

УДК 629.113

**С. А. Багичев**, соискатель, Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева  
**Л. Н. Орлов**, доктор технических наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева  
**А. В. Тумасов**, кандидат технических наук, доцент, Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева  
**А. В. Герасин**, аспирант, Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева  
**К. С. Ившин**, кандидат технических наук, доцент, Удмуртский государственный университет, Ижевск

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ КАБИН ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Приведены результаты расчетов кабин грузовых автомобилей на соответствие нормативным требованиям безопасности в случае фронтального столкновения автомобиля с препятствием. Приведено описание конечно-элементных моделей кабин. Показан вид нагружения моделей кабин и способ их закрепления. Приведено выражение для определения кинетической энергии маятника. В качестве результатов расчетов приводятся деформированные виды кабин, графики изменения энергии удара и ударной нагрузки.*

**Ключевые слова:** конечно-элементные модели, фронтальное столкновение с препятствием, кабина грузового автомобиля, нагруженные модели.

Согласно существующим требованиям пассивной безопасности кабина грузового автомобиля в случае фронтального столкновения автомобиля с препятствием должна обеспечивать поглощение энергии удара при сохранении внутри остаточного пространства безопасности для водителя и пассажиров. Это требование в настоящее время регламентирует ГОСТ Р 41.29–99.

Предусмотрено оценку пассивной безопасности кабин проводить как по результатам натурных испытаний, так и на основе результатов расчетов [1]. Расчетные методы получили наибольшее распространение на стадии проектирования и доводки автомобилей. Компьютерное моделирование аварийных ситуаций с использованием современных программных комплексов позволяет определить напряженно-деформированное состояние конструкции, получать зависимости изменения параметров нагружения, энергии удара, энергоемкости конструкции и ударной нагрузки.

В данной статье для примера рассматриваются результаты исследований пассивной безопасности

и несущей способности конструкций кабин автомобилей ГАЗ-53А и «Русак». Были разработаны подробные конечно-элементные модели [2, 3], адекватно отражающие силовые элементы кабин, условия их соединения и закрепления на внешних опорах. При этом предварительно построенные поверхности геометрических моделей были разбиты сеткой оболочечных элементов, средний размер которых составил 7 мм (рис. 1). Модель кабины автомобиля ГАЗ-53А (рис. 1, а) учитывает существующие места расположения сварных швов, выштамповок и отбортовок, сложный профиль силовых элементов. Она включает в себя 64623 оболочечных элемента типа Shell и 1740 жестких одномерных элементов типа Rigid, имитирующих сварные соединения. В ней пока не учтены элементы дверей, лобового и заднего остекления, отсутствуют элементы оперения. Модель каркаса кабины автомобиля «Русак» (рис. 1, б) имеет 168706 оболочечных элементов типа Shell, 6579 жестких одномерных элементов типа Rigid. В ней отсутствуют панели, элементы лобового, заднего и бокового остекления.

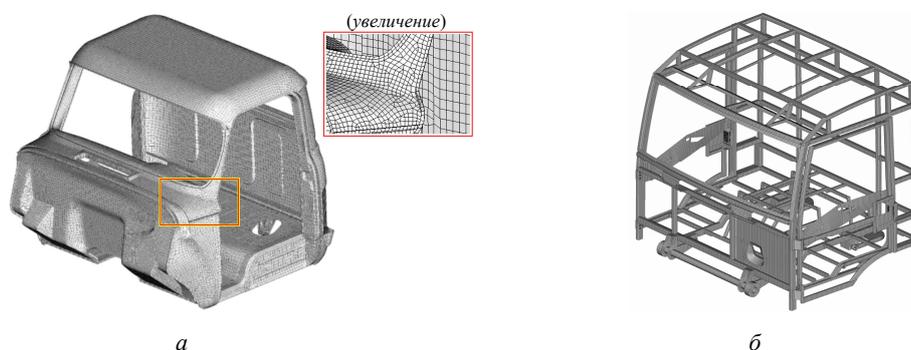


Рис. 1. Конечно-элементные модели кабин грузовых автомобилей: а – ГАЗ-53А; б – «Русак»

В соответствии с существующими требованиями нагружение кабины грузового автомобиля в условиях фронтального столкновения имитируется прове-

дением испытания типа А. Кабина должна выдерживать удар маятником с определенной энергией удара  $E_k$ , зависящей от массы грузового автомобиля  $M_a$ .

При компьютерном моделировании энергия удара маятника учитывалась посредством задания его массы  $M_m$  и начальной угловой скорости удара  $\omega$ . Она определялась из выражения кинетической энергии маятника через его угловую скорость и радиус качания его центра масс  $R$ :

$$\omega = \sqrt{2 \frac{E_k}{M_m R^2}}. \quad (1)$$

Внешние опоры закрепления моделей выбирались в местах расположения элементов крепления кабин на раме автомобиля, как показано на рис. 2.

