

8. Дьяконов, В.П. MATLAB 6.5/7.0 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. Библиотека профессионала / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с.

9. Чарльз Генри Эдвардс. Дифференциальные уравнения и проблема собственных значений: моделирование и вычисление с помощью Mathematica, Maple и MATLAB = Differential Equations and Boundary Value Problems: Computing and Modeling / Чарльз Генри Эдвардс, Дэвид Э. Пенни. – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2007.

10. Черных И. В. Полезные мелочи // Exponenta PRO. Математика в приложениях. 2003. № 4.

11. Герман-Галкин, С.Г. Синтез цифрового регулятора подчиненной структуры электропривода в пакете Simulink / С.Г. Герман-Галкин, В.В. Кро-тенко // Exponenta PRO. Математика в приложениях. – 2004. – № 2.

УДК 629.3.01

**СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ ПАССИВОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ СПОРТИВНОГО АВТОМОБИЛЯ КЛАССА  
«ФОРМУЛА 1600»**  
**STATIC TEST OF RESTRAINT SPORTS CAR CLASS  
«FORMULA 1600»**

*Туренко А.Н.*, профессор, доктор технических наук;

*Шуклинов С.Н.*, профессор, доктор технических наук;

*Ужва А.В.*, доцент, кандидат технических наук;

*Сергиенко А.В.*, аспирант, *Шаповаленко В.А.*, инженер

(Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет  
(ХНАДУ))

*Turenko A.*, Professor, Doctor of Technical Sciences;

*Shuklinov S.*, Professor, Doctor of Technical Sciences;

*Uzhva A.*, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences;

*Sergienko A.*, Graduate Student; *Shapovalenko V.*, Engineer

(Kharkiv National Automobile and Highway University (KhNADU))

**Аннотация.** Проведены виртуальные тесты системы пассивной безопасности спортивного автомобиля, которые являются обязательными при проектировании систем пассивной безопасности для спортивных автомобилей класса Формула Е8.

**Abstract.** Tests conducted virtual passive safety systems of a sports car, which are mandatory in the design of passive safety of the sports car class Formula E8.

## **Введение**

Композитные материалы – самый интенсивно развивающийся сегмент на рынке материалов. Повышенная прочность, пластичность, термостойкость, малый вес – эти преимущества позволяют все больше и больше вытеснять классические материалы – дерево, металлы. Композитные материалы интенсивно входят в привычный мир каждого человека, ведь из них создаются многие предметы интерьера, детали бытовых приборов, спортивная экипировка и инвентарь, детали ЭВМ. Также применяются композитные материалы в автомобилестроении, авиастроении и других отраслях экономики.

Безопасность водителя при столкновении имеет важное значение. В этом направлении наблюдается постоянное повышение требований касающихся проектирования спортивных автомобилей. Широкое применение получили композитные материалы, которые берутся за основу в той или иной части спортивного автомобиля, это связано с тем, что они имеют гораздо лучшие характеристики по сравнению с традиционными конструкционными материалами. Композитные материалы способны поглотить большее количество энергии удара при столкновении автомобиля. Элементы кузова изготовленного из композитных материалов обладают гораздо меньшей массой.

Системы пассивной безопасности предназначены для снижения тяжести последствий столкновений и наезда на трассе. Фактором, способствующим улучшению показателей травмобезопасности, является применение новых конструкций из композитных материалов.

## **Анализ публикаций**

Авторы статьи [2] считают, что применение компьютерных программ таких как: LS-DYNA, Nastran, ANSYS, SolidWorksSimulation, Abaqus, PAM - Crash (ESI Group) Suite NX, MD Adams, MD Nastran и др., позволяют провести анализ систем пассивной безопасности на высоком инженерном уровне. Однако данные программы не используются для проектирования систем пассивной безопасности спортивных автомобилей класса Формула [1]. Это связано с тем, что команды разрабатывают свои прикладные программы, которые не доступны в широком пользовании. Они позволяют провести анализ систем пассивной безопасности. При этом затрачиваемое время расходуется на подготовку процесса моделирования и проведения виртуального испытания. Использование программных продуктов ANSYS, Solid Works Simulation [4], дает возможность получить параметры напряженно-деформированного состояния боковой системы пассивной безопасности при взаимодействии с препятствием. Точность таких исследований подтверждается натурными испытаниями [3]. Следует

отметить, что вопросы оценки состояния тонкостенных элементов несущих систем спортивных автомобилей изучены недостаточно.

