

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-3>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/134TVN316.pdf>

Статья опубликована 06.07.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чугунов М.В., Кечемайкин В.Н., Панин М.В., Полунина И.Н., Махров Г.А. Анализ статической прочности и жесткости несущих элементов конструкции электромогиля BravoEgo // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/134TVN316.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 629.3.015.4

Чугунов Михаил Владимирович

ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск¹
Заведующий кафедрой «Общетехнических дисциплин»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: m.v.chugunov@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1736
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5318-5684>

Кечемайкин Владимир Николаевич

ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск
Директор
Кандидат экономических наук, доцент
E-mail: vkech@yandex.ru

Панин Михаил Вячеславович

ООО «МордовАвто», Россия, Саранск
Главный конструктор
E-mail: kwantor@mail.ru

Полунина Ирина Николаевна

ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск
Доцент кафедры «Общетехнических дисциплин»
Кандидат педагогических наук
E-mail: my_pk@mail.ru
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=623947
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1093-8401>

¹ 431440, Республика Мордовия, г. Рузаевка, ул. Ленина, д. 93

Махров Геннадий Александрович

ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет»
Институт машиностроения
Филиал в г. Саранск, Россия, Саранск
Аспирант кафедры «Общетехнических дисциплин»
E-mail: g.a.makhrov@mail.ru

Анализ статической прочности и жесткости несущих элементов конструкции электромобиля BravoEgo

Аннотация. В данной статье рассматриваются прикладные аспекты решения задачи анализа статической прочности и жесткости несущих (силовых) элементов конструкции электромобиля BravoEgo. В качестве метода анализа используется метод конечных элементов, а в качестве среды моделирования – SolidWorks (Simulation). 3D модели реализованы в виде деталей и сборок, максимально адаптированных к последующему конечноэлементному анализу.

Конечноэлементная модель сформирована как комбинированная по принципу иерархии (стержни, балки, пластины, оболочки, объёмные тела), что облегчает адаптацию исходной 3D модели к последующей дискретизации. Разработаны граничные условия по перемещениям, обеспечивающие вычислительную эффективность и экономичность модели, а также адекватность получаемых результатов решения задачи анализа напряженно-деформированного состояния (НДС).

В качестве внешних воздействий рассматриваются: собственный вес конструкции, вес водителя и пассажира, вес аккумуляторных батарей. Результаты анализа НДС несущей рамы электромобиля представлены в наглядной форме, пригодной для оценки статической прочности и жесткости конструкции в виде карт эквивалентных напряжений по Мизесу и анимированного деформированного состояния.

Полученные результаты позволяют оценить проектное решение и сделать выводы о его эффективности с точки зрения рациональности выбранной конструктивной схемы. В качестве критериев рациональности рассматривается выполнение условий прочности по напряжениям, отсутствие явно выраженных нелокальных концентраторов напряжений и «мертвых зон».

Ключевые слова: электромобиль; несущие элементы конструкции; 3D-моделирование и конечноэлементный анализ; SolidWorks (Simulation); статическая прочность и жесткость; напряженно-деформированное состояние; рациональность проектного решения

Введение

Одна из основных задач, решаемых в процессе создания 3D-модели (сборки) силовой конструкции, состоит в адаптации сборки к последующему конечноэлементному анализу. Элементы (детали) сборки должны быть сформированы таким образом, чтобы с одной стороны обеспечить адекватность полученных результатов, а с другой стороны – экономичность модели (с точки зрения вычислительных затрат).

При этом важно формирование моделей деталей реализовать в соответствии с выбранной расчётной схемой, т.е. необходимо исключить необоснованное использование объёмных элементов там, где можно обойтись пластинами и оболочками и, соответственно, отказаться от использования оболочек и пластин в тех случаях, когда есть возможность использовать стержни (балки).

Дискретизация, или формирование конечноэлементной сетки – это одна из важнейших процедур конечноэлементного анализа, иначе называемая мешингом (meshing). Мешинг является нетривиальной задачей, в особенности для конструкций сложной геометрии, включающих в себя множество деталей (элементов). Существует несколько критериев, по которым оценивается эффективность мешинга: адекватность аппроксимации геометрии конструкции, качество сетки и аппроксимаций, в особенности в областях концентрации напряжений, экономичность сетки, с точки зрения вычислительных затрат.

В частности, экономичность сетки может быть достигнута локальным её сгущением в областях концентрации напряжений, а также за счёт использования конечных элементов разных типов: балочных, оболочечных, объёмных.

Основные причины, препятствующие построению сетки следующие:

- наличие интерференций в исходной 3D модели;
- невозможность построения совместной сетки для деталей в сборке вследствие сложности геометрии сопрягаемых элементов;
- нарушение значений предельных геометрических параметров для элементов в сборке.

На рис. 1 показаны основные особенности построения конечноэлементной сетки для конструкции рассматриваемого класса. Первая особенность связана с необходимостью избавиться от интерференции. Основное средство, используемое для этой цели в данной работе, представляет собой инструмент «Полость». Результат применения этого инструмента для детали «выгнутая часть средней части рамы» показан на рис. 1 (а). Побочным эффектом этой процедуры является существенное усложнение геометрии детали в области сопряжения. Следствием этого является необходимость локального сгущения сетки. В данной работе используется «Глобальный контакт связанный» (рис. 1 б). Если же ввиду сложности геометрии совместную сетку построить не удастся, то сетка для этих деталей строится как несовместная с последующим искусственным формированием связанных контактов (рис. 1 в).

В силу указанных причин, единовременное построение конечноэлементной сетки с единым набором опций невозможно. Положительный результат обеспечивает поэтапное формирование сетки с последовательным усложнением исходной 3D модели [1-6].

Важнейшими элементами модели механической системы являются граничные (начальные) условия. Современные методы и системы математического моделирования позволяют легко задавать различные виды граничных условий:

- а) граничные условия по перемещения, т.е. связи голономного и неголономного типа;
- б) граничные условия по внешним воздействия в виде сосредоточенных и распределенных сил (по граням, кромкам и объемам);
- в) специальные типы граничных условий, связанных с контактным взаимодействием твердых тел.

Граничные условия должны соответствовать реальным условиям эксплуатации конструкции. При этом особая роль принадлежит последнему типу граничных условий, связанных с контактным взаимодействием, поскольку анализ контактного взаимодействия является наиболее ресурсоёмкой задачей и напрямую связан с вычислительными затратами, необходимыми для решения задачи анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) [7-10].

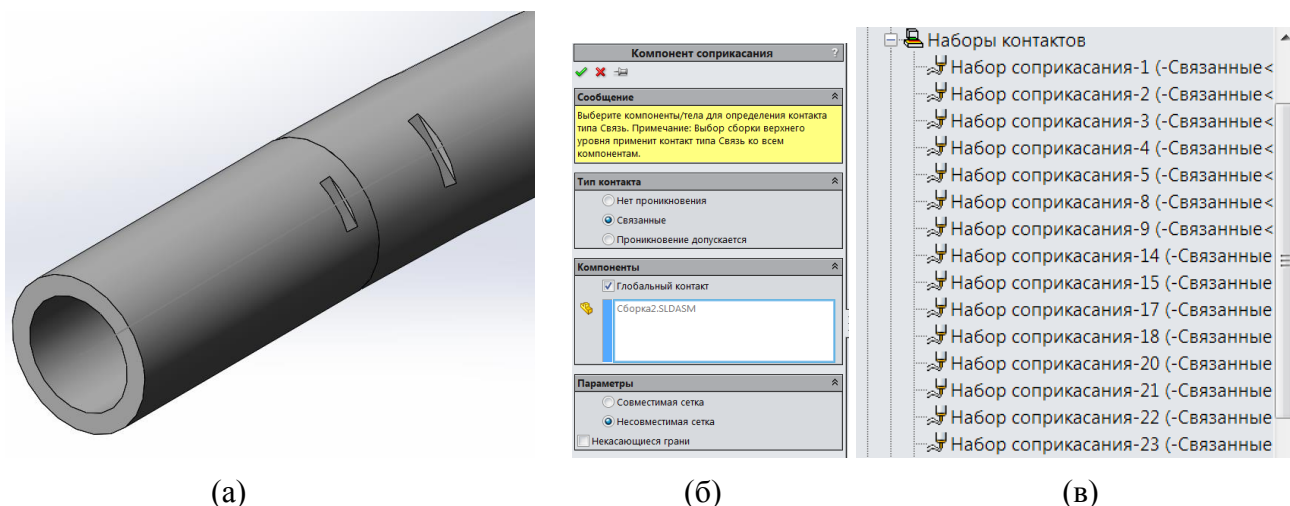


Рисунок 1. Особенности построения конечноэлементной сетки (все иллюстрации в данной работе являются авторскими и представляют собой копии экрана (скриншоты), полученные в процессе проектирования и анализа конструкции в среде SolidWorks)

В современных САЕ системах существует мощный инструмент анализа контактных задач, основанных на типе контакта, именуемом в большинстве САЕ-систем как связь «нет проникновения». Это инструмент даёт наиболее адекватные результаты, но при этом он же является и наиболее ресурсоемким, поскольку требует решения нелинейной задачи [4].

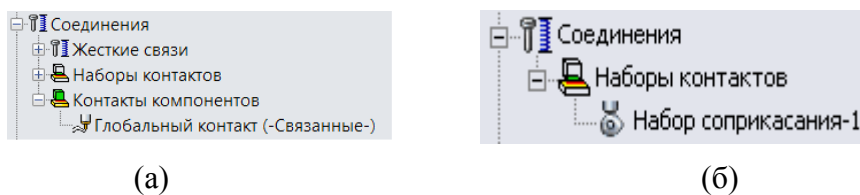
В сложившейся практике использования метода конечных элементов используется правило сведения к минимуму указанных условий контакта данного типа и замены такого контакта упрощенными моделями, дающими, тем не менее, вполне адекватные результаты.

