

УДК 629.113

В.Ю. Шурыгин¹, А.В. Тумасов¹, Л.Н. Орлов¹, А.А. Аникин¹, Ю.И. Палутин²**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ
ЭНЕРГОПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ ЗАДНЕЙ ЧАСТИ СПИНКИ СИДЕНЬЯ**Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева¹,
Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия²

Представлены результаты расчетного исследования задней части спинки сиденья на энергопоглощение. Расчетные исследования выполнены в соответствии с требованиями Правил ЕЭКООН №21. Для проведения расчётного исследования разработана конечно-элементная модель, компьютерное моделирование выполнено в программном комплексе LS-Dyna. В работе рассмотрено два режима нагружения модели, а именно динамический и статический.

Ключевые слова: сиденье, компьютерное моделирование, энергопоглощение

Повышение пассивной безопасности наземных транспортных средств является актуальной задачей. При проектировании транспортных средств, предназначенных для перевозки людей, решаются вопросы компоновки салона, расположения мест и пассивной безопасности сидений [1], в том числе кунгов многоцелевых транспортных средств, микроавтобусов используемых различными министерствами, госслужбами и др. При этом важную роль играет травмобезопасность спинок сидений, что напрямую связано с их энергопоглощающими свойствами. В настоящее время всё большую популярность набирают методы имитационного моделирования. Они позволяют в относительно короткий срок понять поведение системы при различных видах нагружения, внести необходимые корректировки без проведения дорогостоящих и трудоёмких экспериментальных работ.

В данной работе рассмотрен вопрос энергопоглощения спинкой сиденья автобуса удара головы пассажира сидящего сзади. Данный вид нагружения регламентируются Правилами ЕЭКООН №21 [2]. В соответствии с ними нагружение спинки сиденья осуществляется ударом маятника диаметром 165 мм, массой 6,8 кг, скоростью 24,1 км/ч. При этом замедление шара (модели головы) не должно превышать 80 g, действующих непрерывно в течение более трёх миллисекунд.

На первом этапе исследования необходимо определить точку удара, допускается нахождение экспериментальным или графическим способом. Графический способ определения точки удара показан на рис. 1.

Для моделирования условий нагружения был выбран программный комплекс LS-Dyna [3], который позволяет решать: квазистатические задачи, возможность задания контактного взаимодействия, нелинейную динамику, оценку сопротивляемости удару, задачи динамической прочности.

Для проведения исследований разработана подробная конечно-элементная модель каркаса сиденья [4] (рис. 2), которая состоит из 23305 узлов и 24889 элементов. При этом каркас сиденья имеет упруго-пластический материал, шар – абсолютно жесткий.

Согласно требованиям Правил ЕЭКООН №21 скорость модели головы в момент удара, должна быть равна 24,1 км/ч. Для этого в программно-пакетном комплексе LS-Dyna применена карточка **initial-velocity-generation**, в которой необходимо задать угловую скорость модели головы (формула 1).

$$\omega = \frac{V}{R} = 8,8 \text{ 1/c}, \quad (1)$$

где ω – угловая скорость модели головы 1/c; V – поступательная скорость модели головы 24,1 км/ч; R – радиус вращения модели головы (высота от центра сочленения бедра до центра модели головы), 760 мм.