### Цель и постановка задачи

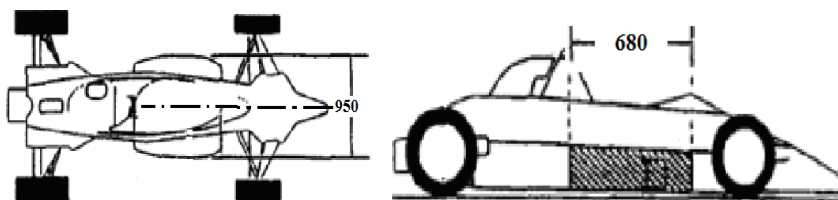
Цель работы – провести статические исследования боковой системы пассивной безопасности спортивного автомобиля класса «Формула-1600», для оценки её напряженно-деформированного состояния.

Для достижения цели необходимо выполнить:

- 3D моделирование боковой структуры пассивной безопасности спортивного автомобиля;
- формирование параметров статического нагружения элементов пассивной безопасности.

### Нормативные документы

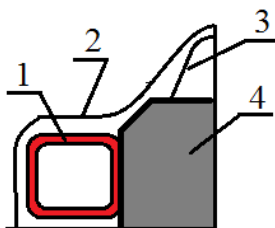
Разработка 3D модели боковой структуры и формирование параметров её нагружения выполнено в соответствии с требованиями спортивного кодекса. Нормативные требования спортивного кодекса, которые разработала международная автомобильная федерация, определяют основные требования к проектированию спортивных автомобилей класса Формула. Международный спортивный кодекс представляет собой 6 основных документов - № 251 – 254, 254А, 255J. Эти технические требования к автомобилям, в частности габаритные размеры (длина, ширина) должны четко соблюдаться. Боковая структура безопасности должна располагаться слева и справа от места расположения пилота. Их длина не должна превышать 680 мм. Ширина бокового понтона должна быть такой, чтобы габаритный размер спортивного автомобиля в месте расположения понтонов не превышал 950 мм. Описание требований представлено в виде схемы на рисунке 1.



**Рисунок 1** - Размещение и размеры боковых понтонов в соответствии с техническими требованиями к спортивным автомобилям Формула «Е8»

В боковых понтонах автомобилей класса Формула «Е8» размещают систему пассивной безопасности 1 (рисунок 2), которая крепится к несущей конструкции спортивного автомобиля. В боковых понтонах также

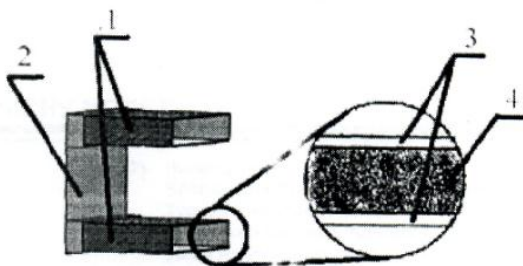
располагаются дополнительные системы автомобиля, по этому инженерам команд приходится искать наилучшие варианты в компоновке пространства внутри понтон.



1 – боковая система пассивной безопасности; 2 – боковой понтон;  
3 – дуга безопасности; 4 - несущая конструкция

**Рисунок 2-** Расположение боковой системы пассивной безопасности

В конструкции боковой системы пассивной безопасности разрешено применение специальных сэндвич панелей. Они образованы двумя листами из композитного материала, между которыми расположен слой наполнителя. Наполнитель в сэндвич панели формирует её объем и придает устойчивости конструкции (рисунок 3). Применение конструкции П-образного типа позволяет снизить уровень нагрузки на пилота при боковом ударе.

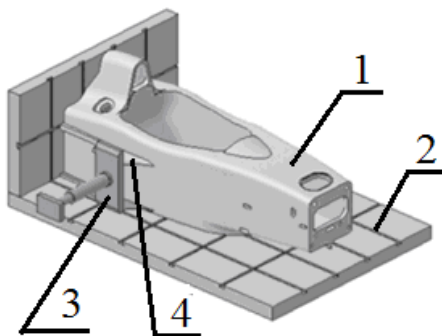


1 – прямоугольные сэндвич панели, изготовленные из композитного материала;  
2 – основа системы пассивной безопасности; 3 – композитный материал;  
4 – наполнитель (экструдированный пенопласт)

**Рисунок 3 -** Боковая система пассивной безопасности

Основными тестами систем пассивной безопасности, которые разработала Международная автомобильная федерация, являются проведения ударных испытаний: дуг безопасности, носовой структуры и боковых си-

стем пассивной безопасности. Также определена предельная величина замедления объекта. Она не должна превышать 20 g в направлении удара. При исследовании приложение нагрузки выполняется последовательно к разным сегментам основы боковой системы пассивной безопасности 2 (рисунок 4). Максимальная нагрузка не должна превышать 80 кН. Спортивный кодекс предъявляет требования не только к энергоемкости структур пассивной безопасности, но и к характеру их разрушения. Предписано, что фрагменты структуры безопасности, образовавшиеся при ударе, должны оставаться в зоне разрушения, то есть не разлетаться. Тесты направлены на испытания зон снижающих уровень нагрузок, действующих на пилота, путем гашения энергии удара за счет формирования энергопоглощающих зон деформации спортивного автомобиля. Проведение тестов выполняется путем статического нагружения капсулы безопасности 1 закрепленной на стенде 2 (рисунок 4).