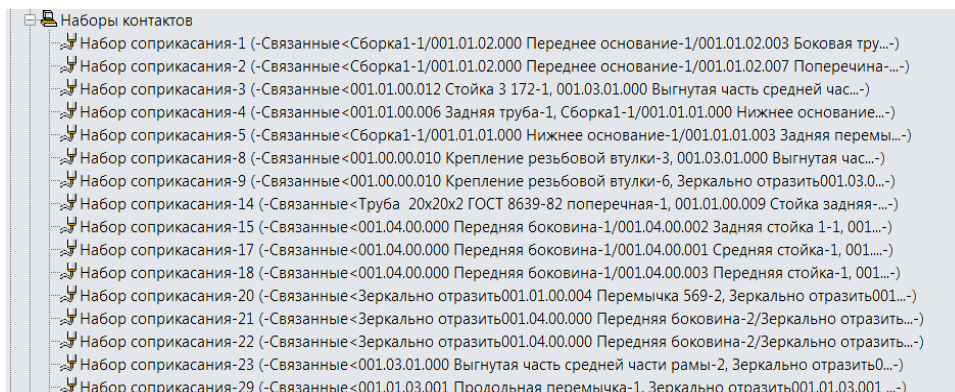
Для достижения сформулированных целей в данной работе используется глобальный контакт «связанный» рис. 2 (а), а также контакт «связанный» рис. 2 (б) для тех элементов конструкций, для которых не удалось создать совместную сетку. Контакт «нет проникновения» рис. 2 (в) вообще не используется.

Процедура анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) на основе метода конечных элементов (МКЭ) сводится: 1) к решению системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) высокого порядка, 2) обратному ходу, который состоит в определении деформаций и напряжений по найденным из решения СЛАУ перемещениям в конечноэлементных узлах, 3) к реализации функций постпроцессинга [1-4].

Особого внимания заслуживает решение СЛАУ, поскольку она имеет высокий порядок, а структура матрицы разрежена. Существует множество методов решения этой задачи, адаптированных к МКЭ.

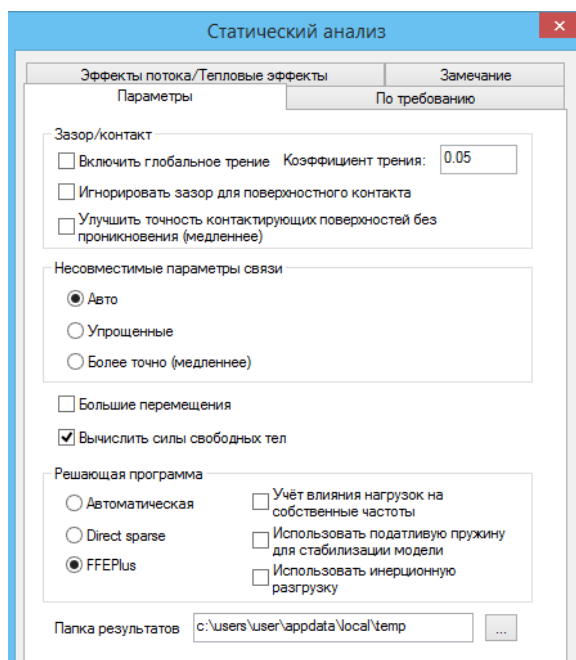
В SolidWorks вопросы подробного рода решаются путём заданий опций решателя (рис. 3, (а)).



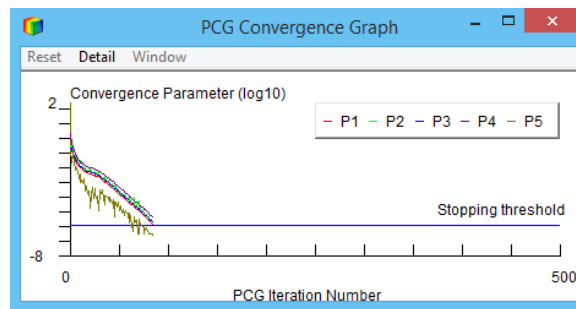


(в)

Рисунок 2. Виды граничных условий контактного взаимодействия



(а)



(б)

Рисунок 3. Опции решателя и процедура решения СЛАУ (а), графическая иллюстрация процедуры сходимости итерационного процесса

Для задач рассматриваемого класса наиболее эффективными являются итерационные методы (опция решателя FFEPlus). Кроме того, система позволяет наблюдать за тем, как сходится итерационный процесс в специальном окне (рис. 3 (б)).

1. Основные несущие элементы

На рис. 4 показаны основные несущие элементы конструкции, реализованные в виде сборки SolidWorks. Модель включает в себя верхнюю и нижнюю рамы. Детали этих сборок создаются как сварные конструкции. Такой вариант обеспечивает наибольшие преимущества при дальнейшем формировании конечноэлементной модели в виде балок [5, 8].

Сборка включает в себя сборки нижнего уровня: подвески передние, заднюю подвеску и механизм трансформации. Расчётные схемы этих элементов прокомментированы в следующих разделах.

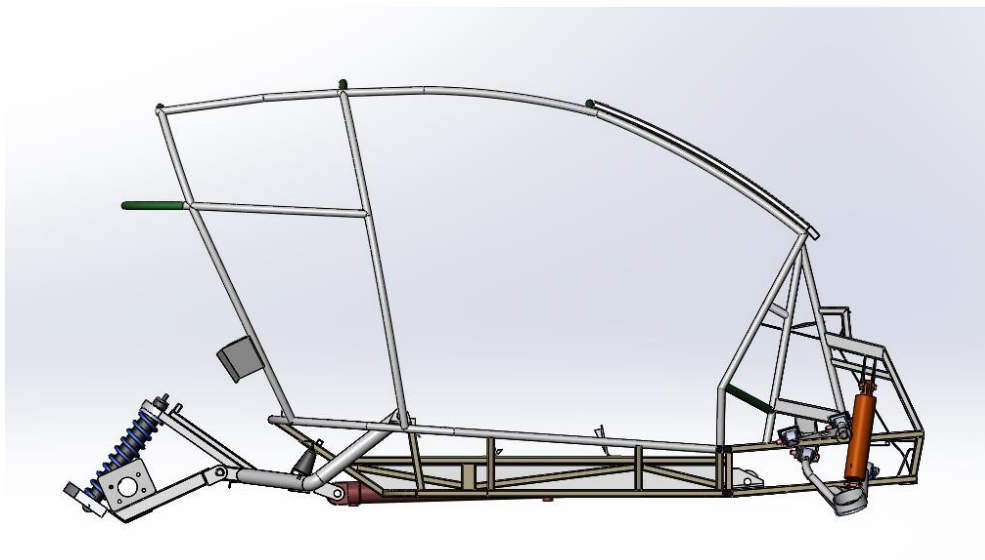


Рисунок 4. Основные несущие элементы конструкции

2. Жесткие элементы, упругие элементы малой жесткости, упругие элементы высокой жёсткости

Для создания экономичной конечноэлементной модели необходимо предусмотреть наличие элементов разной жесткости, непосредственно заданных в сборке. Так, в частности, для конструкции передней подвески амортизатор необходимо заменить упругой связью (рис. 5), а взаимодействие верхнего и нижнего рычагов задать условием связанных перемещений [1-4].

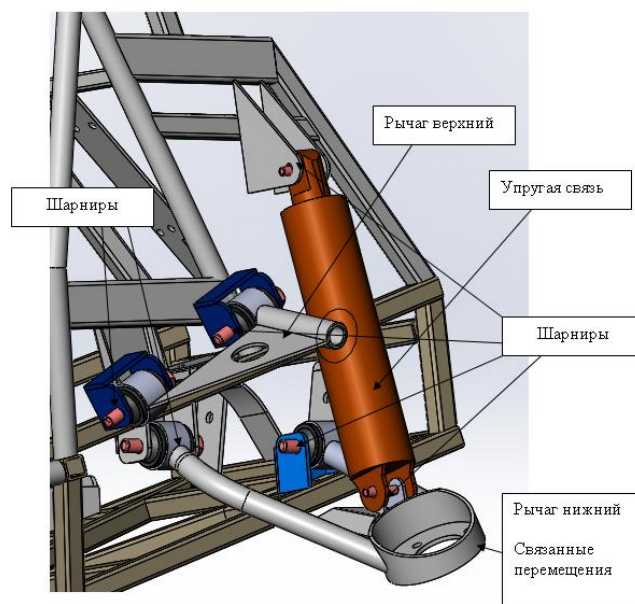


Рисунок 5. Упругие и жесткие элементы на передней подвеске

Условия связанных перемещений моделируют при этом высокую жесткость не включенных в анализ элементов подвески, непосредственно связанных с колесом.

Аналогичным образом формируются элементы разной жесткости на задней подвеске (рис. 6).

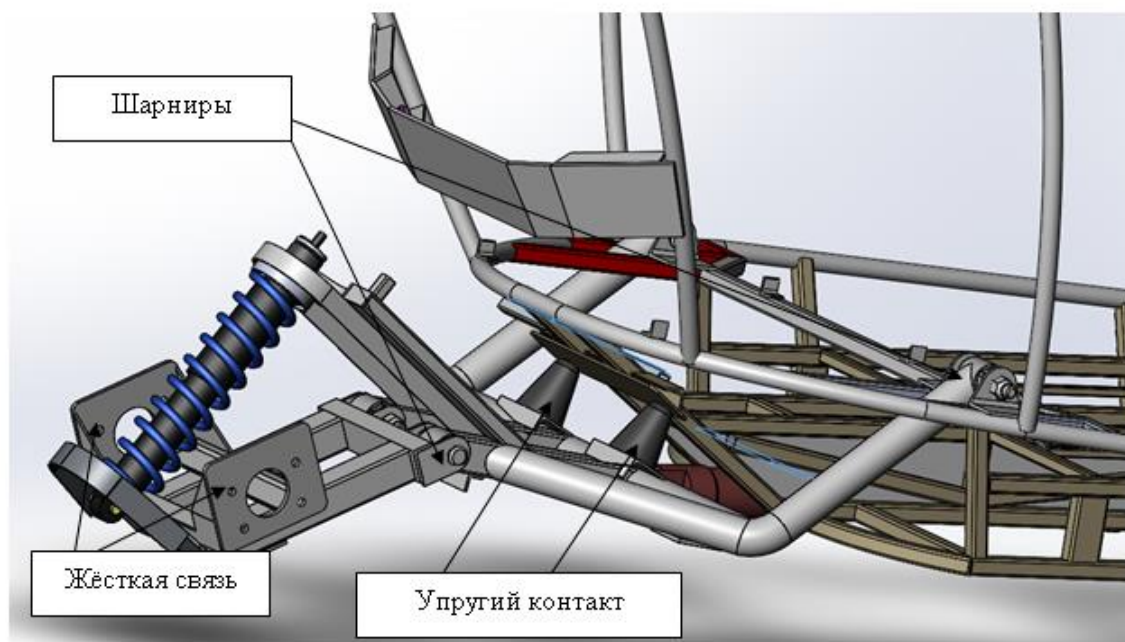


Рисунок 6. Упругие и жесткие элементы на задней подвеске

На рис. 7 показана модель механизма трансформации. При некотором фиксированном положении гидроцилиндра, его детали моделируются как элементы высокой жесткости.