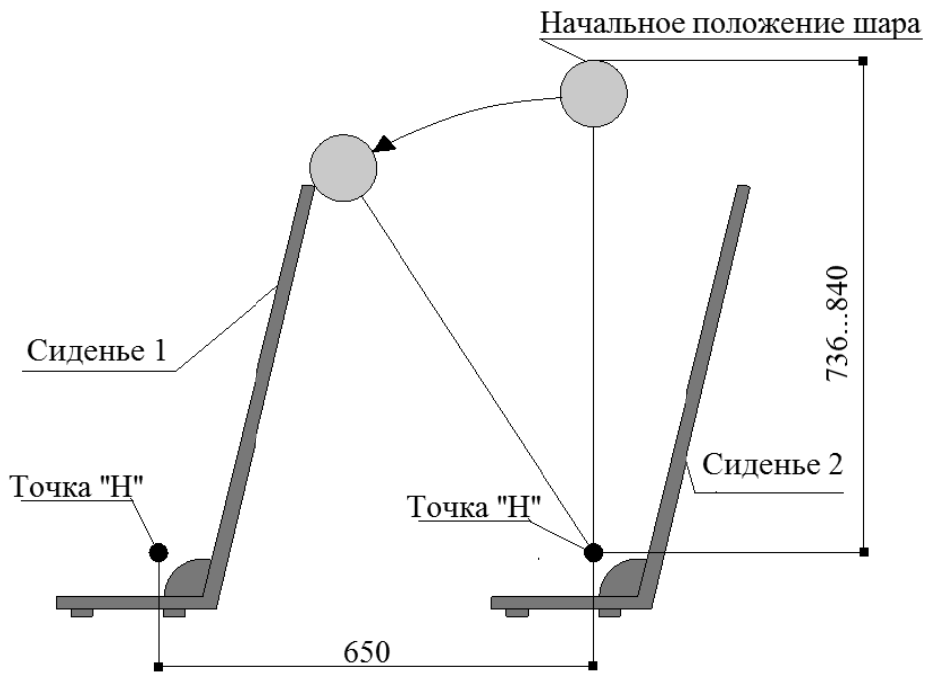


Рис. 1. Графический способ определения точки удара

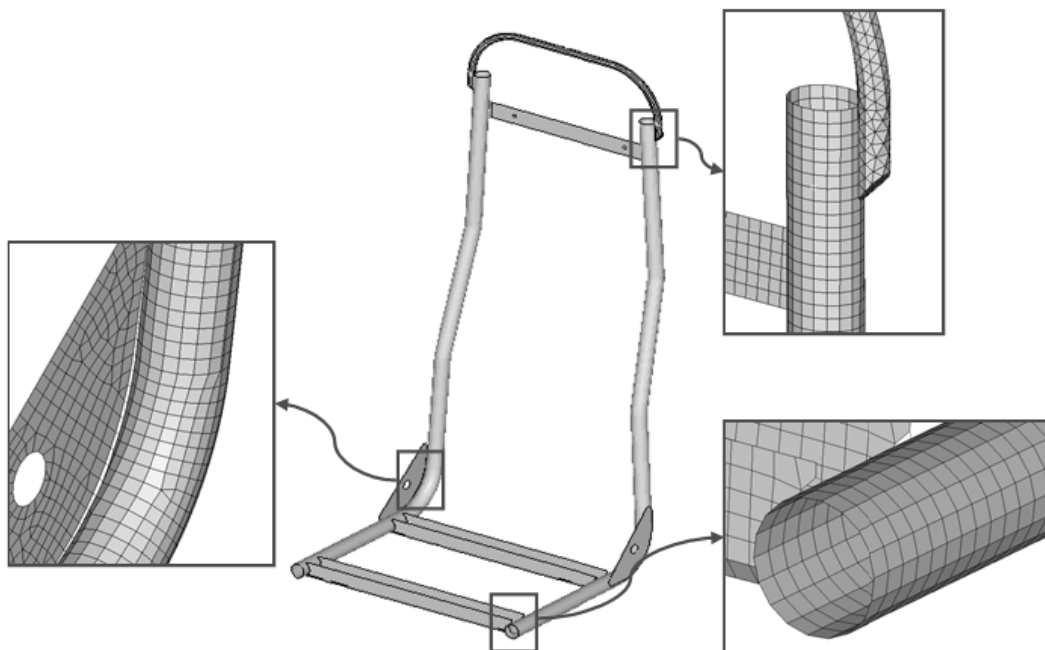


Рис. 2. Конечно-элементная модель

Далее приведён пример карточки LS-Dyna для задания скорости шару:

*INITIAL_VELOCITY_GENERATION – карточка LS-Dyna

\$HMNAME LOADCOLS velocity – имя карточки

\$HWCOLOR LOADCOLS 1 3

198 1 8.8 - угловая скорость

-137.718 -812.669 225.606 -1.0 – координаты центра вращения и направление оси.

