

А

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет» (ПГУ)

А. Ю. Муйземнек

Применение компьютерного моделирования для оценки стойкости автомобиля к ударным нагрузкам

В шести частях

Часть 1

Компьютерные модели манекенов и элементов системы
обеспечения пассивной безопасности автомобиля

Допущено УМО вузов РФ по образованию в области
транспортных машин и транспортно-технологических
комплексов в качестве учебного пособия для студентов
вузов, обучающихся по специальности
«Автомобиле- и тракторостроение»

Пенза
Издательство ПГУ
2012

УДК 656.13.08

М89

Р е ц е н з е н т ы:

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильной техники»
Пензенского государственного университета архитектуры и строительства,
действительный член Российской академии транспорта

В. В. Салмин

доктор технических наук, профессор
Пензенского филиала Военной академии материально-технического
обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулёва

В. Я. Савицкий

Муйземнек, А. Ю.

М89

Применение компьютерного моделирования для оценки
стойкости автомобиля к ударным нагрузкам : учеб. пособие :
в 6 ч. Ч. 1. Компьютерные модели манекенов и элементов сис-
темы обеспечения пассивной безопасности автомобиля /
А. Ю. Муйземнек. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. – 126 с.

ISBN 978-5-94170-529-0 (1 ч.)

ISBN 978-5-94170-528-3

Учебное пособие написано в соответствии с новыми учебными
программами и продолжает общий цикл практических работ по дисци-
плинам «Безопасность транспортных средств», «Расследование и экс-
пертиза ДТП», «Биомеханика ДТП». Содержит описание способов
использования компьютерного моделирования для оценки стойкости
автомобиля к ударным нагрузкам.

Подготовлено на кафедре «Транспортные машины» ПГУ и пред-
назначено для студентов специальностей 190012 «Автомобиле- и трак-
торостроение» и 190702 «Организация и безопасность движения» очной
и заочной форм обучения.

УДК 656.13.08

ISBN 978-5-94170-529-0 (1 ч.)

ISBN 978-5-94170-528-3

© Пензенский государственный
университет, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Методы экспериментальных исследований пассивной безопасности автомобиля	7
1.1. Статистический метод	7
1.2. Метод полномасштабных испытаний	8
1.3. Методы испытания отдельных компонентов и систем в условиях частичной имитации ДТП	17
1.4. Методы испытаний отдельных элементов системы обеспечения внутренней пассивной безопасности	23
2. Компьютерные модели манекенов	29
2.1. История разработки манекенов	33
2.2. Основные компьютерные модели манекенов	37
2.3. Тестирование моделей манекенов и их элементов	46
3. Компьютерные модели автомобилей	49
3.1. История разработки компьютерных моделей автомобилей	49
3.2. Направления совершенствования компьютерных моделей автомобилей	50
4. Компьютерные модели подушек безопасности	52
4.1. Моделирование газогенератора	53
4.2. Моделирование ткани	58
4.3. Геометрия подушки безопасности в исходном и сложенном положениях	59
4.4. Аэродинамические эффекты	62
4.5. Потери массы в подушке	66
4.6. Тестирование компьютерных моделей подушек безопасности	67
5. Компьютерные модели ремней безопасности	70
6. Моделирование деформируемых барьеров	75
7. Критерии повреждаемости	80
8. Компьютерное моделирование столкновения автомобиля	90
8.1. Моделирование бокового удара	90
8.2. Использование в моделях компонентов	95
9. Качество компьютерных моделей	98
9.1. Обеспечение качества компьютерных моделей на этапе их создания	98
9.2. Оценка качества компьютерных моделей на этапе обработки результатов моделирования	101
Заключение	106
Список литературы	107
Приложение	108

Введение

Для исследования процесса функционирования системы обеспечения пассивной безопасности автомобиля, оценки ее эффективности и соответствия существующим нормам используются расчетные, экспериментальные и расчетно-экспериментальные методы. Оценка эффективности системы обеспечения пассивной безопасности проводится при всех основных видах столкновений – фронтальном и боковом, ударе сзади и опрокидывании.

Расчетные методы.

В настоящее время в связи с активным внедрением на предприятиях автомобильной промышленности компьютерных технологий и развитием систем автоматизированного инженерного анализа (CAE-систем) расчетные методы приобрели большую значимость, нежели раньше. Достаточно высокая точность компьютерного моделирования позволяет уже на стадии проектирования оценить поведение элементов системы обеспечения пассивной безопасности и нагрузки, действующее на человека, что значительно повышает эффективность как процесса разработки автомобиля в целом, так и оптимизации параметров отдельных частей, включая элементы системы обеспечения пассивной безопасности.

В последнее время компьютерные методы прогнозирования поведения автомобиля в различных видах дорожно-транспортного происшествий (ДТП) занимают все больше времени, отведенного на разработку автомобиля. Мировые автопроизводители имеют в своем арсенале мощнейшие вычислительные и программные средства для дополнения натурных экспериментов виртуальными испытаниями. Использование CAE-систем позволяет также снизить затраты на проведение испытаний как отдельных узлов автомобиля, так и всего автомобиля в целом, так называемых краш-тестов. Стоимость одного краш-теста автомобиля составляет 150–200 тыс. долл., а экспериментальной модели автомобиля – до 2 млн долл. Компьютерное моделирование краш-теста (виртуальный краш-тест) стоит 5–7 тыс. долл. При разработке новой модели автомобиля производители проводят 150–200 виртуальных краш-тестов и 5–6 реальных.