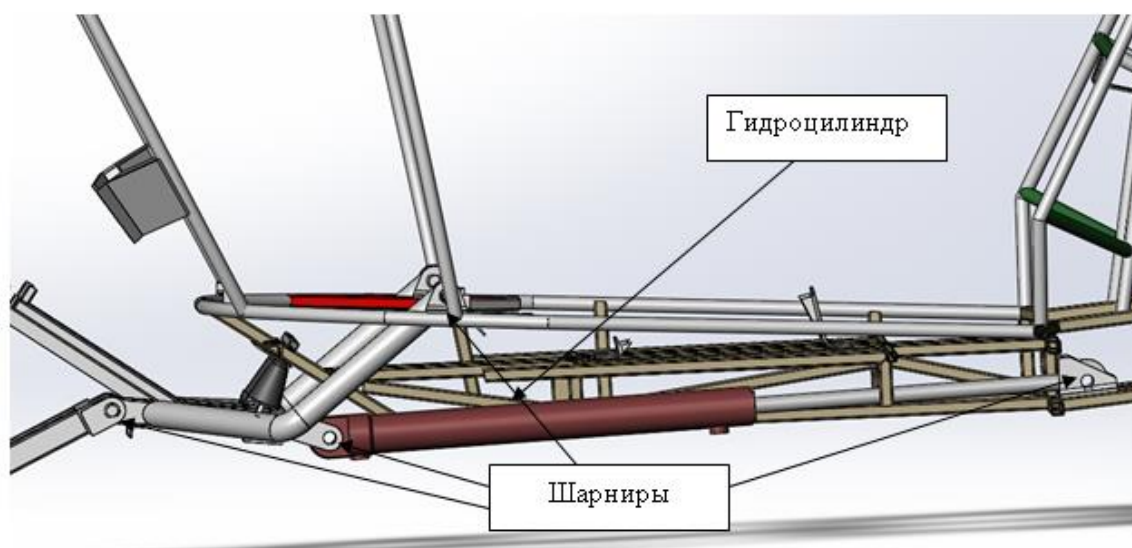


Рисунок 7. Механизм трансформации

3. Граничные условия

Граничные условия по внешним воздействиям учитывают, во-первых, собственный вес элементов конструкции, включенные в анализ, а также вес пассажиров (рис. 8), вес аккумуляторных батарей (рис. 9) и вес зарядного устройства (рис. 10). Грани, непосредственно воспринимающие указанные нагрузки, выделены синим цветом.

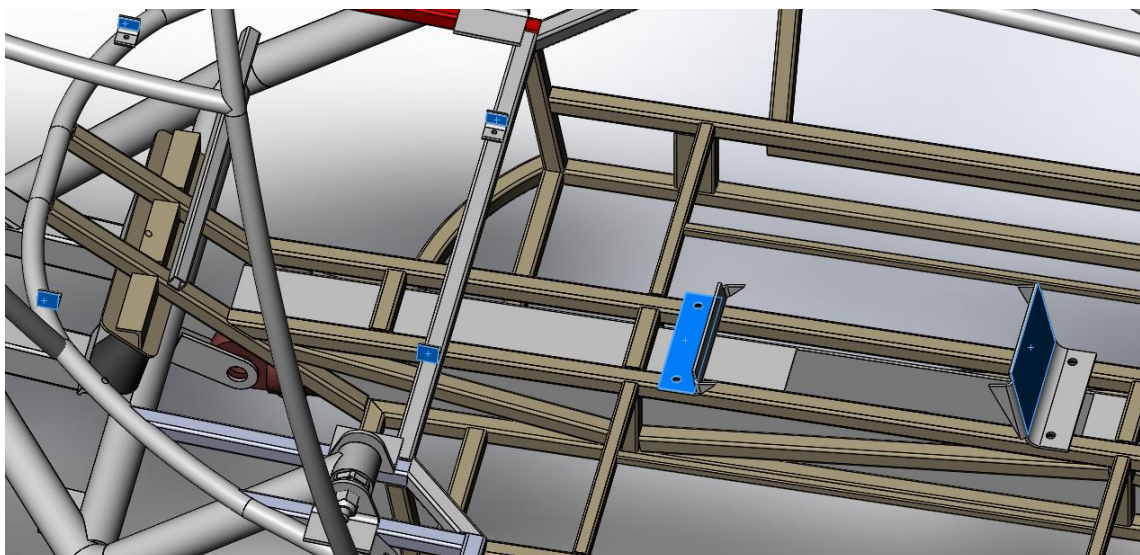


Рисунок 8. Внешнее воздействие, обусловленное весом пассажиров

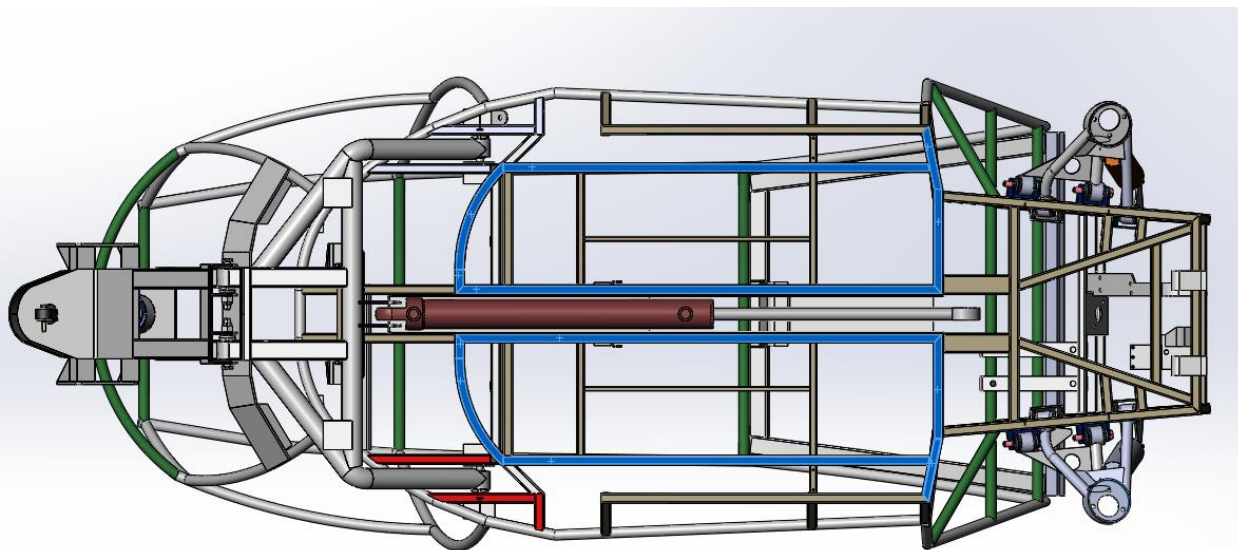


Рисунок 9. Внешнее воздействие, обусловленное весом аккумуляторных батарей

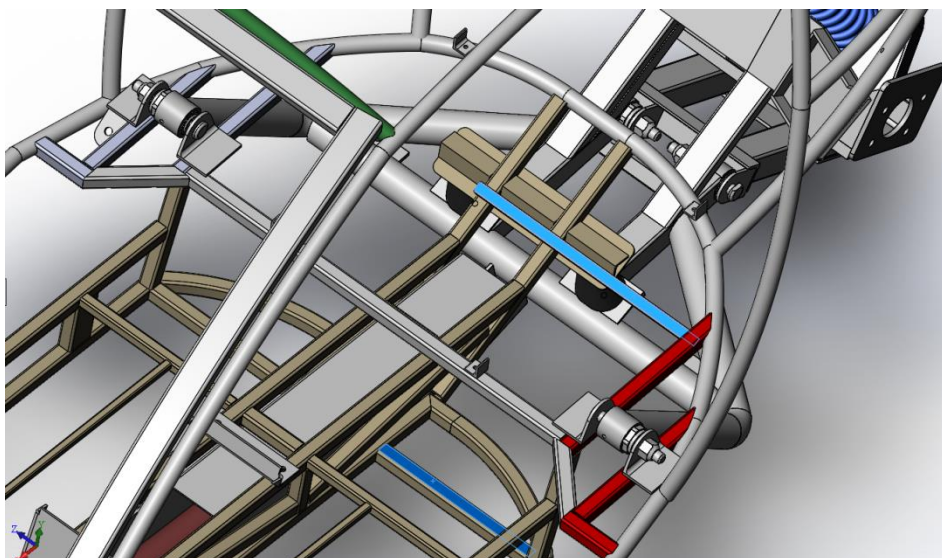


Рисунок 10. Внешнее воздействие, обусловленное весом зарядного устройства

4. Формирование конечноэлементной сетки для нижней части рамы

На рис. 11 показаны поэтапное построение конечноэлементной сетки для нижней части рамы с постепенным усложнением исходной 3D модели. Каждый вновь добавленный элемент требует проверки работоспособности сетки. С этой целью осуществляется анализ напряжённо-деформированного состояния (НДС) модели при гипотетических граничных условиях.