Результаты расчёта ускорения шара от начального момента удара до полной остановки шара показаны на рис. 3.

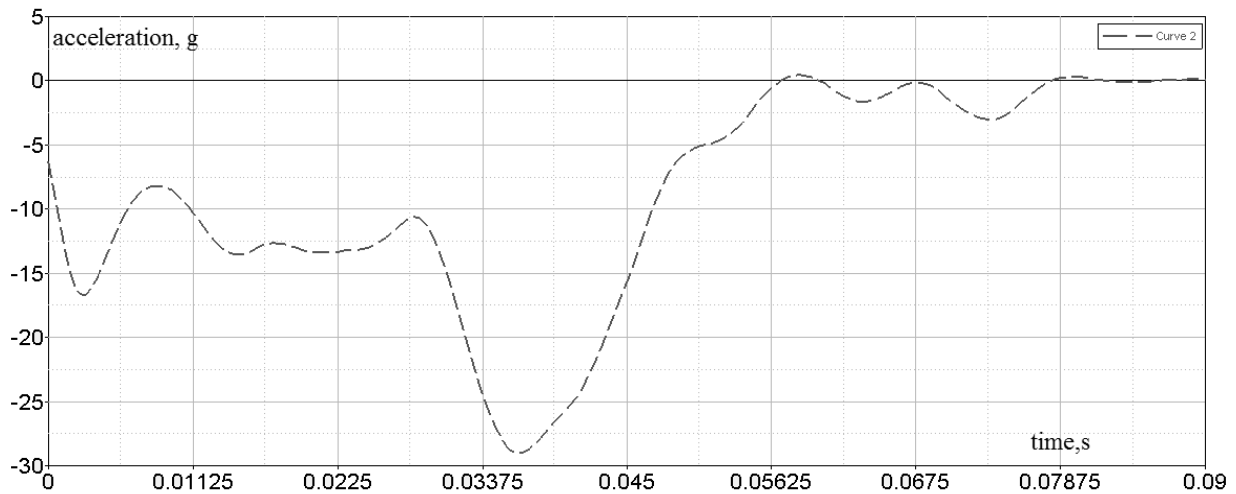
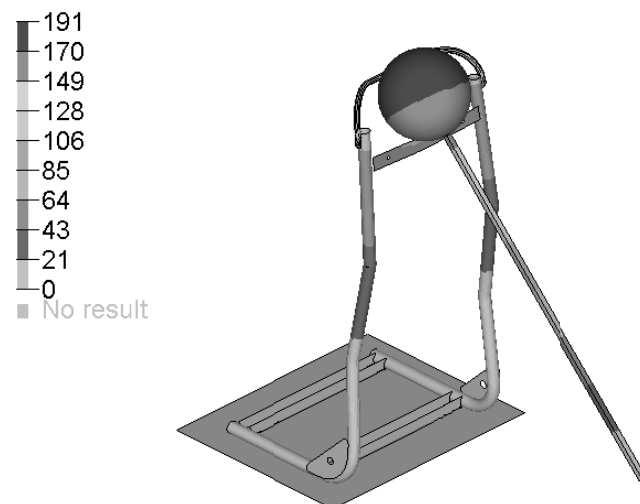
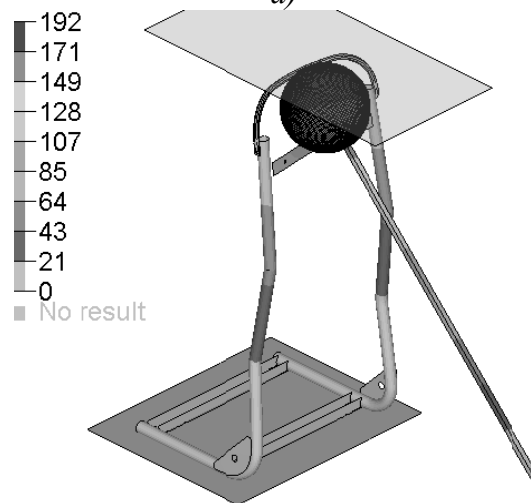


Рис. 3. Результаты ускорения шара



а)



б)

Рис. 4. Деформации каркаса сиденья
а – динамический расчёт; б – статический расчёт

Как видно из графика ускорений шара, максимальные замедления составили не более 28 g, что ниже предельно допустимых значений в 80 g.

