

4. Беспалов В. В., Сорокин В. М. Влияние погрешностей дисковых шевнеров на циклическую погрешность зубцовой частоты цилиндрических зубчатых передач // Межвуз. сб. науч. тр. – Н. Новгород, 1995. – С. 92–100.

5. Беспалов В. В., Хазова В. И. Влияние погрешностей зацепления, изменяющихся по синусоидальному закону по углу φ , на спектр гармонических составляющих циклической погрешности зубцовой частоты цилиндрических зубчатых передач // Вестник ИжГТУ. – 2013. – № 3(59). – С. 41–43.

V. V. Bepalov, PhD in Engineering, Associate Professor, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev
V. I. Khazova, PhD in Engineering, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev

Effect of Transmission Error Varying According to Sinusoidal Law by 2φ Angle on the Spectrum of Harmonic Components of the Cyclic Error of Gear-Meshing Frequency of Spur Gears

The present research deals with experimental validation of disc shaving cutter skewness at spur gears machining with its effect on the spectrum of harmonic components of the cyclic error of gear-meshing frequency. This research shows that transmission error variation, caused by disc shaving cutter skewness, results in amplitude modulation of odd harmonic component of the cyclic error of gear-meshing frequency, leaving even harmonic components amplitudes with no considerable increment.

Keywords: transmission error, cyclic error of gear-meshing frequency, single-flank control, shaving cutter skewness, disc shaving cutter, spur gears.

Получено 30.09.2014

УДК 629,113

А. С. Вашурин, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева
Л. Н. Орлов, доктор технических наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева
А. В. Тумасов, кандидат технических наук, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ НА ПАССИВНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ КУЗОВОВ ВАХТОВЫХ АВТОБУСОВ ИЗ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Приведены результаты исследования влияния отдельных конструктивных и технологических особенностей на пассивную безопасность кузовов из многослойных панелей вахтовых автобусов.

Ключевые слова: пассивная безопасность, варианты кузовов, автобус, опрокидывание, компьютерное моделирование, многослойная панель.

Проблема снижения тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий является одной из важных. Целью федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах» является сокращение смертельных исходов в результате дорожно-транспортных происшествий к 2020 году на 28,82 процента [1]. Это может быть достигнуто в том числе и за счет повышения уровня пассивной безопасности транспортных средств. При этом особое внимание отводится автобусам, поскольку среди ДТП с тяжкими последствиями аварии с их участием занимают около 30 % [2]. Пассивная безопасность многоместных пассажирских транспортных средств регламентируется требованиями Правил ЕЭК ООН № 66. Одним из перспективных направлений улучшения технических характеристик является применение в кузовах автобусов многослойных панелей. Однако особенности поведения таких конструкций мало изучены. Недостаточно информации о влиянии отдельных конструктивных решений на пассивную

безопасность. В России многослойные панели получили распространение в конструкциях кузовов вахтовых автобусов. В данной работе рассмотрено влияние на пассивную безопасность некоторых конструктивных и технологических решений кузова вахтового автобуса из трехслойных панелей. Для этого была разработана методика расчетно-экспериментальной оценки [3], структурная схема этой методики показана на рис. 1.

На рис. 2 приведены фрагменты реализации ее блока по определению характеристик материалов и последующему сравнению результатов расчетов и экспериментов [4], а на рис. 3 – фрагменты реализации блока по оценке несущей способности многослойных панелей.

Для выбора наиболее рационального способа представления панелей были разработаны три вида конечно-элементных моделей: модель 1 содержит оболочечные и объемные элементы, соединенные «узел в узел»; модель 2 – оболочечные и объемные элементы, соединенные связанным контактом; мо-

дель 3 – только оболочечные элементы, которым задано свойство многослойной оболочки. Для всех моделей были воспроизведены режимы нагружения, аналогичные экспериментальным исследованиям.

Все экспериментальные исследования проводились на оборудовании ЦКП «Транспортные системы» ИжГТУ им. П. Е. Алексеева.