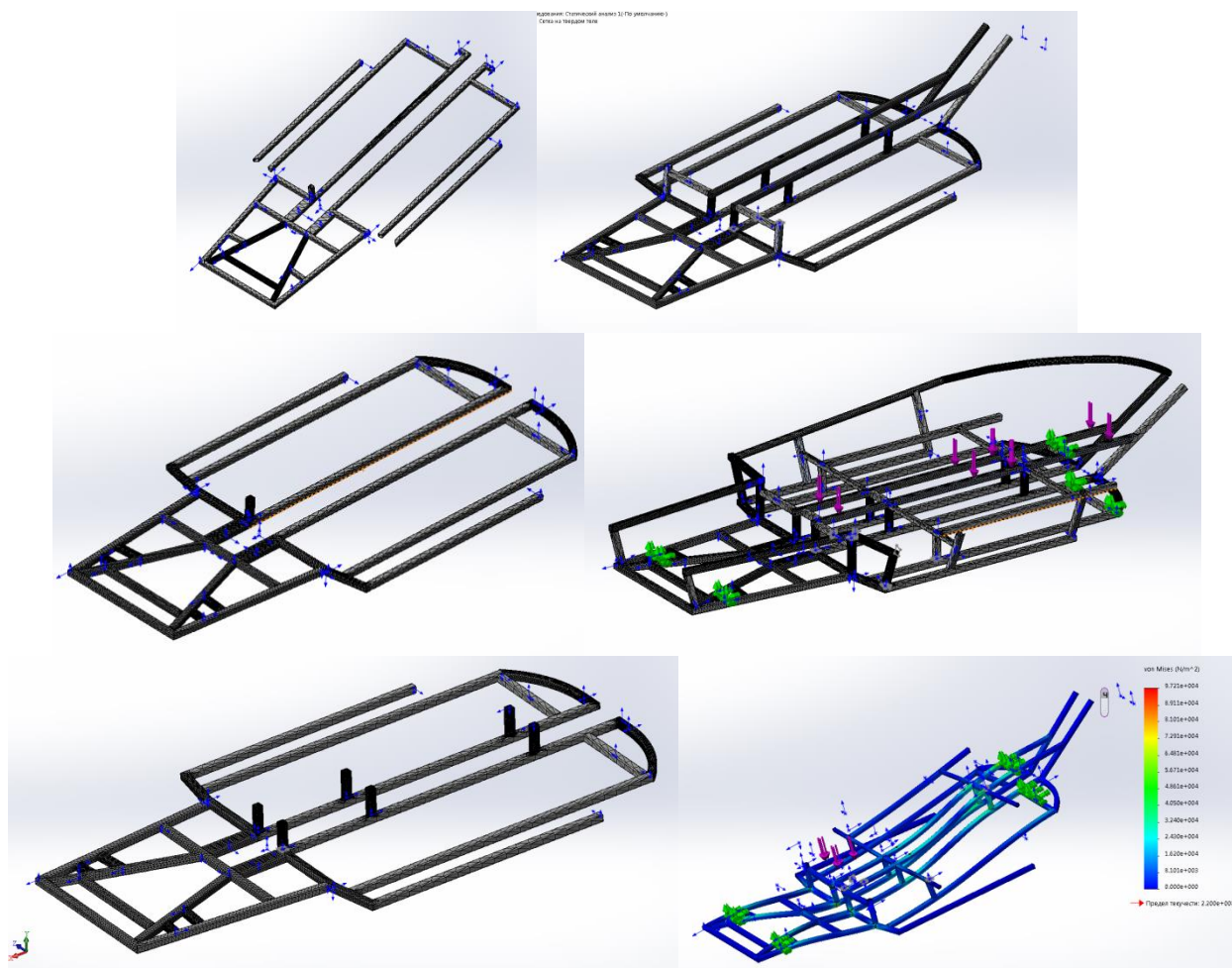


Рисунок 11. Поэтапное построение конечноэлементной сетки для нижней части рамы и анализ НДС при гипотетических граничных условиях

5. Конечноэлементная сетка для рамы в целом, включая оболочечные элементы

Конечноэлементная сетка для рассматриваемого фрагмента конструкции также строится поэтапно [6, 7]. На рис. 12 показан заключительный этап построения сетки. При этом для опор под сидения выбрана конечноэлементная модель оболочки рис. 13.

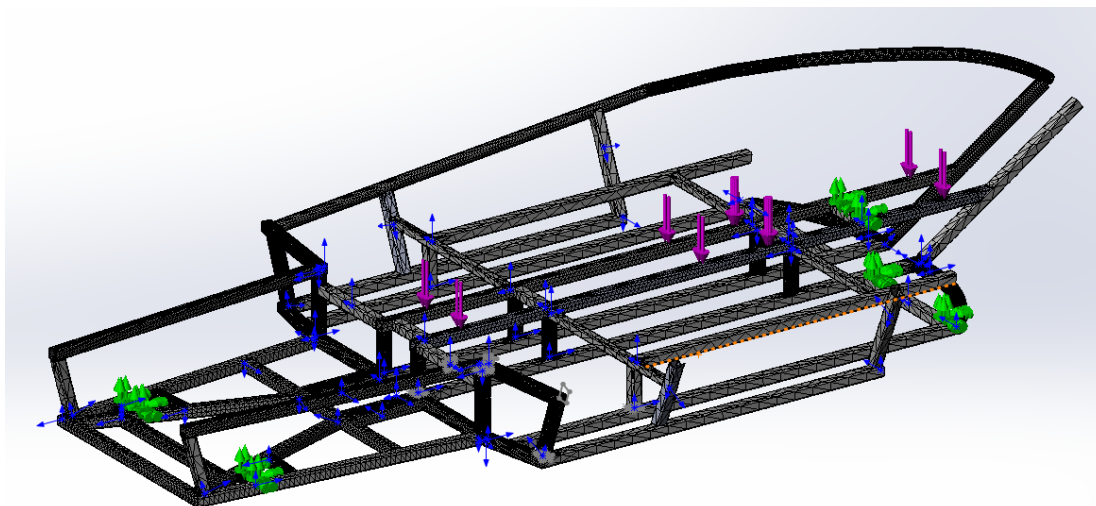
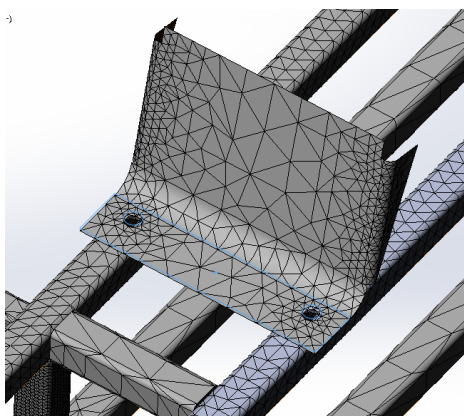
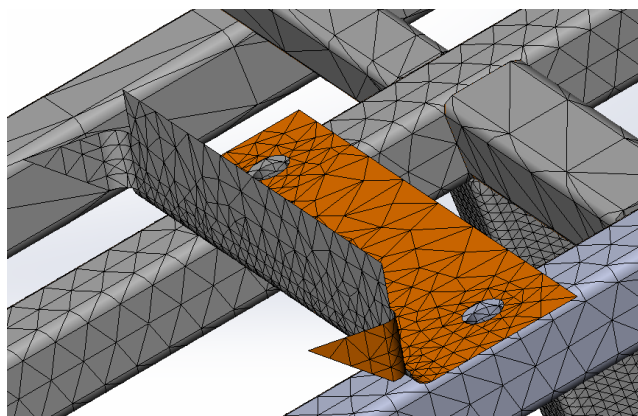


Рисунок 12. Заключительный этап построения сетки для рамы в целом



(а)



(б)

Рисунок 14. Использование конечноэлементной модели оболочки для моделирования опор под сидения

Особого внимания к себе требует моделирование элементов конструкции, обеспечивающих крепление задней подвески, поскольку они предполагают шарнирную связь в области крепления резьбовой втулки. На рис. 14 показана результирующая конечноэлементная модель этого фрагмента (а) и результаты анализа НДС при гипотетических граничных условиях (б). Шарнирные связи предполагает и передняя подвеска. По этой причине детали крепления подвесок моделируются с максимальной степенью точности аппроксимации геометрии (рис. 15 (а), (б)).

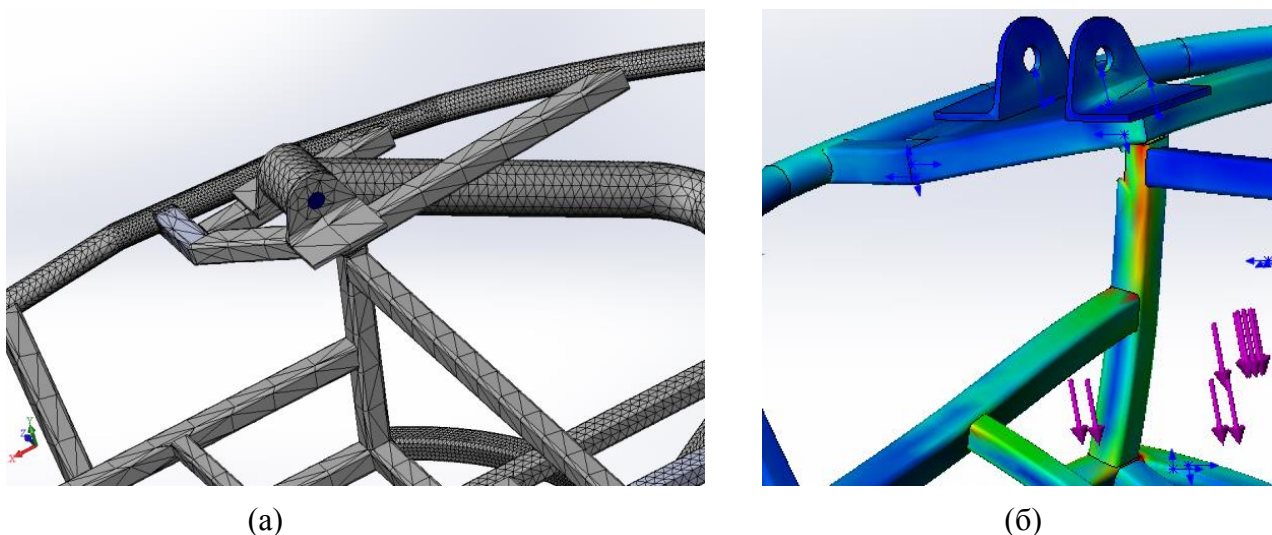


Рисунок 14. Конечноэлементная модель (а) и результаты анализа НДС (б) для области крепления задней подвески

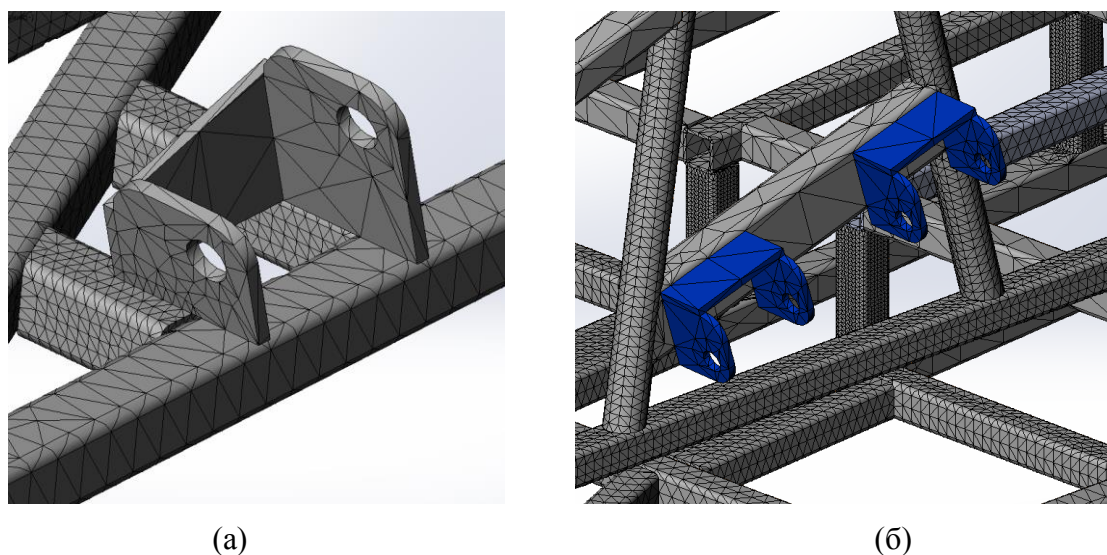


Рисунок 15. Конечноэлементная модель для элементов крепления передней подвески

На рис. 16 представлен анализ законченной конечноэлементной модели с гипотетическими граничными условиями. Представленные карты напряжений свидетельствуют о работоспособности и адекватности конечноэлементной сетки.

