

3. Vincze-Pap, S. Applied virtual (VT) technology on bus superstructure roll-over tests / S. Vincze-Pap, A. Csiszár // Design, Fabrication and Economy of Metal Structures. International Conference Proceedings 2013, Miskolc, Hungary, April 24-26, 2013, pp. 551-560

4. Рогов, П. С. Разработка методики обеспечения пассивной безопасности кузовов автобусов в условиях опрокидывания при проектировании : дис. канд. тех. наук : 05.05.03 / П. С. Рогов. – Н. Новгород, 2015. – 189 л.

Представлено 13.05.2021

УДК 629.3.023

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ РАМЫ ГРУЗОВОГО ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

COMPUTER SIMULATION OF THE LOAD ON THE FRAME OF AN ELECTRIC TRUCK

А. Л. Кисельков, зам. нач. отдела, **Э. В. Лисовский**, зав. сектором,
П. С. Литвинюк, мл. научн. сотр., **С. А. Шляжко**, научн. сотр.,
А. О. Шукюров, мл. научн. сотр.

ГНУ «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Беларусь,

A. Kiselkov, deputy chief of department, E. Lisouski, head of the sector,
P. Litviniuk, junior researcher, S. Shliazhka, researcher,
A. Shukurov, junior researcher

The Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus,
Minsk, Belarus

Статья посвящена определению напряженно-деформированного состояния рамы электромобиля при основных нагрузочных режимах и определению зон с наименьшей усталостной долговечностью. Описаны подходы по адаптации исходной геометрической под создание конечноэлементной сетки, моделированию рессорной и пневматической подвесок, созданию болтовых соединений. Статья содержит описание режимов нагружения, результаты расче-

тов: напряженно-деформированное состояние конструкции, зоны минимальной долговечности. Приведены рекомендации по снижению металлоемкости конструкции.

The article shows the determination of the stress-strain state of the frame of an electric vehicle at the main load modes and the determination of the zones with the least fatigue life. The approaches to adapting the initial geometric for the creation of a finite element mesh, modeling of spring and air suspension, and the creation of bolted connections are described. The article contains a description of loading modes, calculation results: stress-strain state of a structure, zones of minimum durability. Recommendations for reducing the metal consumption of the structure are given.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, виртуальные испытания, метод конечных элементов, прочность, рама, грузовой автомобиль, ANSYS.

Key words: computer modeling, virtual testing, finite element method, strength, frame, cargo truck, ANSYS.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие автомобильного транспорта требует разработки все более совершенных конструкций автотранспортных средств, обладающих высокими технико-эксплуатационными характеристиками при условии снижения металлоемкости конструкции. Разработка электротранспорта является одним из наиболее перспективных направлений в области машиностроения, поскольку все больше внимания уделяется снижению загрязнений от выхлопных газов и снижению шума, особенно это актуально в крупных городах.

В связи с развитием компьютерной техники и программного обеспечения развиваются численные методы оценки эксплуатационных свойств несущих конструкций автомобилей. Применение технологий компьютерного моделирования позволяет ускорить процесс доводки и минимизировать возможные ошибки, допущенные на этапе конструирования.

Современные программные средства позволяют разрабатывать достаточно сложные и подробные компьютерные модели, с помощью которых можно получить достаточный объем результатов для

качественной и количественной оценки нагруженности конструкций автомобилей.

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования является элементы рамы грузового среднетоннажного электромобиля (рисунок 1) грузоподъемностью 3,8 т.

