

УДК 629.371.2

*А.Н. ТУРЕНКО*, д-р техн. наук, проф. ХНАДУ, Харьков;

*А.В. УЖВА*, канд. техн. наук, доц. ХНАДУ, Харьков;

*А.В. СЕРГИЕНКО*, инженер ХНАДУ, Харьков

## **ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СПОРТИВНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АВАРИЙ**

В статье приведены статистические данные аварий спортивных автомобилей, проведен анализ полученных результатов и предложены нагрузочные режимы соответствующие наиболее характерным случаям.

В статті приведені статистичні дані аварій спортивних автомобілів, проведений аналіз отриманих результатів і запропоновані режими навантажень відповідні найбільш характерним випадкам.

This article presents statistical data of accidents sports cars, the analysis of the results and offered load regimes corresponding to characteristic most cases.

### **Постановка проблемы и анализ литературы**

Автомобильный спорт является уникальным полигоном для ускоренной проверки вариантов модернизации автомобиля в целом или его определенных узлов и агрегатов. Кольцевые автомобильные гонки на специальных гоночных автомобилях вот уже много лет являются передовым направлением для новейших разработок которые через некоторое время становятся доступными для широкого круга автомобилистов. Многие из известных сейчас систем, а именно: АБС, ЕСП, ПБС впервые были применены на гоночных трассах.

Однако, характер соревнований, стремление каждого пилота к победе приводит к тому, что избежать гоночных инцидентов и аварий практически невозможно. Технические требования для автомобилей разрабатывают таким образом, чтобы обеспечить максимальную безопасность пилота, предоставить участникам равные возможности и при этом попытаться дать возможность «эвристического» поиска для конструкторов.

Следовательно, на первом месте ставится безопасность автомобиля как активная, так и пассивная. Международная Федерация Автоспорта каждый год издает технические требования, предъявляемые к гоночным автомобилям. Требования безопасности изложены в приложении J[1], которые являются минимально необходимыми для того, чтобы автомобиль был допущен к соревнованиям.

Для конструктора важно не только знать особенности содержательной части технических требований, но и принципы на основании которых они получены, для создания конструкции с заранее определенными свойствами с

наименьшими затратами на поиск оптимальной конструкции. Для этого оптимально подходят типовые инженерные расчеты на прочность по заранее известным нагрузочным режимам. Для определения таких режимов рационально использовать статистические данные аварий, однако в открытых источниках данных по статистике и анализу аварий спортивных автомобилей нет. Учитывая отличие режимов движения и конструкции систем пассивной безопасности спортивных автомобилей для них нельзя применять статистические данные аварий обычных автомобилей.

**Цель статьи** – провести сбор и анализ статистических данных аварий спортивных автомобилей типа «Формула»

### **Сбор статистических данных**

При сборе статистических данных применялся метод декомпозиции, аварии рассматривались по следующим критериям:

- а) участок движения (прямая, поворот);
- б) причина аварии (потеря курсовой устойчивости, столкновение);
- в) движение автомобиля перед ударом (устойчивое, вращение, опрокидывание);
- г) скорость перед ударом (больше 70 км/ч, меньше 70 км/ч);
- д) степень разрушения зоны элемента пассивной безопасности (частичное, полное);
- е) тип удара (первичный удар, вторичный удар).

Зоны безопасности автомобиля были разделены на характерные секторы которые учитывали направление удара (рис.1), что дает возможность определить наиболее характерные случаи ударов. Следует отметить что автомобили класса «формула» имеют следующую структуру пассивной безопасности [2,3]: капсула безопасности, носовая структура, боковая и задняя структуры, а также дуга безопасности и рычаги подвески. Капсула безопасности - часть автомобиля в которой расположен пилот а также топливный бак, она должна обеспечивать сохранение жизненного пространства при столкновении. Ее деформация а также проникновение каких либо частей автомобиля внутрь капсулы не допускается. Капсула безопасности конструктивно выполняется в виде монокока из композитных материалов и является частью несущей системы автомобиля.