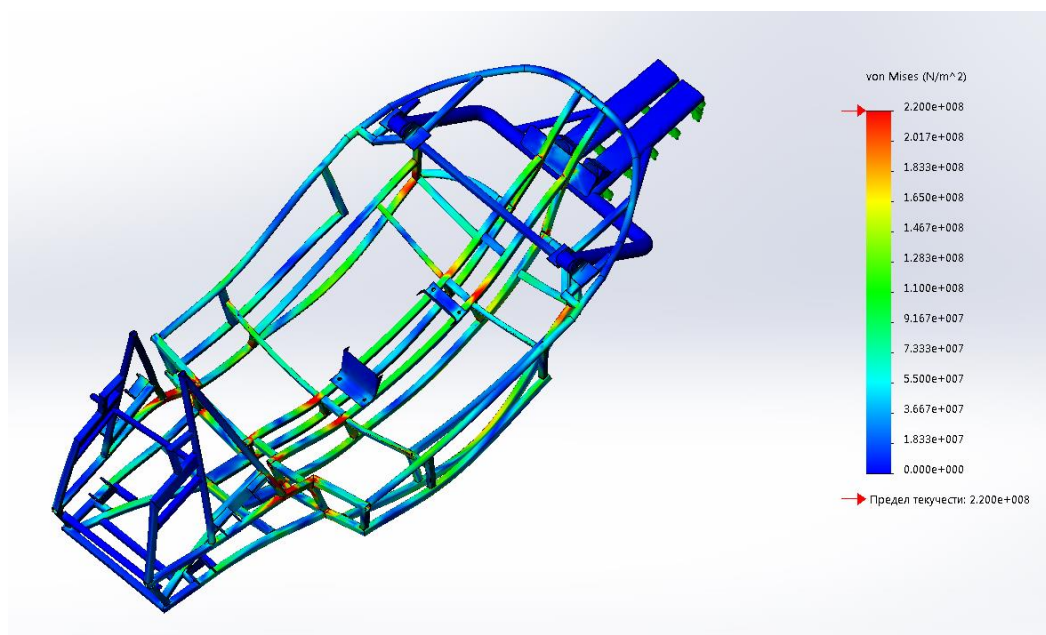


Рисунок 16. Результаты анализа НДС модели при гипотетических граничных условиях

6. Оптимизация конечноэлементной сетки

С целью оптимизации конечноэлементной сетки часть элементов конструкции представлена балками. В качестве деталей такого типа рассматриваются элементы, соответствующие по своей геометрии расчетной схеме балки (стержня). На рис. 17 показана конечноэлементная модель такого типа.

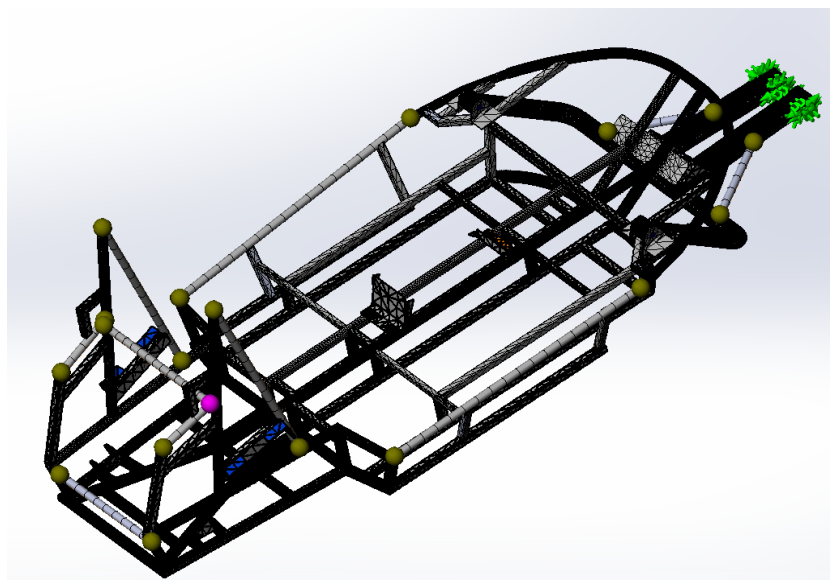


Рисунок 17. Комбинированная конечноэлементная сетка, включающая в себя балочные элементы

Сферами зелёного и розового цветов показаны области сопряжения балок. Экспериментально установлено, что комбинированная модель, включающая в себя элементы балок, является в вычислительном отношении более экономичной по сравнению с исходной твердотельной моделью на 10%.

7. Формирование граничных условий по перемещениям

На рис. 18 показаны основные граничные условия по перемещениям [7-10] в области крепления рычагов передней подвески (левой) (рис. 18 (а) и (б)). В качестве вида крепления назначен «зафиксированный шарнир». На рисунке 18 (в) показаны аналогичные граничные условия для рычагов передней подвески (правой). Рис. 18 (г) иллюстрирует собой граничные условия по перемещениям в области задней подвески.

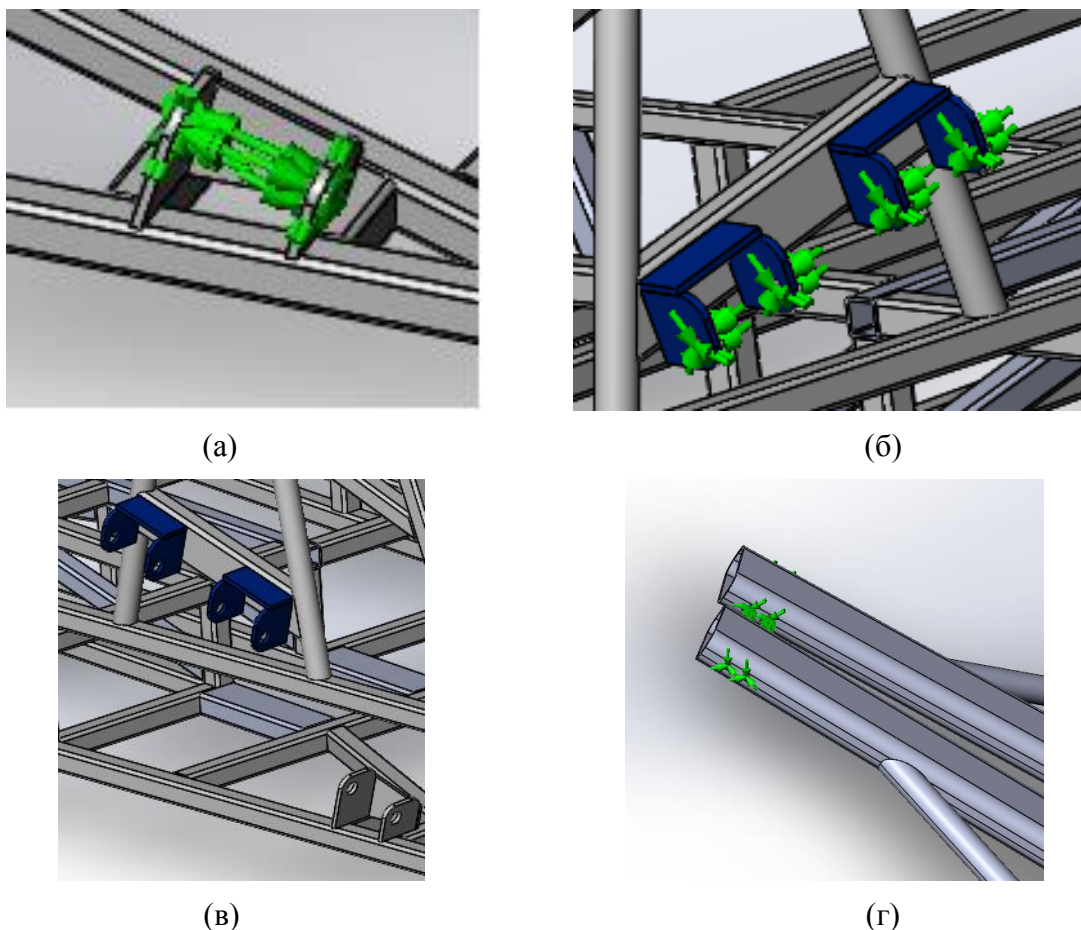


Рисунок 18. Граничные условия по перемещениям

Таким образом, в части граничных условий по перемещениям сформирована следующая модель: внешние силы растут от нуля до заданной величины, при этом конструкция рамы автомобиля предполагается жесткой. После того, как условия статического равновесия удовлетворены за счёт деформации пружин и амортизаторов, происходит «овеществление» конструкции рамы, т.е. она наделяется реальными упругими свойствами. Очевидно, что такая модель обеспечит максимум адекватности и экономичности для решения задачи анализа статической прочности в линейной постановке.

8. Формирование граничных условий по внешним воздействиям

Учитываются следующие типы внешних воздействий: силы собственного веса (рис. 19); распределенные силы от веса аккумуляторных батарей (рис.20), силы веса водителя и его кресла (рис. 21 (а)), силы веса пассажира, кресла пассажира и веса сопутствующих элементов конструкции (рис. 21 (б)).