Рис. 1. Структурная схема методики расчетно-экспериментальной оценки пассивной безопасности кузовов из многослойных панелей автобусов

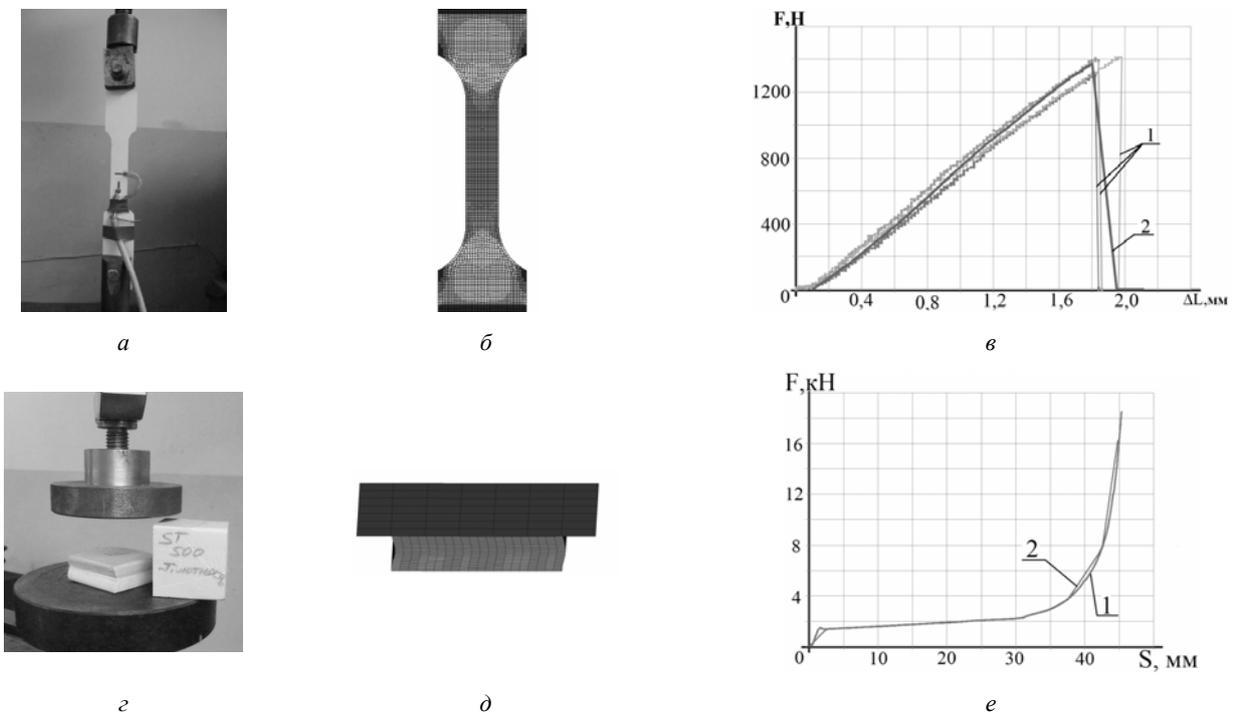


Рис. 2. Определение характеристик материалов: а – фрагмент испытания образца из композитного материала; б – напряженно-деформированное состояние конечно-элементной модели образца из композитного материала; в – экспериментальные 1 и расчетная 2 зависимости изменения усилия от перемещения для композитного материала; г – фрагмент испытания образца из пенополистирола; д – напряженно-деформированное состояние конечно-элементной модели образца из пенополистирола; е – экспериментальные 1 и расчетная 2 зависимости изменения усилия от перемещения для пенополистирола

