

УДК 621.319.53

*О. Ю. Вахрушева*¹, *Е. С. Ильин*¹, *В.С. Ратушняк*¹, *А.В. Лившиц*²

¹ Красноярский институт железнодорожного транспорта филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, Российская Федерация

² Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

МАГНИТОИМПУЛЬСНЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ВАГОНА. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. Рассмотрен процесс поведения стенки вагона под воздействием импульсного магнитного поля. Оценены деформация и напряжения на стенке вагона при различной интенсивности и форме нагрузки. Особое внимание уделено исследованию перемещения стенки вагона во время силового воздействия и исследованию распределения напряжений по поверхности вагона. Полученные результаты будут использованы в качестве исходных данных для дальнейшего исследования распространения ударной волны по стенкам вагона.

Ключевые слова: импульсное воздействие, распределение напряженности, перемещение стенки, компьютерное моделирование.

*O. Yu. Vakhrusheva*¹, *E. S. Ilyin*¹, *V. S. Ratushnyak*¹, *A. V. Livshits*²

¹ Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, branch of the Irkutsk state transport University, Krasnoyarsk, the Russian Federation

² Irkutsk state transport University, Irkutsk, the Russian Federation

MAGNETIC PULSE WASTE CLEANING METHOD. COMPUTER SIMULATION RESULTS

Abstract. The process of the car wall behavior under the action of a pulsed magnetic field is considered. The deformation and stresses on the car wall at various intensity and shape of the load are estimated. Particular attention is paid to the study of the displacement of the wall of the car during force action and to the study of stress distribution along the surface of the car. The obtained results will be used as initial data for further investigation of the shock wave propagation along the walls of the car.

Keywords: impulse action, tension distribution, wall displacement, computer simulation.

Введение

Во время процесса магнито-импульсного воздействия на вагон, как правило происходит деформация его стенок в зависимости от величины напряженности на выбранном участке.

От напряженно-деформированного состояния стенки во время силового воздействия (особенно на последнем этапе) будет зависеть процесс дальнейшего взаимодействия со сmerzшейся массой и качество очистки [1-3, 6]. В свою очередь процесс взаимодействия установки, стенки и груза будет зависеть от того в каком состоянии груз вступает в контакт с импульсным воздействием. Поэтому исследованию процесса деформирования стенки вагона и распределение напряженностей по поверхности имеет важное значение. В данной статье раскрывается вопрос компьютерного моделирования силового воздействия на стенку вагона и рассматриваются параметры деформации и перемещения материала во время работы установки (рис.1).

Исходные данные

Для проведения исследования в среде конечных элементов смоделирован железнодорожный вагон.

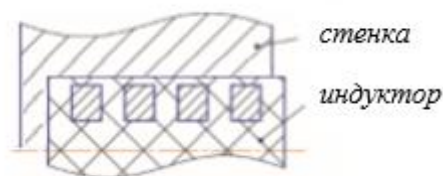


Рис.1. Технологическая схема очистки вагона магнитоимпульсным способом

Механические свойства выбранных марок стали соответствуют механическим свойствам стали, применяемых в вагоностроении, средний предел текучести при растяжении 250 МПа, предел прочности при растяжении 400 МПа. [4]

Для оценки прочности кузова люкового вагона, при действии ударной взрывной волны, выбраны сталь А36 и литая легированная, модуль упругости которых $E_{cm} = 2,1 \times 10^5 \text{ МПа}$ и $E_{cm} = 2,3 \times 10^5 \text{ МПа}$ соответственно, коэффициент Пуассона $\nu_{cm} = 0,28$ и $\nu_{cm} = 0,25$. Длина и высота вагона 12 730 мм и 2 580 мм соответственно, что соответствует стандартным размерам. Расчетная модель для исследования показана на рис. 1. Вагон зафиксирован снизу, запрещались его поступательные перемещения.

Учитывая симметрию прикладываемой нагрузки и конструкцию вагона, в качестве расчетной модели рассматривается кузов вагона. Силовое воздействие в расчетах было для стали А36 1 000 Н, для литой легированной стали 10 000 Н. Свойства используемого материала приведены в табл. 1.