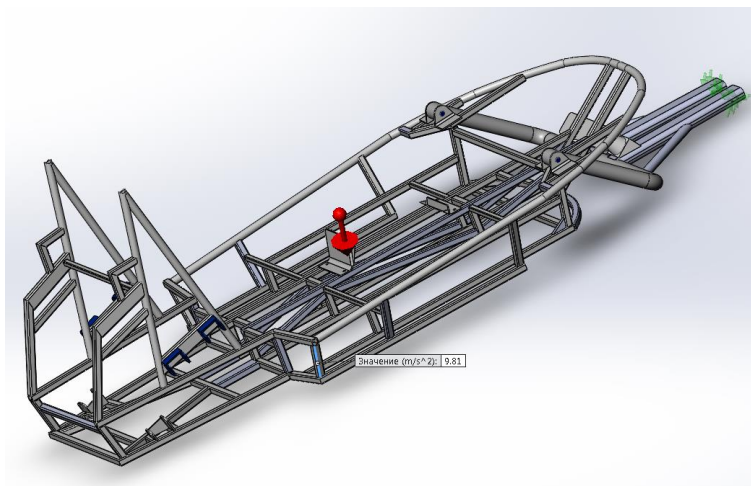


Рисунок 19. Нагружение конструкции силами собственного веса

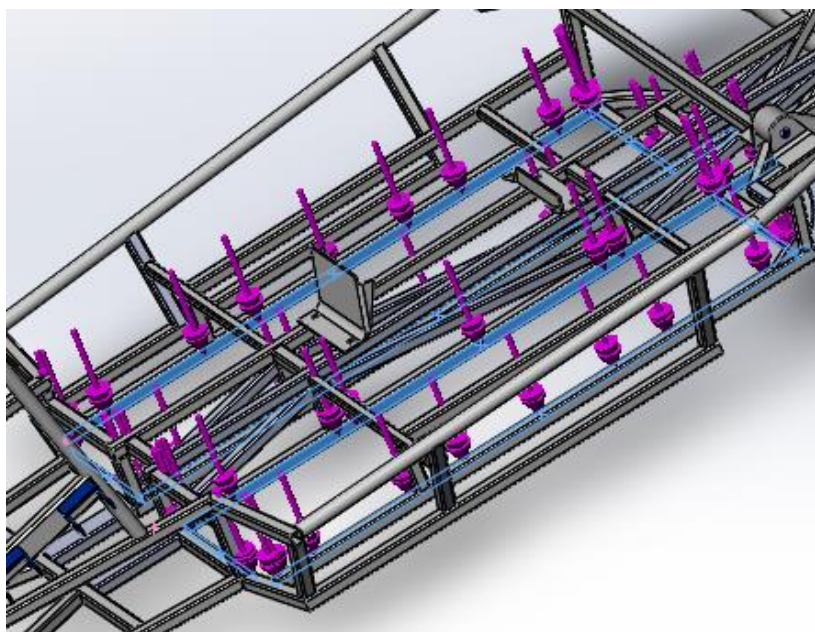
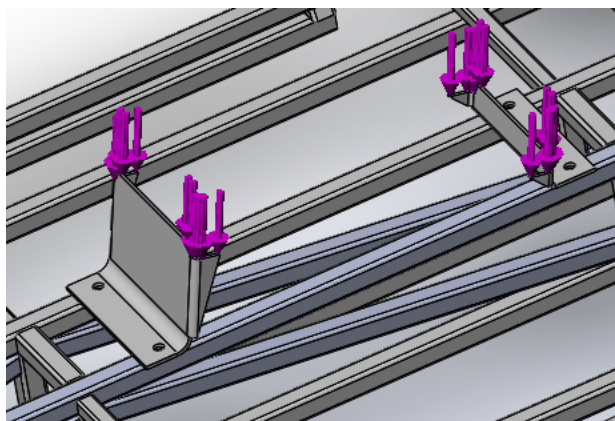
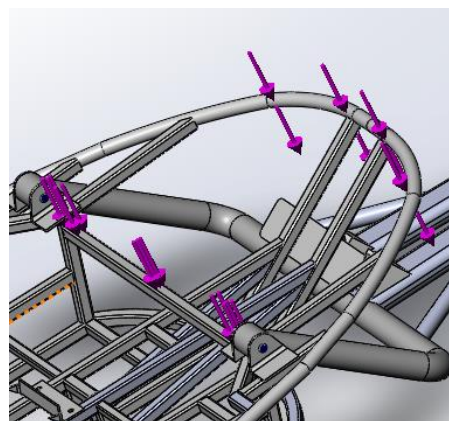


Рисунок 20. Нагружение конструкции силами веса от аккумуляторных батарей



(a)



(б)

Рисунок 21 – Силы веса и кресла водителя (а) и силы веса пассажира, его кресла и сопутствующих элементов НДС (б)

9. Формирование специальных граничных условий

Твердотельное моделирование шарнирных соединений предполагает решение контактной задачи с условием «нет проникновения» с большими вычислительными затратами. Более эффективным подходом в рассматриваемом случае является моделирование соединения с использованием инструмента «штифт» (рис. 22) [1, 4].

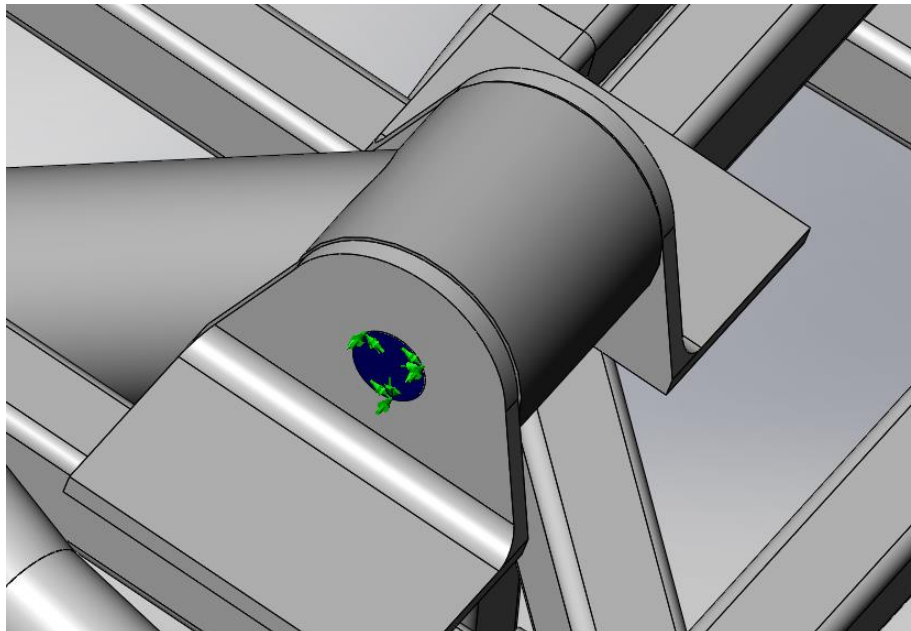


Рисунок 22. Соединение «штифт»

Соединение (связь) данного типа реализовано для каждой пары «проушина – втулка» (показано в дереве конструирования на рис. 23).

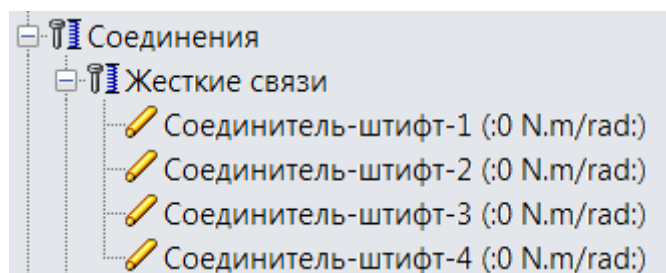


Рисунок 23. Связь «штифт»

Поскольку демпферы в рассматриваемом состоянии работают только на сжатие, и отсутствие контакта с пластиной не предполагается, то в создании соприкосновения по типу «нет проникновения» нет необходимости. Физико-механические параметры взаимодействия адекватно моделируются контактом «связанные» лишь с учётом физико-механических свойств материалов контактирующих тел (рис. 24).

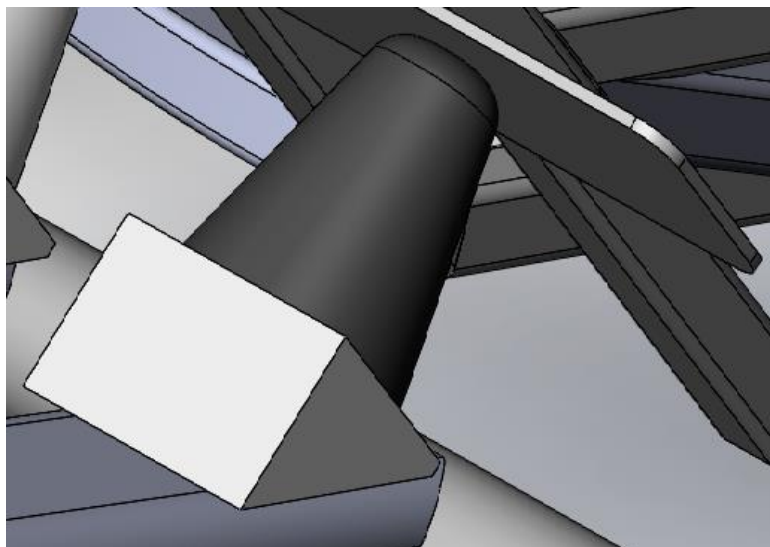


Рисунок 24. Взаимодействие «демпфер-пластина»

10. Глобальные характеристики НДС конструкции

Наиболее адекватное представление о НДС конструкции даёт карта (эпюра) напряжений, построенная на деформированной конечноэлементной модели конструкции. В качестве напряжений для рассматриваемого класса задач целесообразно выбрать эквивалентные напряжения по четвертой энергетической теории прочности (напряжения по Мизесу). Эти напряжения целесообразно использовать в качестве критерия прочности для пластичных материалов, к которым относятся конструкционные стали.

Для адекватного восприятия деформированного состояния задается достаточно большой масштаб. На рис. 25 показана такая карта напряжений, дающая полное представление об НДС конструкции в целом.