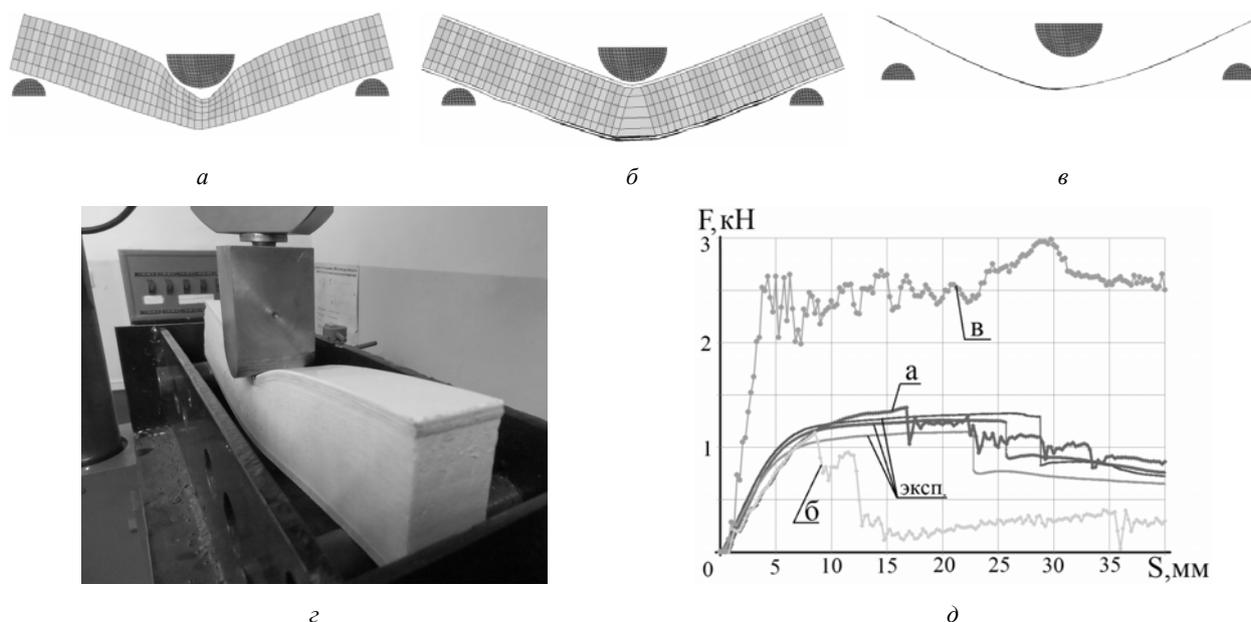


Рис. 3. Деформированные виды конечно-элементных моделей, графики изменения вертикальной нагрузки: а, б, в – модели 1, 2, 3 и соответствующие кривые на графике д; з – фрагмент натурального испытания (эксп. – результаты экспериментов)

Первоначально выполнялась расчетно-экспериментальная оценка пассивной безопасности исходной конструкции. Расчетная модель и результаты компьютерного моделирования приведены на рис. 4. Анализ результатов ее расчета показывает, что конструкция обладает достаточной энергоемкостью и сохраняет структурную целостность при опрокидывании. Наибольшие деформации отмечены в зоне дверного проема задней панели.

Реальные конструкции могут иметь различные конструктивные и технологические отличия от исходной модели. Рассмотрим некоторые из них.

Металлические листы обшивки, как правило, изготавливаются из нескольких частей. Один из способов стыковки обшивки панели кузова показан на рис. 5. В этом случае стык находится над дверным проемом.

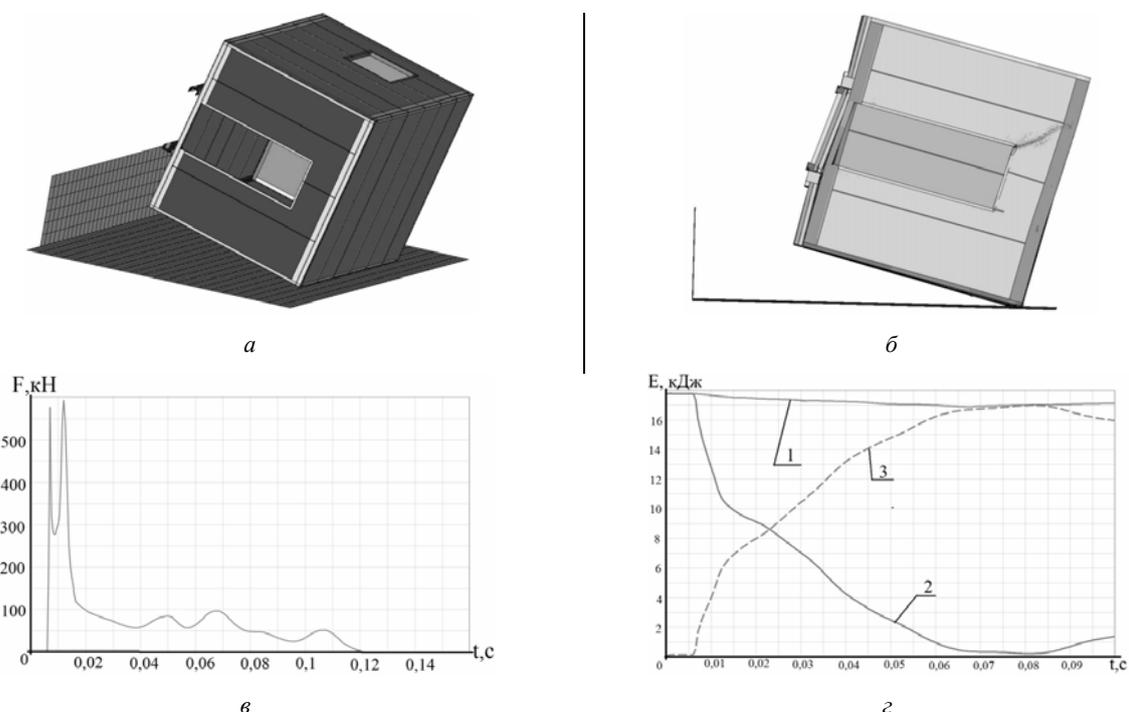
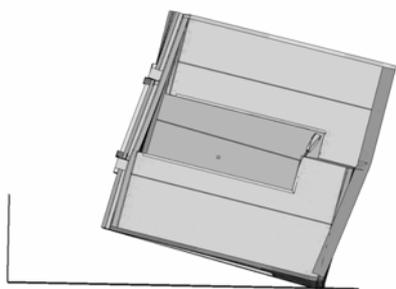