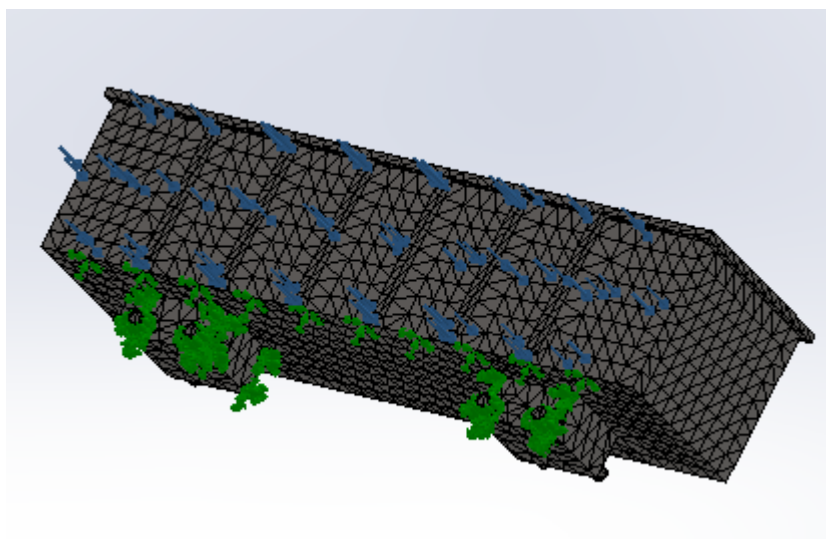


Рис. 2. – Модель вагона для проведения исследования

Марка стали	Предел текучести	Предел прочности
Сталь А36	250 МПа	400 МПа
Литая легированная сталь	241 МПа	448 МПа

Табл. 2. Механические свойства используемого материала

Для анализа процесса перемещения вагона во время силового воздействия, а также анализа распределения напряжений по поверхности выбрана расчетная среда Solidworks.

Результаты компьютерного моделирования

На рис. 2 приведена диаграмма перемещения стенки вагона во время силового воздействия. На рис. а приведена диаграмма для стали А36 при воздействии 1 000 Н, на рис б для легированной стали при 10 000 Н. На рис 3 для этих марок приведено распределение напряжений по поверхности вагона.

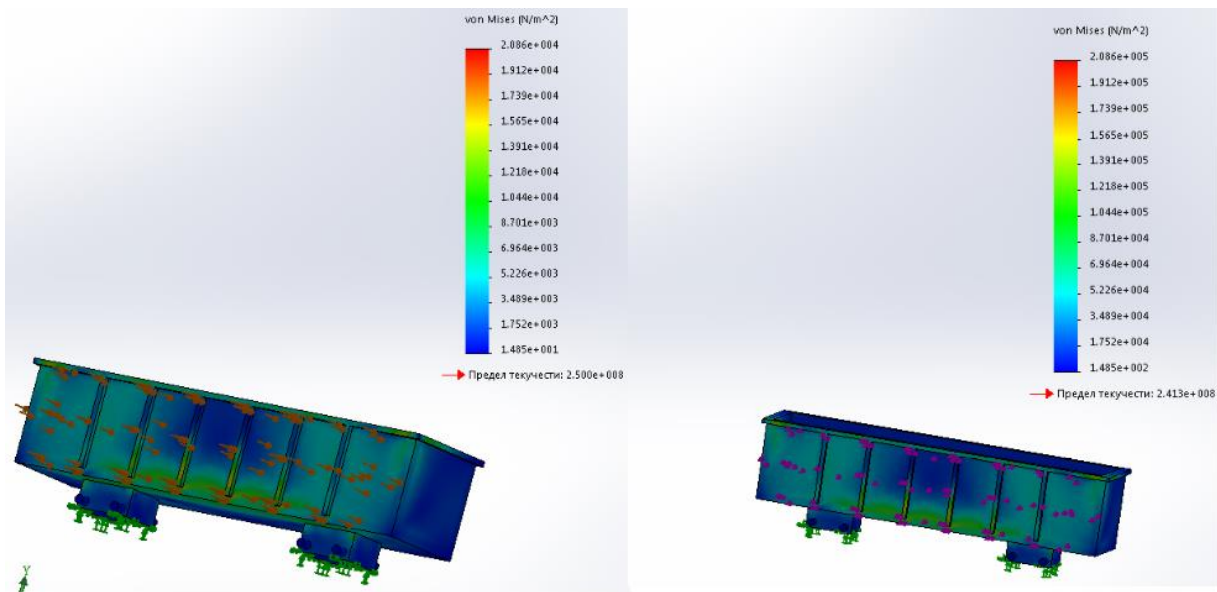


Рис. 2. Распределение напряженностей: а) сталь А36; б) легированная сталь, σ , Н/м²