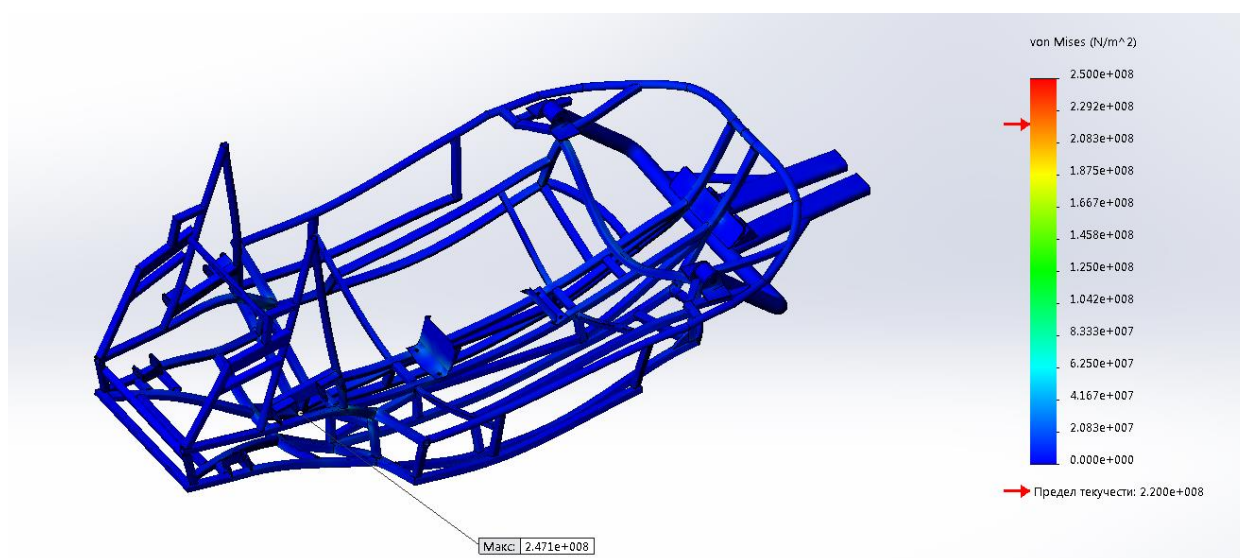


Рисунок 25. Результаты анализа НДС для конструкции в целом

Поскольку концентраторы напряжений в рассматриваемой задаче носят локальный характер и расположены, как правило, во внутренних областях тонкостенных элементов, для наглядного отображения концентраторов целесообразно перестроить эту эпюру по заниженному максимуму напряжений в легенде (рис. 26).

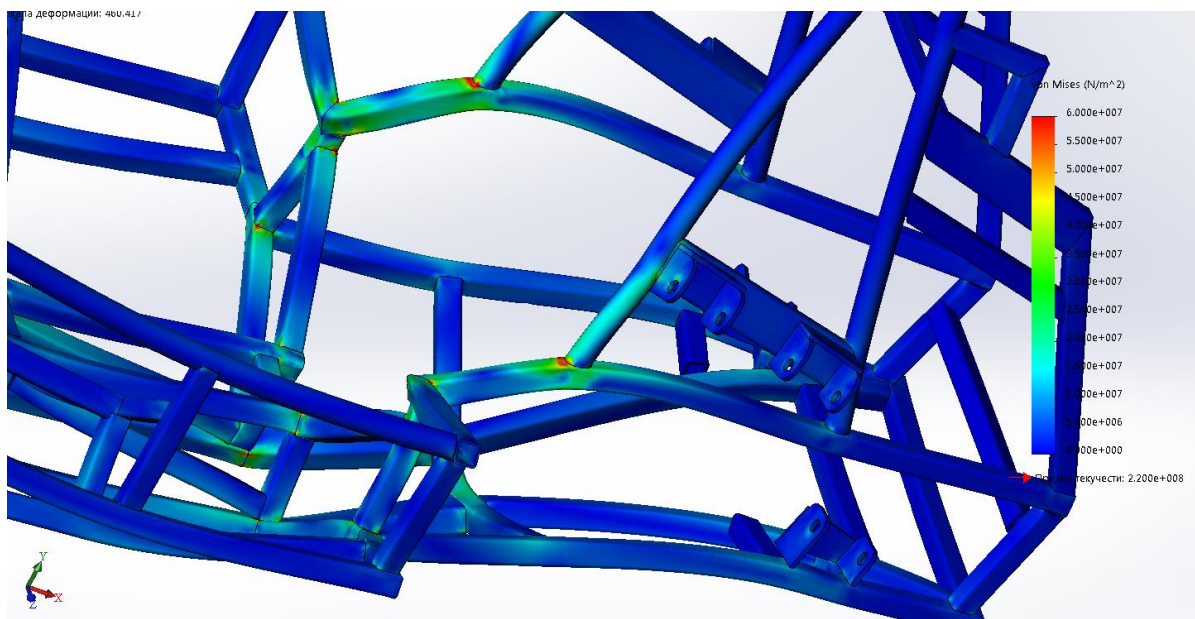


Рисунок 27. Результаты анализа НДС для конструкции в целом с заниженным максимумом

На рисунке 26 отчётливо видны области основных концентраторов. В этом случае в «красную зону» эпюры попадают области с напряжениями по Мизесу, большими 60 МПа.

11. Напряжения в области наиболее выраженного концентратора

На рисунке 25 показана область с наибольшим для всей конструкции значением напряжений. Рис. 28 иллюстрирует собой в сильно увеличенном масштабе характер концентрации напряжений с использованием инструмента «сечение».

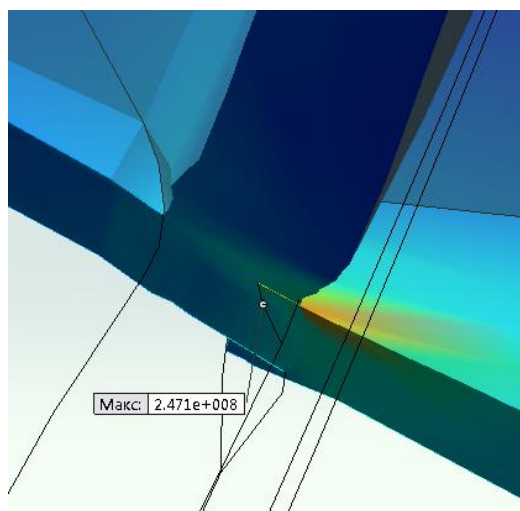


Рисунок 28. Максимальное напряжение в конструкции

12. Локальное напряженно-деформированное состояние

Среди элементов конструкции с точки зрения НДС представляют интерес, в частности, элементы крепления передней подвески (рис. 29), опоры под кресло водителя (рис. 30 (а), (б)).

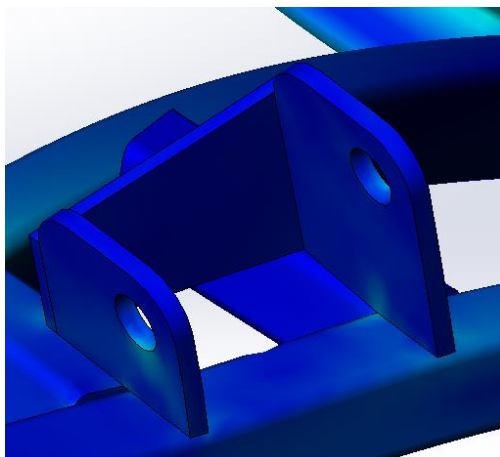
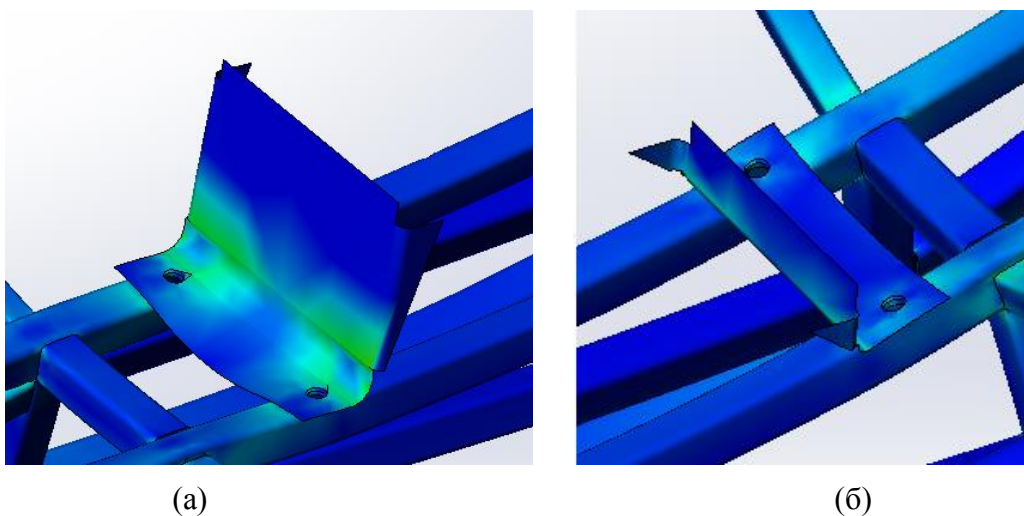


Рисунок 29. НДС элементов крепления передней подвески



(а)

(б)

Рисунок 30. НДС опор под кресло водителя (а) - переднее, (б) - заднее

Весьма характерное НДС для конструкций данного типа можно наблюдать в области шарнирного (посредством штифта) крепления подвижной части рамы (рис. 31).

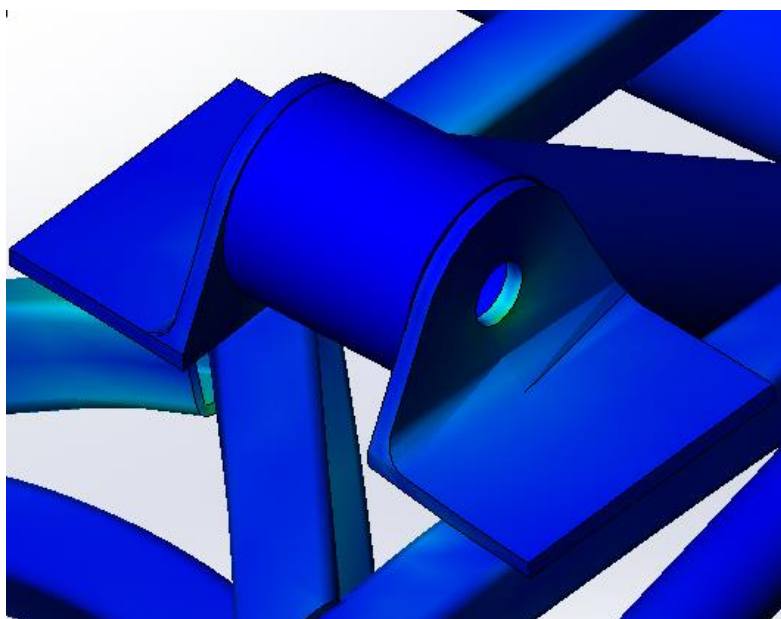


Рисунок 31. НДС в области соединения «штифт»