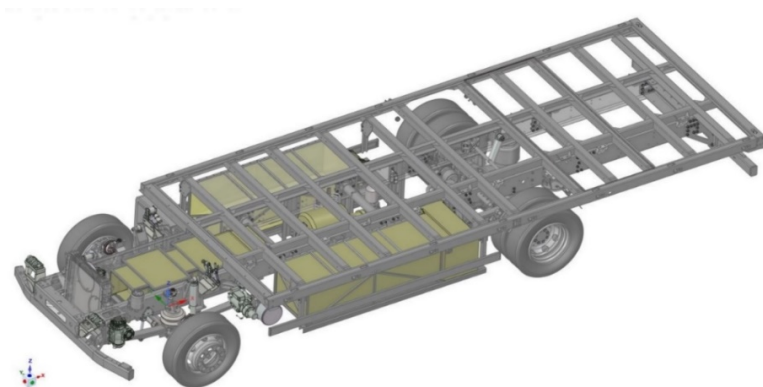


Рисунок 1 – Трехмерная модель шасси автомобиля

РАЗРАБОТКА КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

Конечно-элементная модель рамы (рисунок 2) создавалась по трехмерной электронной геометрической модели с внесением необходимых упрощений и изменений с использованием программного комплекса ANSYS Workbench. В конечно-элементной модели использовались трех и четырех узловые элементы первого порядка типа оболочка с шестью степенями свободы в узле. В элементах подвески моделировались рессоры и пневмоэлементы. Свойства материалов, использованных в расчете – линейные [1–2].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РЕЖИМОВ

Расчет проводился для следующих случаев нагружения: статические вертикальные нагрузки, вертикальные нагрузки с коэффициентом динамики 2, диагональный переезд препятствия высотой 150 мм, диагональный переезд препятствия высотой 100 мм. По-

следний случай нагружения использовался для оценки циклической долговечности рамы [3].

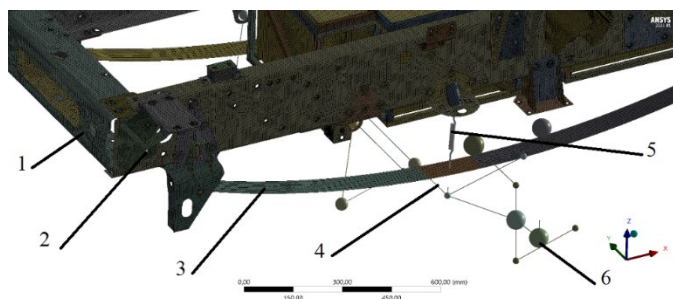


Рисунок 2 – Фрагмент конечно-элементной модели рамы с элементами передней подвески

1 – передняя поперечина; 2 – лонжерон; 3 – малолистовая рессора; 4 – балка переднего моста; 5 – пневмоэлемент; 6 – шарниры подвески

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

По результатам расчетов наибольшие напряжения в конструкции возникают при моделировании диагонального переезда препятствия высотой 150 мм. Наиболее нагружена зона задней подвески (рисунок 3). Минимальный коэффициент запаса по отношению к пределу текучести составил 1,57 [4].

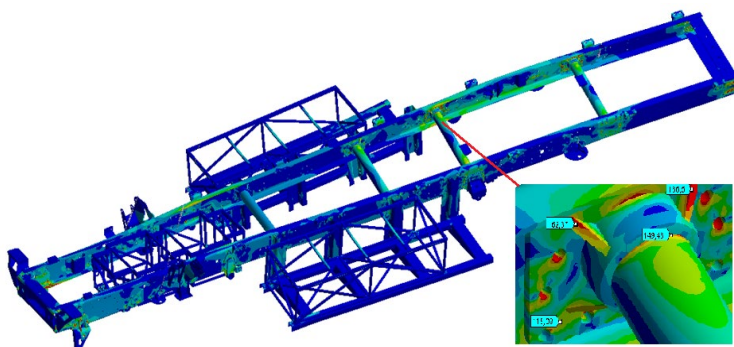


Рисунок 3 – Распределение эквивалентных напряжений (σ_{vms}) в раме автомобиля при моделировании диагонального переезда препятствия высотой 150 мм (МПа)

Для оценки усталостной долговечности несущих элементов конструкции использовался режим моделирования диагонального переезда препятствия высотой 100 мм. [5]. Расчет проводился с использованием программного обеспечения nCode DesignLife.