Так как монокок выполняется максимально жестким для обеспечения требований к капсуле безопасности и при столкновении не поглощает энергию удара к нему крепятся конструктивные элементы, которые при столкновениях деформируются (разрушаются) и поглощают энергию удара. К таким элементам относятся: носовая структура безопасности - поглощает энергию удара при фронтальном и кософронтальном столкновении; боковая структура безопасности - поглощает энергию удара при боковом и касательном столкновении; передняя и задняя подвеска - поглощает энергию

удара при боковом и касательном ударе, при кософронтальном столкновении (передняя подвеска) при заднем ударе со смещением (задняя подвеска); задняя структура безопасности - поглощает энергию удара при заднем столкновении; дуга безопасности - обеспечивает сохранение жизненного пространства при опрокидывании автомобиля.

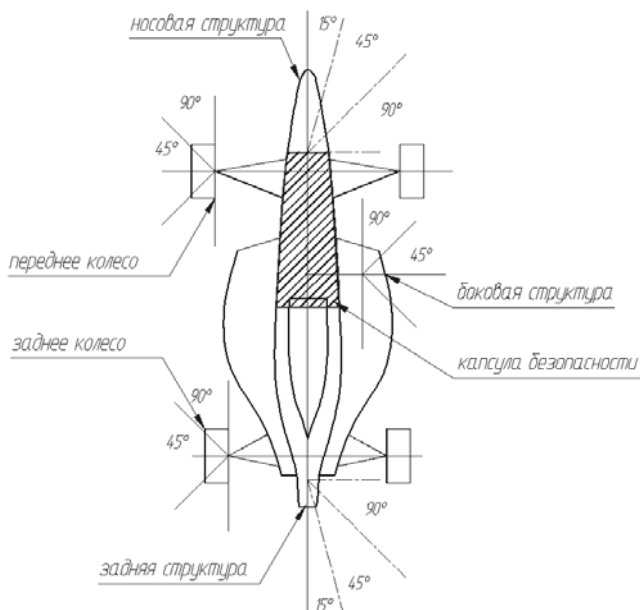


Рисунок 1 – Зоны пассивной безопасности

Полученные результаты были обработаны и объединены по следующим критериям: зона безопасности- все аварии делятся на следующие главные виды по типу зоны безопасности подвергшейся удару при аварии, так же учитывается угол столкновения автомобиля (рис. 2)

Большинство аварий приходится на передние структуры безопасности, при этом направление удара происходит в основном под косым углом к структуре безопасности. Это накладывает дополнительные требования к проектированию структур безопасности т.к. необходимо рассчитывать эффективное поглощение энергии удара при смещённой нагрузке. Для носовой структуры безопасности, которая выполняется в виде легкосъёмного элемента, точки её крепления должны выдерживать боковые нагрузки при ударе.

Рис. 3 содержит сравнительные данные о авариях произошедших на разных участках трассы при этом исходили не только из характера трассы но и из характера стабильной траектории движения автомобиля.