Рис. 4. Результаты компьютерного моделирования исходной конструкции: а – конечно-элементная модель; б – деформированный вид модели кузова в базовом варианте; в – график изменения ударной нагрузки; з – графики изменения энергий в процессе удара, 1 – полной, 2 и 3 – кинетической и внутренней энергии модели соответственно

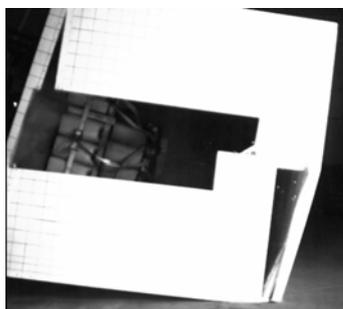


Рис. 5. Фрагмент многослойной панели в зоне стыковки обшивок

Расположение мест стыковки обшивок панели может существенно повлиять на характер деформации кузова при опрокидывании. Результаты моделирования и испытаний такого кузова [3] приведены на рис. 6.



a



б

Рис. 6. Деформированное состояние кузова из многослойных панелей со стыковкой над дверным проемом: *a* – по результатам компьютерного моделирования; *б* – в результате натурного эксперимента

Как видно из рисунка, разрушение происходит в зонах стыковки листов панели, а также соединений задней панели с панелями пола и крыши. Такой механизм разрушения кузова является небезопасным. Поэтому целесообразно рассмотреть другие варианты мест стыковки панелей. Рассмотрим вариант со стыковкой вне зоны дверного проема. Тогда с учетом ширины используемого листа в задней стенке получается два стыковых шва вместо одного. Результаты компьютерного моделирования опрокидывания этого варианта кузова автобуса приведены на рис. 7. Как видно из рисунка, разрушение панели не наблюдается, также сохраняются места соединения задней па-

нели с панелями пола и крыши. Кузов сохраняет структурную целостность.

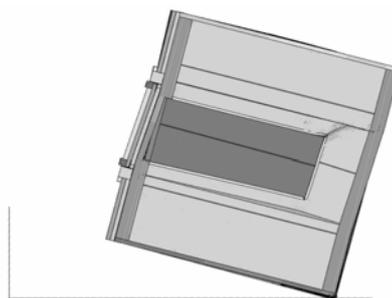


Рис. 7. Деформированное состояние кузова со стыковкой обшивок вне зоны дверного проема

В некоторых модификациях каркас основания кузова выполняется упрощенно и не имеет консолей, представляя из себя раму лестничного типа с двумя лонжеронами из гнутого швеллера и нескольких поперечин из трубы квадратного сечения. Оценка влияния такого конструктивного решения на пассивную безопасность представляет практический интерес. Результаты компьютерного моделирования такой модификации кузова представлены на рис. 8.

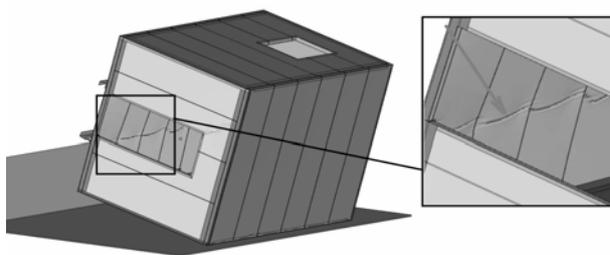


Рис. 8. Деформированный вид модели

У модели наблюдается сильная деформация панели пола. Если учесть, что к панели пола прикручиваются сиденья пассажиров, то данное решение может привести к дополнительному травмированию пассажиров при аварии. Поэтому такая конструкция каркаса основания кузова не может быть рекомендована к применению в реальных конструкциях.