На основании значений предела прочности (σ_b) используемых в конструкции рамы материалов алгоритмами программного обеспечения были сгенерированы усталостные кривые материалов (кривые Веллера) (рисунок 4).

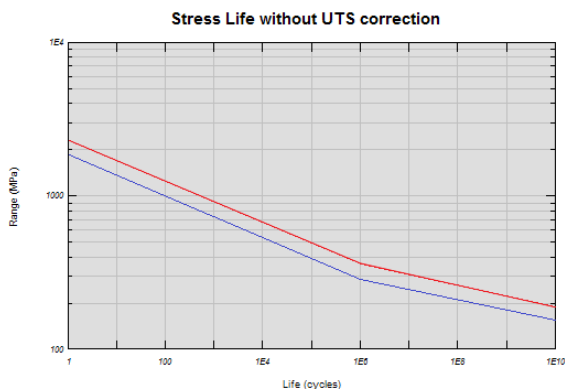


Рисунок 4 – Кривые Веллера для используемых сталей

По результатам усталостных расчетов минимальная долговечность наблюдается в зоне задней подвески (рисунок 5). Полученные результаты расчета удовлетворяют необходимым требованиям по долговечности конструкции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продемонстрировано применение современных методических и программных средств численного анализа в решении задачи оценки показателей прочности и долговечности рамы грузового электромобиля. Оценка напряженного-деформированного состояния несущих конструкций выполнена с использованием программного обеспечения ANSYS Workbench, расчет усталостной долговечности проведен в приложении nCode DesignLife.

Результаты расчетов позволили определить зоны конструкции с высоким запасом прочности и долговечности. С целью снижения

массы рамы были внесены изменения в конструкцию крепления батарейных отсеков – уменьшено сечение горизонтальных несущих балок.

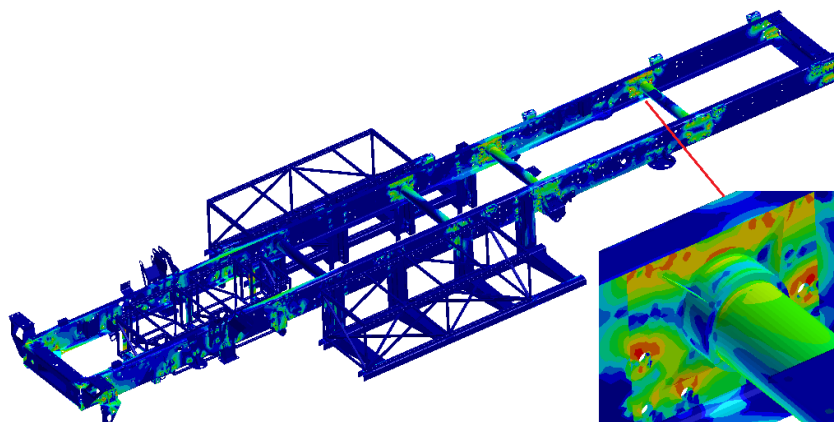


Рисунок 5 – Циклическая долговечность рамы

ЛИТЕРАТУРА

1. Басов, К. А. ANSYS: справочник пользователя. – М. : ДМК Пресс, 2005. – 640 с., ил.
2. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство. – Изд. 2-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 272 с.
3. Шмелев, А. В. Совершенствование методов схематизации случайных процессов нагружения и расчета усталостной долговечности несущих конструкций грузовых автомобилей: дис. к-та техн. наук: 01.02.06 / А. В. Шмелев. – Минск, 2010.
4. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов. Справочник / П. И. Полухин, Г. Я. Гунн, А. М. Галкин – М. : Металлургия, 1983. – 352 с., ил.
5. ГОСТ 25.502-79 Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 28 с.

Представлено 15.05.2021