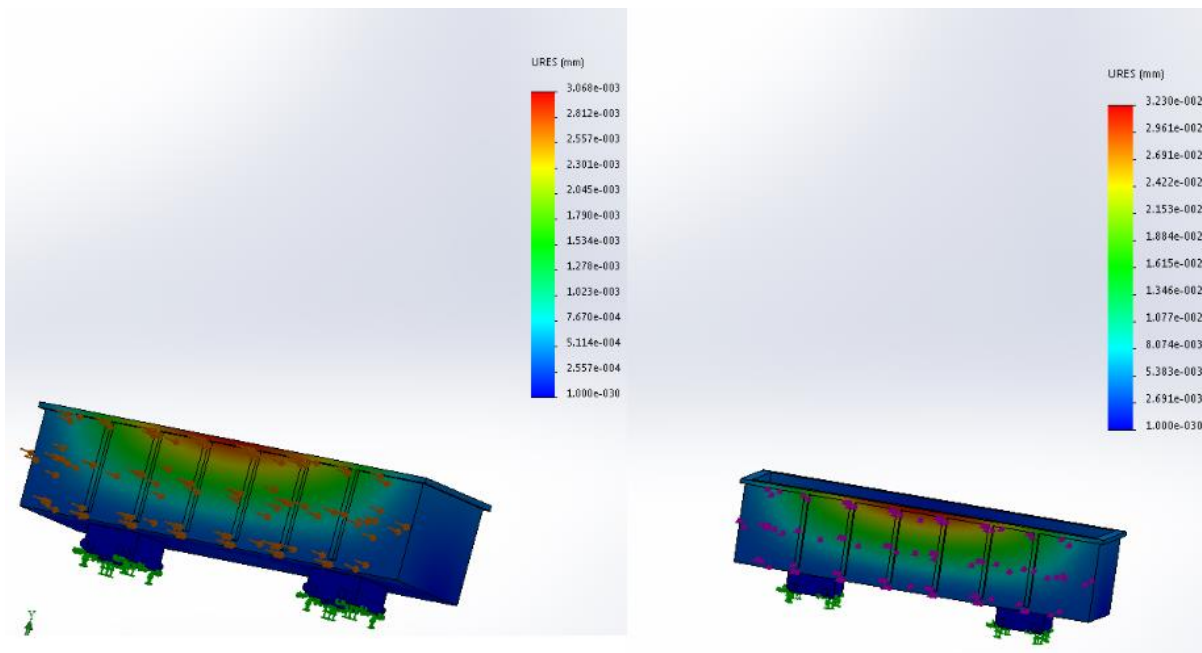


Рис. 4. Распределение деформаций: а) сталь А36; б) легированная сталь, S,мм.

Главное требование к полувагону при воздействии ударной волны – отсутствие остаточных деформаций в кузове вагона, поэтому необходимо учитывать максимально допускаемые напряжения для выбранной марки стали, которые были приняты равными максимальному пределу текучести материала $\sigma_m = 250 \text{ МПа}$ (табл. 1) [5].

Величина максимальных эквивалентных напряжений при воздействии ударной волны составила менее 10 МПа. Таким образом, можно сказать, что кузов вагона способен выдержать воздействие ударной волны на стенку вагона. При этом максимальное перемещение

стенки во время воздействий не превышает нескольких долей миллиметра что позволяет говорить о том, что воздействие ударной волны не влияет на деформацию вагона.

Заключение

1. Методом компьютерного моделирования исследовано распределение напряженностей по поверхности выбранного участка вагона и его деформация при различных параметрах воздействия.

2. Проведено моделирование воздействия различной интенсивности для различных материалов.

3. Получены картины изменения перемещений и напряжений вдоль всей исследуемой поверхности.

4. Установлено, что перемещения стенки во время воздействия заданной интенсивности незначительны, а распределение напряженностей не приводит к повреждению вагона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гриневич Г.П. Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ на железнодорожном транспорте / Г.П. Гриневич. – М. : Транспорт, 1982 – 343 с.

2. Ильин, Е.С. Автоматизация процесса очистки вагона от примерзшей и слежавшейся массы магнитоимпульсным способом / Е.С. Ильин, О.Ю. Вахрушева // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкальском крае. – Улан-Удэ, 2017. – С. 146-152.

3. Электрогидроимпульсный способ очистки сточных вод / Е.С. Ильин, А.И. Орленко, В.С. Ратушняк, Т.А. Сергиенко, А.В. Юрьев // Экология производства. – 2017. – № 2. – С.57-59.

4. Ратушняк В.С. Обоснование необходимости разработки нового способа очистки проводов ЛЭП от гололедных отложений // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: труды XXI Межвузовской научно-практической конференции КРИЖТ ИрГУПС (г. Красноярск, 07.11.2017 г.) / редкол. : В.С. Ратушняк (отв. ред.) [и др.]; КРИЖТ ИрГУПС. –Красноярск: КРИЖТ ИрГУПС, 2017. –290 с. – С. 62-69.