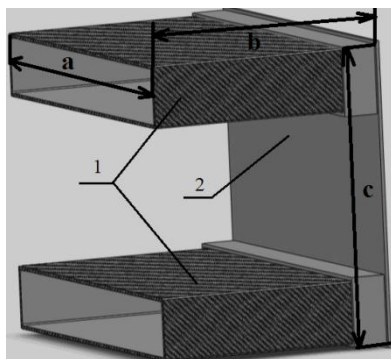
- 1 – капсула безопасности (монокок); 2 – стенд, на котором закрепляется капсула безопасности; 3 – прикладывание статической нагрузки; 4 – боковая система пассивной безопасности

**Рисунок 4** - Схема выполнения статического теста боковой системы пассивной безопасности

### **Исследование 3D модели элемента боковой системы пассивной безопасности**

Компьютерное моделирование является одним из способов проверки элементов пассивной безопасности. При этом каждый элемент соответствует реальным образцам, как по физическим свойствам, так и по геометрическим параметрам. Модель боковой системы пассивной безопасности представляет собой П-образную геометрическую модель.

Элементы, которые поглощают энергию удара, представлены в виде двух сэндвич панелей 1 закрепленных на основе боковой системы 2 пассивной безопасности (рисунок 5).



1 – сэндвич панель; 2 – основа боковой системы пассивной безопасности;  
 $a$  – ширина;  $b$  – длина;  $c$  – высота

**Рисунок 5** – 3D вид модели боковой системы пассивной безопасности

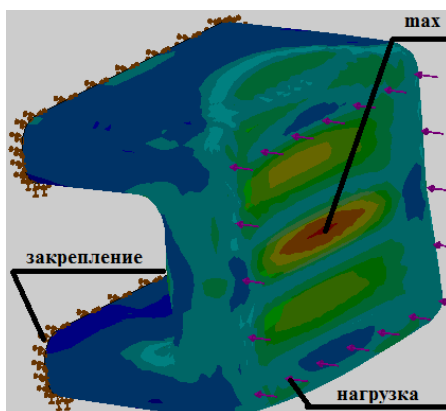
При моделировании приняты следующие параметры боковой системы пассивной безопасности; ширина 300 мм, длина 200 мм, высота 300 мм. Толщина стенки основы боковой системы пассивной безопасности составляет 4 мм. В качестве композитного материала выбрано углеволокно. По этим параметрам была проведена компьютерная симуляция напряженно – деформированного состояния боковой системы пассивной безопасности.

Напряженно – деформируемое состояние боковой системы пассивной безопасности при действии нагрузок оценивается по палитре изображения напряжения и деформации (рисунок 6).

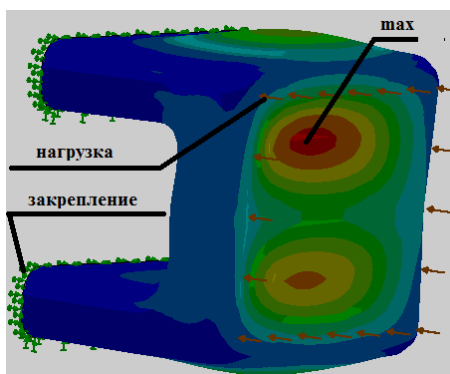
Максимальное значение напряжения и перемещения при различных нагрузках представлено в таблице 1.

Показанные в таблице 1 значения напряжения и перемещения дают нам возможность определить зависимость нагрузки от величины разрушения боковой системы пассивной безопасности. При нагрузке в 10 кН максимальное значение напряжения будет равно 875 МПа, а максимальное разрушение боковой системы пассивной безопасности будет равно 1,6 мм.

В результате выполненного анализа напряженно-деформированного состояния боковой структуры пассивной безопасности (рисунок 7) была получена характеристика зависимости нагрузки от перемещения. Которая дает возможность получить заранее заложенную в конструкцию спортивного автомобиля стабильную зону разрушения.