Для компьютерного моделирования поведения автомобиля при различных видах ДТП автопроизводителями, научно-исследовательскими и экспертными организациями используются такие программы, как LS-DYNA, Abaqus, Mark, MSC-Dytran, PAM-Crash, PC-Crash,

CARAT. Некоторые из них основаны на применении метода конечных элементов (МКЭ), другие – на методах механики абсолютно твердых тел, например, в ОАО «Ижмаш-Авто» для прочностного анализа автомобиля и его деталей используется программа ANSYS/LS-DYNA.

Расширение применения численных методов в последние десятилетия привело к тому, что САЕ-системы, основанные на МКЭ, сегодня являются инструментом, полностью интегрированным в процесс проектирования транспортного средства (ТС) и элементов дороги, обеспечивающих безопасность. Сейчас можно констатировать, что дальнейшее развитие транспортной отрасли невозможно без массового применения САЕ-систем на всех стадиях жизненного цикла транспортного средства и элементов транспортной инфраструктуры.

Кроме САЕ-систем, основанных на МКЭ, для моделирования системы «автомобиль – водитель – дорога» также успешно используются универсальные математические пакеты, например, модуль SimMechanics среды MATLAB, предназначенный для моделирования механического движения систем абсолютно твердых тел.

Для анализа травмирования водителя и пассажира при различных видах ДТП используются компьютерные модели манекенов, которые позволяют, основываясь на результатах компьютерного моделирования, вычислить необходимые критерии травмирования человека. Компьютерным моделям манекенов (Hybrid-III, SID, Eurosid и др.), используемым при оценке стойкости автомобиля к ударным нагрузкам, посвящен первый раздел данного учебного пособия. В качестве примера на рис. В.1 показаны компьютерные модели манекенов фирмы Toyota.

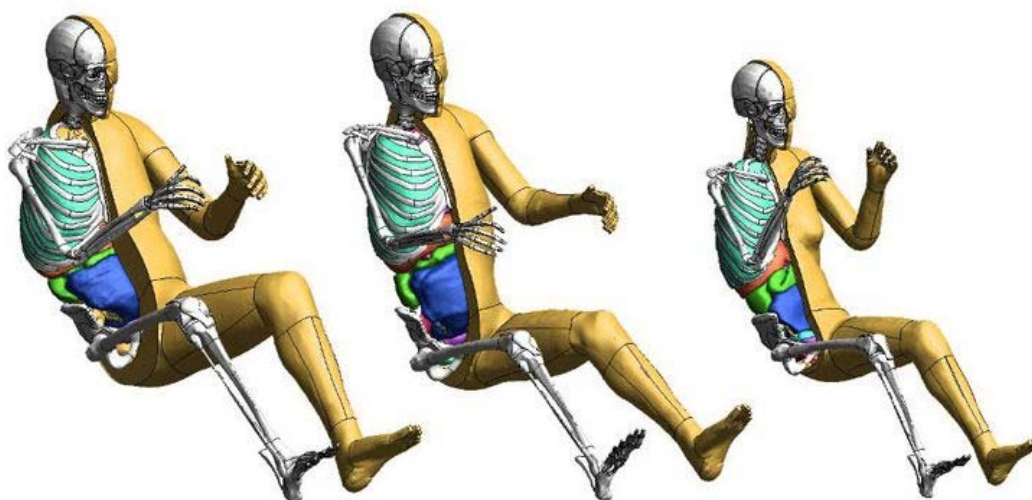


Рис. В.1. Компьютерные модели манекенов фирмы Toyota

Экспериментальные методы.

Несмотря на достаточно высокую точность результатов компьютерного моделирования процесса ДТП автомобиля в целом и системы обеспечения пассивной безопасности автомобиля в частности, на стадии разработки автомобиля, например, при сертификационных испытаниях автомобиля на пассивную безопасность, используются экспериментальные методы.

В качестве основных приняты следующие методы экспериментальных исследований на пассивную безопасность автомобиля:

- статистические методы, которые основаны на статистической обработке данных по реальным ДТП;
- метод полномасштабных испытаний, при котором оценка пассивной безопасности осуществляется в условиях, близких к реальным условиям ДТП. Примером таких испытаний являются краш-тесты;
- методы испытания отдельных компонентов и систем автомобиля в условиях частичной имитации ДТП. Примером таких испытаний являются салазочные тесты;
- методы испытания отдельных деталей и узлов автомобиля, входящих в систему обеспечения пассивной безопасности. Примерами таких испытаний являются испытания ремней безопасности на прочность и истирание, маятниковые тесты, испытания на падение и пр.

Расчетно-экспериментальные методы имеют достоинства расчетных и экспериментальных методов, не имея их недостатков.