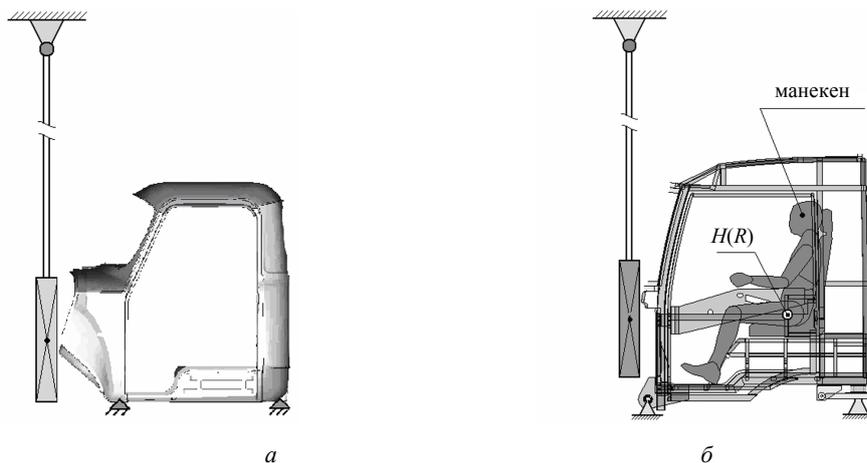


Рис. 2. Схемы нагружения и закрепления моделей кабин: а – ГАЗ53А; б – «Русак»

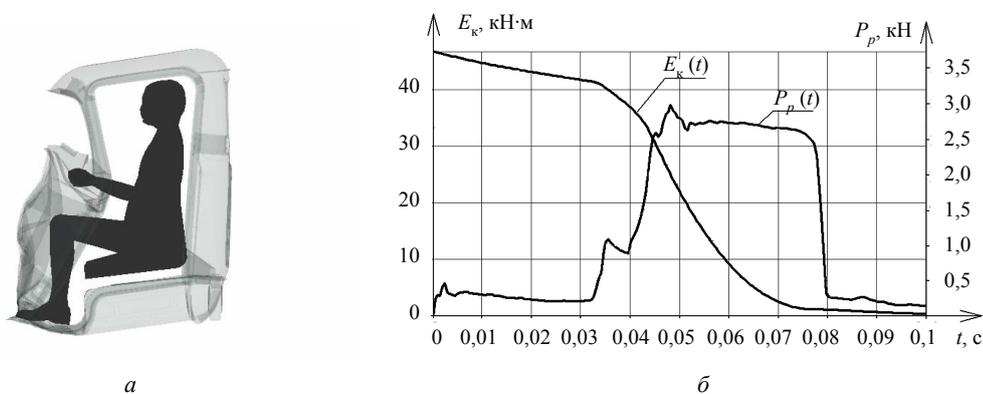


Рис. 2. Результаты компьютерного моделирования кабины: а – деформированный вид; б – график изменения энергии удара и ударной нагрузки

На рис. 3, а показано напряженно-деформированное состояние каркаса кабины автомобиля «Русак» в момент полного поглощения энергии ( $t = 0,06$  с). На рис. 3, б приведен график изменения кинетической энергии маятника в зависимости от времени удара. Установлено, что конструкция кабины имеет необходимую несущую способность по разрушающим нагрузкам и безопасность. При этом внутри кабины сохраняется необходимое остаточное жизненное пространство для водителя и пассажиров.

Результаты проведенного исследования показывают, что рассматриваемые кабины по разному ведут себя в условиях действия аварийной нагрузки, имитирующей фронтальное столкновение автомобиля

При анализе результатов расчетов оценивались: деформируемость, напряженное состояние конструкции, ее энергоемкость, характер изменения ударной нагрузки и ее разрушающее значение.

На рис. 2, а показан деформированный вид модели кабины автомобиля ГАЗ-53А в момент времени  $t = 0,05$  с. На рис. 2, б приведен график изменения кинетической энергии удара маятника. Видно, что энергия удара полностью поглощается конструкцией кабины за время  $t = 0,1$  с. Следует отметить, что данный расчет имеет теоретическое значение, так как в нем не учитывалась возможность поглощения энергии отсутствующими элементами передней части автомобиля.

с препятствием. При таком виде нагружения особую роль играют силовые элементы передней части и основания кабины. Несущая способность кабины может быть существенно повышена введением прочных продольных элементов основания кабины с закрытыми сечениями.