Практический интерес также представляет рассмотрение статического продавливания конструкции. Данный вид нагружения целесообразно применять на начальных этапах проектирования, в процессе доводки конструкции с точки зрения повышения ее несущей способности и выбора рационального варианта. Для примера далее приведены результаты статического нагружения рассматриваемой модели шаром с воспроизведением его кинематики движения, аналогичным удару. Деформации конструкции для двух вариантов расчета показаны на рис. 4. На рис. 5 показан график зависимости контактной силы между шаром и каркасом сиденья, проведено сравнение аналогичного графика для динамического и статического расчетов.

Сравнительный анализ результатов двух расчетов (статического и динамического) показал, что расхождение значений максимальной контактной силы находится на уровне 10%. Относительно малое расхождение свидетельствует об адекватном поведении модели и приемлемой точности моделирования.

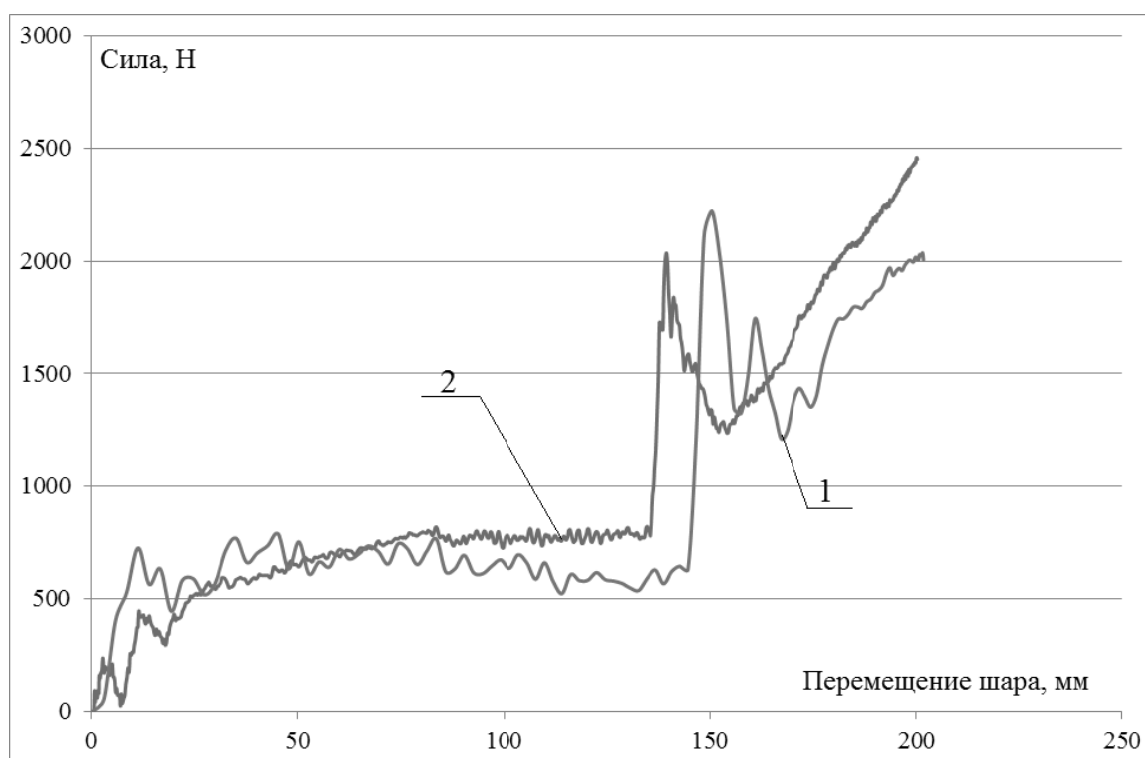


Рис. 5. Сравнение результатов расчётов
1 – динамический расчёт; 2 – статический расчёт

На обоих графиках можно заметить резкий всплеск контактной силы (перемещение шара 134 мм для статического и 145 мм для динамического расчёта), это объясняется тем, что шар сминает ручку, и точка контакта переходит на нижнюю поперечину, вследствие чего повышается жесткость конструкции.