Полученные результаты расчетно-экспериментальных исследований показывают, что при проектировании конструкции кузова из многослойных панелей и оценке уровня их пассивной безопасности необходимо учитывать все их конструктивные и технологические особенности: способ, место расположение и количество мест стыковки листов обшивки панелей; наличие консолей в каркасе основания и др.

Приведенные результаты могут быть использованы при проектировании кузовов из многослойных панелей.

Библиографические ссылки

1. Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах : федеральная целевая программа :

[принята Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 октября 2013 г. № 864]. – М., 2013. – 34 с.

2. Анализ пассивной безопасности маломестных автобусов на основании статистики ДТП / А. М. Иванов, А. А. Никитин, Н. С. Харламов, С. Г. Зубрицкий // Журнал автомобильных инженеров. – 2009. – № 2. – С. 27–30.

3. *Вашурин А. С.* Разработка методики и оценка пассивной безопасности кузовов из многослойных панелей вахтовых автобусов : дис. ... канд. техн. наук. 05.05.03. – Н. Новгород, 2014. – 225 с.

4. Определение характеристик многослойных панелей кузова автобуса / Л. Н. Орлов, А. В. Тумасов, А. С. Вашурин [и др.] // Вестник ИжГТУ. – 2012. – № 1. – С. 4–7.

A. S. Vashurin, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. Y. Alekseev

L. N. Orlov, DSc in Engineering, Professor, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. Y. Alekseev

A. V. Tumasov, PhD in Engineering, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. Y. Alekseev

Estimation of Influence of Individual Design and Technological Peculiarities on the Passive Safety of Shift Bus Bodies Made of Multilayer Panels

The paper presents the results of investigation of influence of individual design and technological peculiarities on the passive safety of shift bus bodies made of multilayer panels.

Keywords: passive safety, bus, rollover, simulation, sandwich panel.

Получено 03.10.2014

УДК 629.7

А. В. Алиев, доктор физико-математических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

О. А. Воеводина, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВНУТРИКАМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕГУЛИРУЕМЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Для регулируемых двигательных установок выполнен сравнительный анализ параметров внутренней баллистики, устанавливаемый решением термогазодинамических уравнений в постановке замороженного состава продуктов сгорания и в химически равновесной постановке. Показано, что при использовании низкотемпературных твердых топлив нецелесообразно использовать модели, учитывающие химические реакции в камере сгорания двигателя из-за их вычислительной трудоемкости. Модели для химически не взаимодействующих компонентов обеспечивают приемлемую для практики точность как по значениям давления в камере сгорания, так и по значениям температуры.

Ключевые слова: ракетный двигатель, внутренняя баллистика, химически равновесный состав, продукты сгорания, математическая модель, термодинамические характеристики.

Одним из этапов проектирования газогенераторных устройств и ракетных двигателей, работающих на твердом топливе (ГГ, РДТТ), является анализ внутрикамерных процессов. Теория расчета задач внутренней баллистики РДТТ и газогенераторных систем излагается, например, в [1–3], при этом основное допущение, принимаемое при построении математических моделей процессов, состоит в том, что продукты сгорания в камере сгорания полагаются химически не реагирующей механической смесью воздуха, первоначально заполнявшего камеру, продуктов сгорания воспламенительной навески и продуктов сгорания твердого топлива. Тем не менее нельзя исключать из рассмотрения кинетические эффекты [4], обусловленные химическим взаимодействием отдельных компонентов продуктов сгорания, количество которых может быть более ста. Учет кинетических эффектов при решении задач проектирования ГГ и РДТТ не представляется возможным из-за высокой вычислительной трудоемкости. В [5, 6] при ре-

шении термодинамических задач в химических реакторах (к ним можно отнести ГГ и РДТТ) полагается, что в камере сгорания практически мгновенно устанавливается химическое и термодинамическое равновесие. Такое допущение, как и допущение о течении замороженной смеси, не в полной мере соответствует действительности, поскольку скорость отдельных химических реакций может быть относительно невысокой. В связи с этим реальные термодинамические характеристики продуктов сгорания будут принимать значения, размещающиеся в интервале между характеристиками продуктов сгорания, полученных в условиях замороженной смеси и полученных в условиях полного термодинамического равновесия. Два решения как асимптоты устанавливают границы реальных значений параметров, которые могут быть получены с использованием моделей течения химически реагирующих смесей газа, однако потребные вычислительные ресурсы при этом становятся приемлемыми при решении задач проектирования.