а)



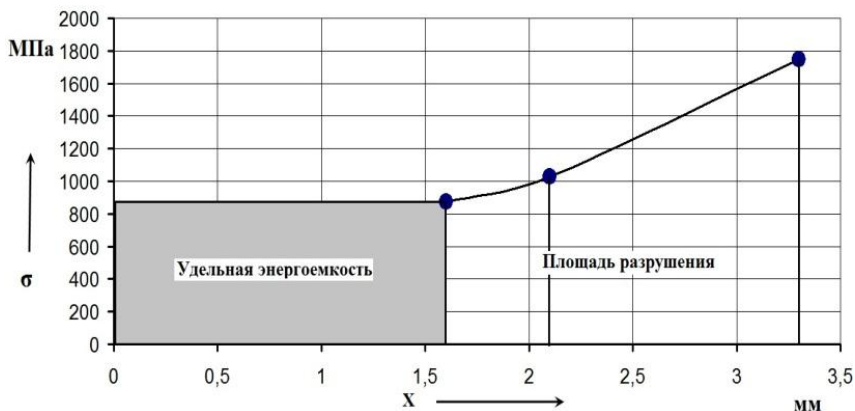
б)

а - распределение напряжений по поверхности боковой системы пассивной безопасности;  
 б - распределение перемещения по поверхности боковой системы пассивной безопасности

**Рисунок 6** - Компьютерная модель боковой системы пассивной безопасности во время симуляции процесса нагружения

**Таблица 1** – Результаты статических исследований боковой системы пассивной безопасности

Нагрузка	Максимальное напряжение, МПа	Величина разрушения, мм
10 кН	875	1,6
15 кН	1027	2,1
20 кН	1750	3,3



**Рисунок 7** - Величина разрушения боковой стенки системы пассивной безопасности в зависимости от прикладываемой нагрузки

### Выводы

Боковая система пассивной безопасности может быть использована в конструкции понтонов спортивного автомобиля Формула Е8 в качестве зоны разрушения и поглощения кинетической энергии. В связи с этим в элементах боковой системы пассивной безопасности рекомендуется применять энергопоглощающие элементы, которые при возникновении больших нагрузок имеют свойство деформироваться и забирать часть кинетической энергии, уменьшая нагрузку на пилота спортивного автомобиля. Предложенная методика позволяет спроектировать и заранее заложить требуемые характеристики разрушения в конструкцию. Это возможно путем выбора рационального направления волокон материала, при которых кинетическая энергия удара распределяется по всей конструкции, что позволяет при нагрузке в 10 кН получить максимальное напряжение 875 МПа по боковой структуре пассивной безопасности при максимальном перемещении 1,6 мм.

### Литература

1. Туренко, А.Н. Подход к исследованию пассивной безопасности спортивных автомобилей на основе статистического анализа аварий / А.Н. Туренко, А.В. Ужва, А.В. Сергиенко // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012. – № 19. – С. 74–80.
2. Состояние вопроса по созданию моделей систем пассивной безопасности спортивных автомобилей на стадии проектирования / А.Н. Туренко [и др.] // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012. – № 60 – С. 42–47.



3. Хусаинов, А.Ш. Пассивная безопасность автомобиля / А.Ш. Хусаинов, Ю.А. Кузьмин. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 89 С.

4. Genta, G. Automotive chassis. Volume 1: Components design / G. Genta, L. Morello. – Springer, 2009. – 621 p.

5. 2011 FIA Formula2-Technical Regulations [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fia.com/enGB/sport/regulations/Pages/formulatwo.aspx>.

УДК 629.113.004

## ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ И НАПРАВЛЕНИЯ ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

## THE CENTRALIZED RESTORATION OF DETAILS AND THE DIRECTIONS OF HIS IMPROVEMENT

*Ярошевич В.К.*, доктор технических наук, профессор;  
*Касацкий А.В.*, доцент; *Скибинский З.В.*, *Сонич А.Н.*, студенты  
(Белорусский национальный технический университет, г. Минск)

*Yaroshevich V.K.*, Doctor of Technical Sciences, Professor;  
*Cossack A.V.*, associate professor; *Skibinsky Z.V.*, *Sonich A.N.* students  
(Belarusian National Technical University, Minsk)

**Аннотация.** В статье обоснована необходимость и целесообразность централизованного восстановления деталей на современном этапе развития авторемонтного производства.

**Abstract.** In the article the necessity and feasibility of the centralized recovery of parts at present time-development of automotive production.

Небольшие масштабы и низкий уровень концентрации работ на существующих предприятиях по ремонту автомобилей и агрегатов является препятствием для эффективной организации восстановления деталей промышленными методами, совершенствования технологических процессов, снижения затрат и повышения качества продукции [1].

Степень концентрации работ на ремонтных предприятиях не позволяет организовать специализированные рабочие места, использовать высокопроизводительное оборудование и оснастку, снизить трудоёмкости и себестоимости восстановленных деталей, что вызвано тем, что размеры партий восстанавливаемых деталей малы и отсутствуют условия для организации крупносерийного и массового восстановления деталей широкой номенклатуры [2, 3]. Наиболее эффективная организация работ может быть создана только при значительной концентрации производства (централизованном восстановлении деталей) [4].