5. Дьяков, А.Ф. Процесс смерзания угольного топлива при транспортировке и эффективные средства его измельчения / А. Ф. Дьяков, Г. П. Берлявский, В. Г. Канцдалов // Энергетик. – 2008. – №. 2. – С. 2-6.

6. Ильин, Е.С. Об эксперименте применения магнитоимпульсного способа по очистке вагона от примерзшей массы / Ильин Е.С., Вахрушева О.Ю., Ратушняк В.С. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. – № 1 (57). – С. 117-123.

REFERENCES

1. Grinevich G.P. Integrated mechanization and automation of loading and unloading operations in railway transport / G.P. Grinevich. - M.: Transport, 1982 - 343 p.

2. Ilyin, E.S. Automation of the process of wagon cleaning from the frozen and clammy mass by the magnetic pulse method / E.S. Ilyin, O.Yu. Vakhrusheva // 115 years of railway education in the Trans-Baikal Territory. - Ulan-Ude, 2017. - P. 146-152.

3. Electrohydropulse method of wastewater treatment / E.S. Ilyin, A.I. Orlenko, V.S. Ratushnyak, T.A. Sergienko, A.V. Yuriev // Ecology of production. - 2017. - No. 2. - P.57-59.

4. Ratushnyak V.S. Substantiation of the need to develop a new method for cleaning the wires of power lines from ice deposits // Innovative technologies on the railway transport: works of the XXI Interuniversity Scientific and Practical Conference KRIZHT IrGUPS (Krasnoyarsk, 07.11.2017) / Rare. : V.S. Ratushnyak (editorial editors) [and others]; KRIZHT IrGUPS. - Krasnoyarsk: KRIZHT IrGUPS, 2017. -290 p. - P. 62-69.

5. Dyakov, A.F. Process of coal fuel firing during transportation and effective means of its grinding / AF Dyakov, GP Berlyavsky, VG Kantsedalov // *Energetik*. - 2008. - No. 2. - P. 2-6.

6. Il'in E.S, O. Yu Vakhrusheva, V. S Ratushnyak On the experimental application of the magnetic pulse method for clean-ing the wagon from the frozen substance. *Modern technologies. System analysis. Modeling*, 2018, Vol. 57, No. 1, pp. 117-123.

Информация об авторах

Вахрушева Оксана Юрьевна – преподаватель Красноярского института железнодорожного транспорта филиала Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, e-mail: vakhrusheva_oy@krsk.irkups.ru;

Лившиц Александр Валерьевич - д-р.техн.наук, профессор Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: livshic_av@irkups.ru;

Ильин Евгений Сергеевич – канд. техн. наук Красноярского института железнодорожного транспорта филиала Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, e-mail: iluin_es@krsk.irkups.ru;

Ратушняк Валентина Сергеевна – преподаватель Красноярского института железнодорожного транспорта филиала Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, e-mail: iluin_es@krsk.irkups.ru.

Authors

Vakhrusheva Oksana Yurievna - teacher of the Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Irkutsk State University of Railway Transport, Krasnoyarsk, e-mail: vakhrusheva_oy@krsk.irkups.ru;

Livshits Alexander Valerievich dr.techn.nauk, full professor of the Irkutsk State University of Railway Transport, Irkutsk, e-mail: livshic_av@irkups.ru;

Ilyin Evgeny Sergeevich - Cand. tech. Krasnoyarsk Branch of the Institute of Railway Transport, Irkutsk State University of Railway Transport, Krasnoyarsk, e-mail: iluin_es@krsk.irkups.ru;

Valentina Ratushnyak - teacher of the Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Irkutsk State University of Railways, Krasnoyarsk, e-mail: iluin_es@krsk.irkups.ru.

Для цитирования

Вахрушева О.Ю. Магнитоимпульсный способ очистки вагона. Результат компьютерного моделирования [Электронный ресурс] / О. Ю. Вахрушева, А. В. Лившиц, В. С. Ратушняк // «Молодая наука Сибири»: электрон. науч. журн. — 2018. — №1. — Режим доступа: <http://mnv.irkups.ru/toma/11-2018>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 13.09.2018)

For citation

Vakhrusheva O. Yu., Livshits A. V., Ratushnyak V. S. *Magnitoimpul'snyj sposob ochistki vagona. Rezul'tat komp'yuternogo modelirovaniya* [Magnetopulse method of cleaning the car. The result of computer modeling]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2018, no. 1. [Accessed 13/09/18]