Рис. 32 иллюстрирует собой НДС в области контакта демпферов с пластиной

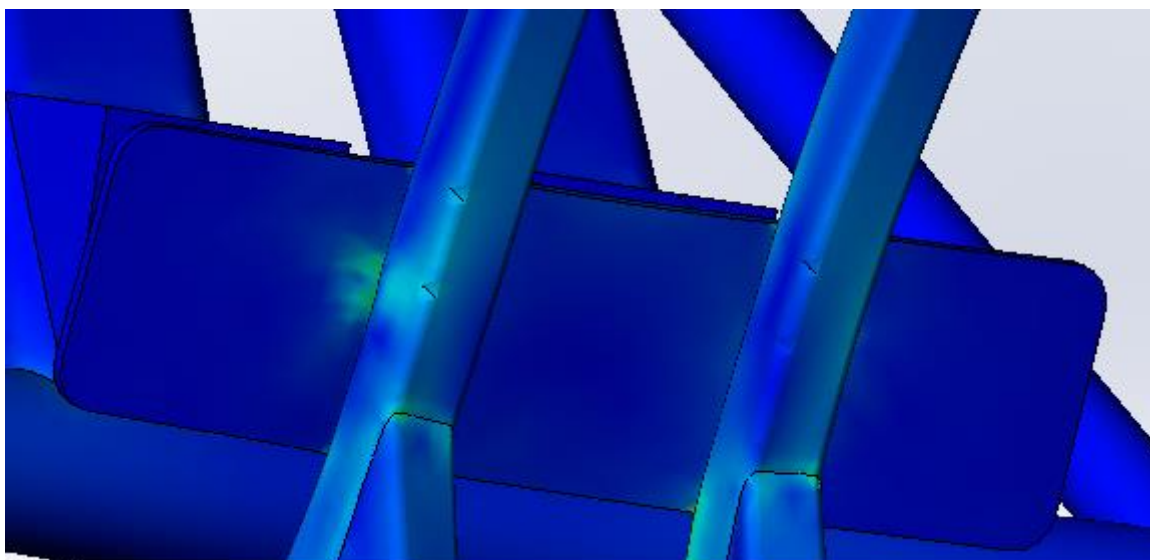


Рисунок 32. НДС в области взаимодействия «демпфер-пластина»

Выводы и рекомендации

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Напряжённое состояние несущей рамы электромобиля в статической постановке удовлетворяет условиям прочности.

Таблица 1

Результаты анализа НДС конструкции в целом

Результаты анализа НДС	
$\sigma_{0,2}$ (МПа) Ст. 20 [11]	σ_b (МПа) Ст. 20 [11]
280	430
Максимальное напряжение по Мизесу в пределах всей конструкции (МПа)	
271	

Таким образом, максимальное напряжение по Мизесу не превосходит величины условного предела текучести.

2. Концентрация напряжений носит локальный характер как по длине тонкостенных элементов конструкции (труб), так и в пределах поперечных сечений. Данный факт исключает возникновение пластических шарниров, представляющих опасность для несущей способности конструкции и её элементов.

3. На рис. 27 показаны результаты анализа НДС для конструкции в целом с заниженным максимумом по шкале (легенде эпюры). В этом случае красным цветом на карте напряжений показаны области, в которых могли бы сформироваться пластические шарниры при условии, что напряжения в этих областях достигли бы предела текучести. Однако максимальная величина эквивалентных напряжений по Мизесу по шкале (легенде эпюры) не превышает 60 МПа. Что дает коэффициент запаса по несущей способности в статической постановке не менее 4.6.

4. Локализация максимумов напряжений в подконструкциях (элементах и деталях) не носит по отношению друг к другу скачкообразного характера, что свидетельствует о выборе рациональной конструктивной схемы и проектного решения.

Все иллюстрации в данной работе являются авторскими и представляют собой копии экрана (скриншоты), полученные в процессе проектирования и анализа конструкции в среде SolidWorks.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алямовский А.А. COSMOSWorks. Основы расчета конструкций на прочность в среде Solid Works. – М.: ДМК Пресс, 2010, – 784 с., ил. (Серия «Проектирование»).
2. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в Solid Works Simulation. – М.: ДМК Пресс, 2010, – 464 с., ил. (Серия «Проектирование»).
3. Алямовский А.А. Solid Works 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, Ф.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев, – Спб.: БХВ-Петербург, 2011. – 1040 с.: ил. + DVD – (Мастер).
4. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
5. Кудаев С.П., Чугунов М.В., Фоминов А.Г., Борискин С.И., Курганов В.В., Кармишин А.М. Моделирование процесса сварки боковой стенки вагона зерновоза в среде SOLIDWORKS SIMULATION Вестник Мордовского университета. 2015. Т. 25. №1. С. 96-100.
6. Махров Г.А., Чугунов М.В., Кудаев С.П. Анализ динамических характеристик конструкций подвижного состава в среде SolidWorks // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2014. №11 (12) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1753>.
7. Чугунов М.В., Осыка В.В., Кудаев С.П., Кузьмичёв Н.Д., Клёмин В.Н. Анализ и проектирование несущих элементов конструкций подвижного состава Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. №9. С. 216-226.
8. Чугунов М.В., Осыка В.В., Махров Г.А. Анализ прочности и жесткости элементов механических передач в среде SOLIDWORKS на базе API Научные труды SWorld. 2013. Т. 9. №3. С. 33-36.
9. Кечемайкин В.Н., Чугунов М.В., Окунев А.А. Автоматизированное проектирование прижимных устройств на основе композитных стеклопластиковых материалов // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2014. №3 (4). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1136>.
10. Схиртладзе А.Г., Кудаев С.П., Скрябин В.А., Чугунов М.В., Вотякова Е.С., Кармишин А.М. Анализ напряженно-деформированного состояния листов балки поперечной сварной тележки железнодорожных вагонов в процессе наложения прихваток. Ремонт, восстановление, модернизация. 2013. №12. С. 06-07.
11. Электронный ресурс: Марочник сталей и сплавов <http://www.manual-steel.ru/20.html>.

Chugunov Mikhail Vladimirovich

National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: m.v.chugunov@maul.ru

Kechemaykin Vladimir Nikolaevich

National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: vkech@yandex.ru

Panin Mikhail Vyacheslavovich

ООО «MordovAuto», Russia, Saransk
E-mail: kwantor@rambler.ru

Polunina Irina Nikolaevna

National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: my_pk@mail.ru

Makhrov Gennadiy Aleksandrovich

National research Mordovia state university
Saransk branch, Russia, Saransk
E-mail: g.a.makhrov@mail.ru

Static strength and stiffness analysis for bearing structure elements of electro car BravoEgo

Abstract. The applied aspects of the solution for the problem of the static strength and stiffness analysis for the bearing (power) elements of the electric car structure BravoEgo have been considered in this article. The method of finite elements is used as a method of the analysis, and SolidWorks (Simulation) is used as the modeling software. 3D models are realized in the form of the parts and assemblies which are most adapted to the subsequent finite element analysis (FEA).

FEA model is created as integrated complex model by the principle of hierarchy (beams, plates, shells, volume bodies) that facilitates adaptation of an initial 3D model to the subsequent discretization. The boundary conditions on displacements provides computing efficiency and profitability of the model, and also the adequacy and accuracy results of the stressed-deformed state analysis for this solution of the SDS-problem.

Body weight of the structure, weight of the driver and passenger, weight of rechargeable batteries are considered as external loads. Results of the analysis of the SDS for the bearing frame of the electric car are presented in the evident form suitable for an assessment of static strength and stiffness of a design in the form of cards of equivalent stresses according to von Mises and the animated deformed state.

These results allow to estimate the design solution and to have conclusions about its efficiency from the point of view of rationality of the chosen constructive scheme. The conditions of strength on stresses are used as criteria of the rational project realization, also absence of the strong not-local stress concentrators and absence of the "dead zones" are considered in this context.

Keywords: the electric car; the bearing structure elements; 3D - modeling and the finite element analysis; SolidWorks (Simulation); static strength and stiffness; the stress deformed state; rationality of the design solution

REFERENCES

1. Alyamovskiy A.A. COSMOSWorks. Osnovy rascheta konstruktsiy na prochnost' v srede Solid Works. – M.: DMK Press, 2010, – 784 s., il. (Seriya «Proektirovanie»).
2. Alyamovskiy A.A. Inzhenernye raschety v Solid Works Simulation. – M.: DMK Press, 2010, – 464 s., il. (Seriya «Proektirovanie»).
3. Alyamovskiy A.A. Solid Works 2007/2008. Komp'yuternoe modelirovanie v inzhenernoy praktike / A.A. Alyamovskiy, A.A. Sobachkin, E.V. Odintsov, F.I. Kharitonovich, N.B. Ponomarev, – Spb.: BKhV-Peterburg, 2011. – 1040 s.: il. + DVD – (Master).
4. Alyamovskiy A.A. SolidWorks Simulation. Kak reshat' prakticheskie zadachi. – SPb.: BKhV-Peterburg, 2012. – 448 s.
5. Kudaev S.P., Chugunov M.V., Fominov A.G., Boriskin S.I., Kurganov V.V., Karmishin A.M. Modelirovanie protsessa svarki bokovoy stenki vagona zernovoza v srede SOLIDWORKS SIMULATION Vestnik Mordovskogo universiteta. 2015. T. 25. №1. S. 96-100.
6. Makhrov G.A., Chugunov M.V., Kudaev S.P. Analiz dinamicheskikh kharakteristik konstruktsiy podvizhnogo sostava v srede SolidWorks // Universum: Tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn. 2014. №11 (12) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1753>.
7. Chugunov M.V., Osyka V.V., Kudaev S.P., Kuz'michev N.D., Klemin V.N. Analiz i proektirovanie nesushchikh elementov konstruktsiy podvizhnogo sostava Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.E. Bauman. 2014. №9. S. 216-226.
8. Chugunov M.V., Osyka V.V., Makhrov G.A. Analiz prochnosti i zhestkosti elementov mekhanicheskikh peredach v srede SOLIDWORKS na baze API Nauchnye trudy SWorld. 2013. T. 9. №3. S. 33-36.
9. Kechemaykin V.N., Chugunov M.V., Okunev A.A. Avtomatizirovannoe proektirovanie prizhimnykh ustroystv na osnove kompozitnykh stekloplastikovykh materialov // Universum: Tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn. 2014. №3 (4). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1136>.
10. Skhirtladze A.G., Kudaev S.P., Skryabin V.A., Chugunov M.V., Votyakova E.S., Karmishin A.M. Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya listov balki poperechnoy svarnoy telezhki zheleznodorozhnykh vagonov v protsesse nalozheniya prikhvatok. Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya. 2013. №12. S. 06-07.
11. Elektronnyy resurs: Marochnik staley i splavov <http://www.manual-steel.ru/20.html>.