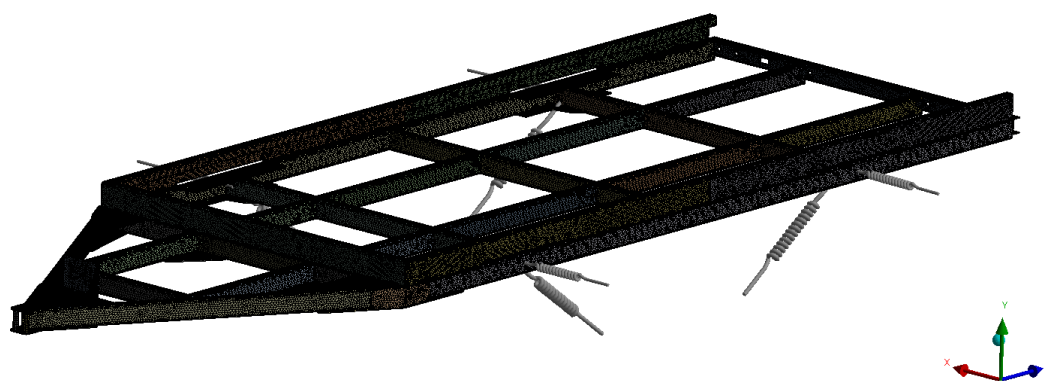


Рисунок 4 – Конечно-элементная модель

Количество узлов в данной модели – 1749247, количество элементов – 877772. Среднее качество сетки (по критерию element quality) – 59,02%. Средний разброс качества – 16,02%.

В ходе решения данной задачи было определено, что наибольшими являются нормальные напряжения вдоль оси X (поперечной оси прицепа). На рисунках 5 – 6 определены эпюры полных перемещений, и нормальных напряжений.

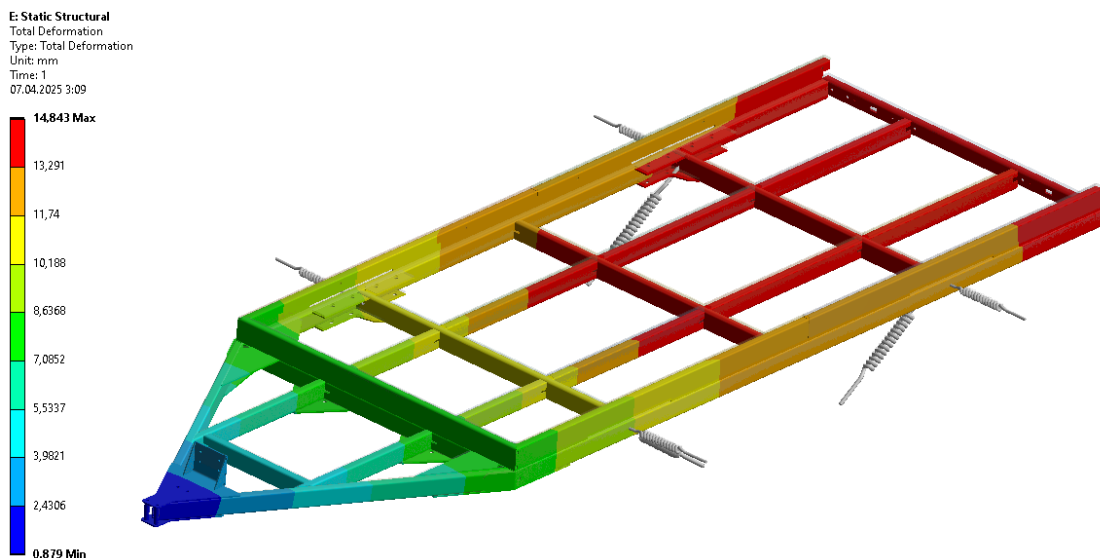


Рисунок 5 – Эпюра полных перемещений [мм]

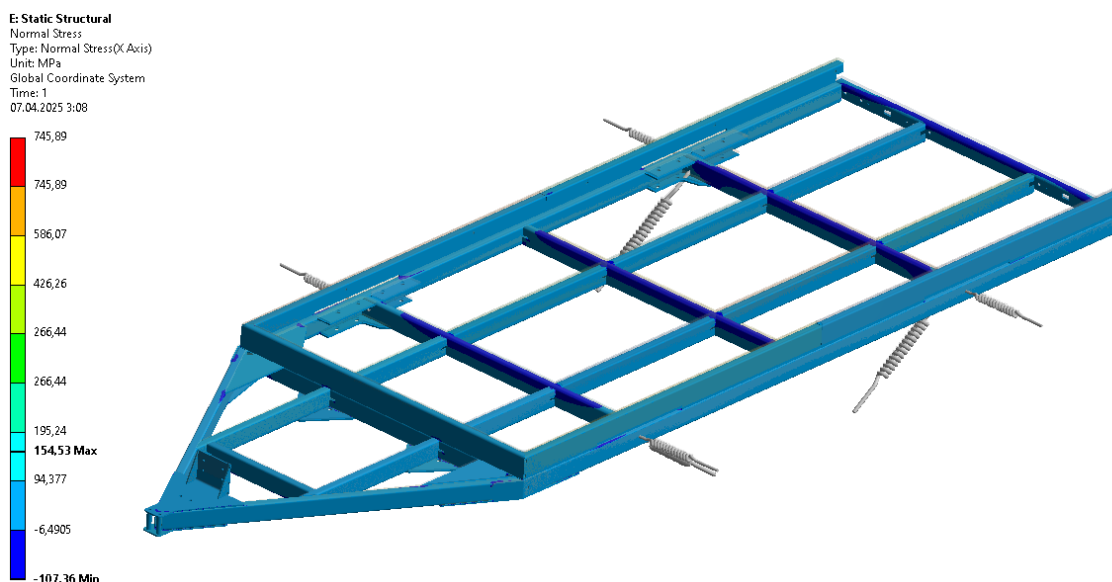


Рисунок 6 – Эпюра распределения нормальных напряжений
вдоль оси X [МПа]

Максимальные напряжения величиной 746 МПа возникают в месте, с недостаточно качественно выполненной моделью, поэтому примем, что максимальные нормальные напряжения, действительно возникающие в раме, появляются в зоне растяжения центральной поперечины и равняются 70 МПа Таким образом коэффициент запаса прочности составит:

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\text{ЭКВ}}} = \frac{255}{70} = 3,6 > 1,5$$

Как видно из выше представленной формулы условие прочности выполняется.

Результаты исследования прочности рамы прицепа показали, что максимальные напряжения в конструктивных элементах не превышают допустимых значений. Коэффициент запаса прочности составляет 1,5, что свидетельствует о достаточной надёжности конструкции при эксплуатации. Таким образом, прочность рамы прицепа при статическом нагружении обеспечивается, и конструкция может использоваться без внесения дополнительных усилений.

Список использованных источников

1. Исаков, С. Н. Жесткость гидроцилиндра / С. Н. Исаков, В. П. Сиваков, А. С. Малых // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: материалы XV Международной научно-технической конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет; [ответственный за выпуск Л. В. Малютина]. – Екатеринбург, 2024. – С. 369–373.
2. Бильдюк Н. А. Детали машин [Текст] : учебник для вузов / Н. А. Бильдюк [и др.] ; ред. В. Н. Ражиков. - СПб. : Политехника, 2015. - 699 с. – ISBN 978-5-7325-1001-0
3. Проектирование ходовых систем и кузовов : Методологические рекомендации к практическим занятиям для студентов специальности 1-37 01 02 «Автомобилестроение (по направлениям)» очной формы обучения. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2021. – 33