Удовлетворительная сходимость результатов двух расчетов позволяет использовать выбранный подход к моделированию испытаний на стадии разработки каркасов сидений наземных транспортных средств. Этап моделирования является, безусловно, важным, он позволяет в относительно короткие сроки исследовать достаточно большее количество вариантов конструкции, нежели при проведении экспериментальных исследований. При этом, исходя из результатов компьютерного моделирования, на начальных этапах проектирования допускается имитация статического нагружения конструкции. Такой вариант нагружения

является более простым как при проведении расчетных исследований, так и при проверке принятых решений в ходе экспериментальных исследований. Испытания каркасов сидений наземных транспортных средств на энергопоглощение является довольно трудоёмким и дорогостоящим процессом, а разработанная методика позволяет достаточно точно спрогнозировать поведение конструкции при сертификационных испытаниях. В совокупности полученные результаты могут представлять большой интерес для инженеров, инженерных отделов компаний, занимающихся проектированием сидений наземных транспортных средств.

Библиографический список

1. **Кочанов, Е.В.** Расчетно-экспериментальная оценка несущей способности пассажирского сиденья с ремнем безопасности / Е.В. Кочанов, С.А. Багичев, Е.А. Наумова // Грузовик. – 2015. – №12. – С. 2-4.
2. **Правила ЕЭК ООН №21** «Единые предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении их внутреннего оборудования».
3. **Рябов, Д.М.** Метод расчета сидений энергопоглощающих конструкций бронированных колесных машин / Д.М. Рябов, А.А. Смирнов // Наука и Инновации, – 2013. – №12(24). – С. 23.
4. **Орлов, Л.Н.** Основы разработки конечно-элементных моделей кузовных конструкций авто-транспортных средств. Расчеты на безопасность и прочность: учеб. пособие / Л.Н. Орлов, А.В. Тумасов, Е.В. Кочанов [и др.]; под ред. Л.Н. Орлова; Нижегород. гос. техн. ун-т. им. П.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 144 с.

*Дата поступления
в редакцию 23.11.2017*

V. Y. Shurygin¹, A. V. Tumasov¹, L. N. Orlov¹, A. A. Anikin¹, Y. I. Palutin²

COMPUTER SIMULATION OF TESTS FOR THE ASSESSMENT OF THE ENERGY-ABSORBING PROPERTIES OF THE BACK OF THE SEAT BACK

Nizhny Novgorod state technical university n. a. Alekseev¹,
Nizhny Novgorod state agricultural Academy²

Purpose: Study of energy absorption of the rear backrest/

Design/methodology/approach: The calculations have been performed in accordance with the requirements of regulation UNECE No. 21. To conduct computational studies of the developed finite element model, computer simulations performed using the software package LS-Dyna. The paper discusses two modes of loading models, namely dynamic and static.

Findings: Comparative analysis of the results of the two calculations (static and dynamic) showed that the divergence values of the maximum contact force is at the level of 10%. The relatively small divergence is an indication of adequate behavior of the model and acceptable accuracy of simulation. Test of seat frames ground vehicles the energy absorption is a quite time-consuming and expensive process, and the developed method allows to accurately predict the behavior of the design under certification tests. The obtained results may be of great interest to engineers, engineering departments involved in design of seat of vehicles.

Research limitations/implications: In this paper, uses methods of simulation.

Originality/value: Developed new finite element models.

Key words: seat, computer simulation, energy absorption.