Таким образом, применение компьютерного моделирования условий аварийного нагружения кабин на основе современных программных пакетов позволяет достаточно эффективно проводить сравнительную оценку пассивной безопасности конструкций при их проектировании и доводке. Безусловно, важное значение имеет использование результатов расчетов и при проведении сертификации автомобиля.

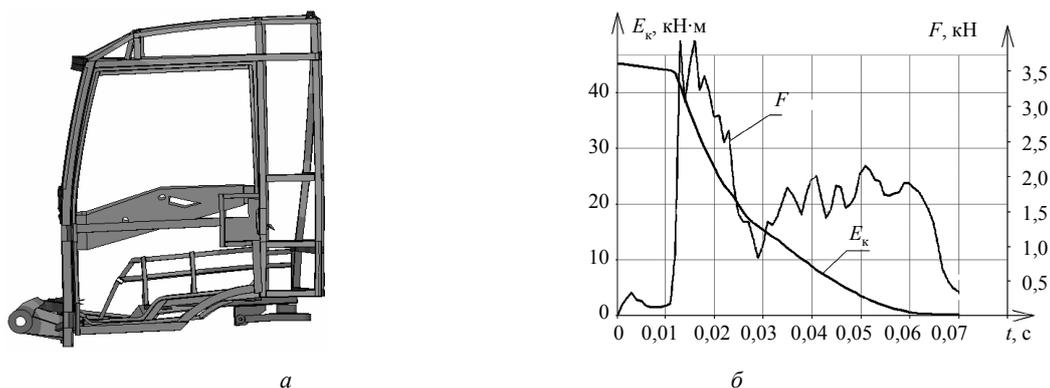


Рис. 3. Результаты компьютерного моделирования каркаса кабины:  
а – деформированный вид; б – график изменения энергии удара и ударной нагрузки

#### Библиографические ссылки

1. Основы разработки конечно-элементных моделей кузовных конструкций автотранспортных средств. Расчеты на безопасность и прочность : учеб. пособие / Л. Н. Орлов [и др.] ; под ред. Л. Н. Орлова. – Н. Новгород : НГТУ, 2009. – 153 с.

2. Тумасов А. В., Орлов Л. Н., Багичев С. А. Расчетно-экспериментальная оценка несущей способности кабины грузового автомобиля в условиях опрокидывания // Известия вузов. Машиностроение. – 2008. – № 4. – С. 41–44.

3. Оценка пассивной безопасности кабин грузовых автомобилей по результатам компьютерного моделирования / Л. Н. Орлов [и др.] // Журнал Автомобильных Инженеров. – 2009. – № 6(59). – С. 26–28.

S. A. Bagichev, Applicant for a Candidate, Nizhny Novgorod State Technical University after R. Ye. Alekseev  
L. N. Orlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Nizhny Novgorod State Technical University after R. Ye. Alekseev  
A. V. Tumasov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Technical University after R. Ye. Alekseev  
A. V. Gerasin, Postgraduate Student, Nizhny Novgorod State Technical University after R. Ye. Alekseev  
K. S. Ivshin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Udmurt State University

#### Track Cabs Safety Estimation by Results of Computer Simulation

The results of calculations of track cabs with comparison of safety regulations in case of front obstacle collision are presented. The description of cabs finite element models is given. The type of model loading of cabs and their fixation are shown. The expression of pendulum kinetic energy determination is given. The deformed cabs, and kinetic energy and impact load diagrams are presented as calculation results.

**Key words:** finite element model, front obstacle collision, track cabs, loading model.

УДК 629.113

С. А. Багичев, соискатель, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева  
Л. Н. Орлов, доктор технических наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева  
К. С. Ившин, кандидат технических наук, доцент, Удмуртский государственный университет, Ижевск

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА БЕЗОПАСНОЙ СИЛОВОЙ СХЕМЫ КАБИНЫ

Приведено описание методики проектирования безопасной конструкции кабины грузового автомобиля, которая включает в себя пять этапов. Дана характеристика каждого этапа. Для первого этапа проектирования представлена последовательность выбора силовой схемы кабины. Разработана программа расчета разрушающих нагрузок, позволяющая в автоматизированном режиме выбирать силовую схему кабины или оценивать существующую на соответствие нормативным требованиям безопасности. Приведена блок-схема программы и алгоритм расчета. В качестве примера представлена зависимость (выражение для расчета) разрушающей нагрузки кабины от ее геометрических параметров в случае действия кососимметричной нагрузки в передней части кабины.

**Ключевые слова:** проектирование кабин грузовых автомобилей, схема нагружения кабины, требования безопасности, кососимметричное нагружение.

Одним из важных требований при создании грузового автомобиля является обеспечение его пассивной безопасности. При этом из-

вестно, что пассивная безопасность грузового автомобиля в основном обеспечивается конструкцией его кабины. Согласно существующим требованиям она