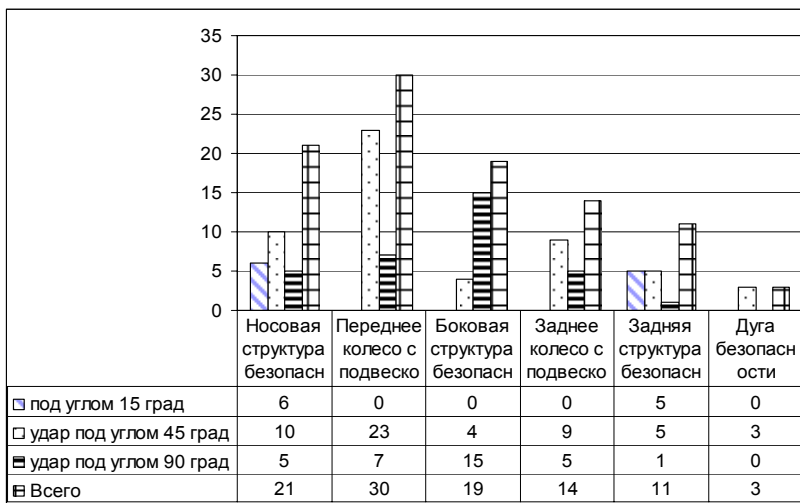


Рисунок 2 – Виды аварий

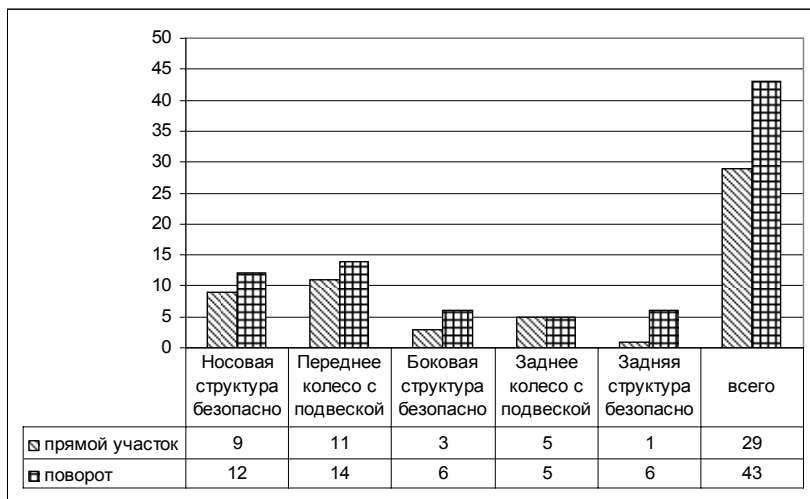


Рисунок 3 – Распределение аварий по зонам движения

Из результатов следует, что типы аварий практически равномерно распределены по участкам трассы, с небольшим перевесом в сторону участков с поворотом. Число аварий с участием боковой структуры безопасности, и задней структуры безопасности имеет большой перевес в сторону участков с поворотом. Аварии на прямолинейном участке трассы характеризуются высокими скоростями перед ударом, следует отметить что

на прямолинейном участке характерны касательные удары, при движении в повороте угол столкновения ближе к нормали.

Рис. 4 содержит данные об авариях произошедших в следствии потери курсовой устойчивости или столкновения почти 80% всех аварий происходят в следствии потери курсовой устойчивости автомобилей.

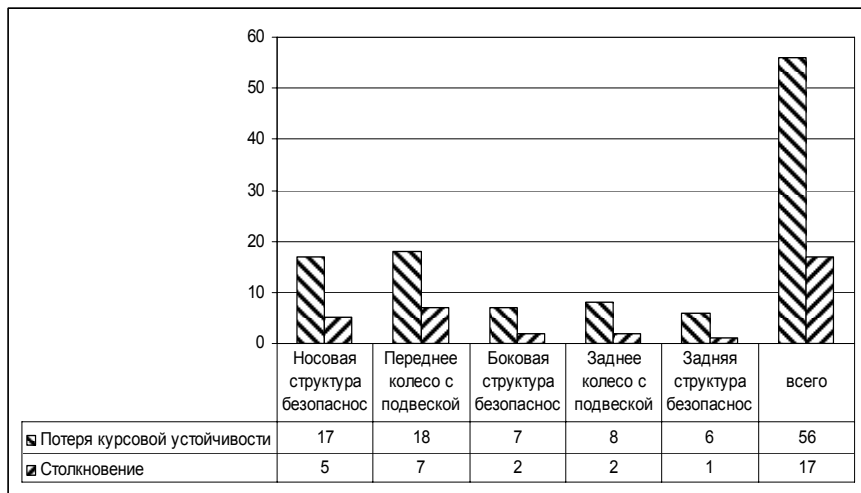


Рисунок 4 – Распределение по причинам аварии

На рис. 5 представлены аварии с учётом характера движения автомобиля перед столкновением, при устойчивом движении пилот сохраняет контроль над автомобилем и характер столкновения менее тяжкий чем при потере курсовой устойчивости.

От 80% до 90% аварий происходят при устойчивом характере движения автомобиля и только аварии с участием задней структуры безопасности в 85% случаев происходят при вращении автомобиля.

Рис. 6 содержит сравнительные данные о типах удара, из результатов следует что во время развития аварийной ситуации боковая структура безопасности и задняя часть автомобиля наиболее подвержены вторичным ударам.

В целом проведенный статистический анализ позволяет подобрать такие нагрузочные режимы, которые позволят получить структуры пассивной безопасности наилучшим образом соответствующие современным условиям соревнований.

На основе полученных данных можно выделить следующие характерные виды ударов которые используются при составлении расчётных моделей для исследования средств пассивной безопасности:

- фронтальный удар;

- фронтальный удар под углом 45 градусов;
- боковой удар;
- боковой удар под углом 30 градусов;
- задний удар;
- удар заднего элемента пассивной безопасности под углом 15 градусов.

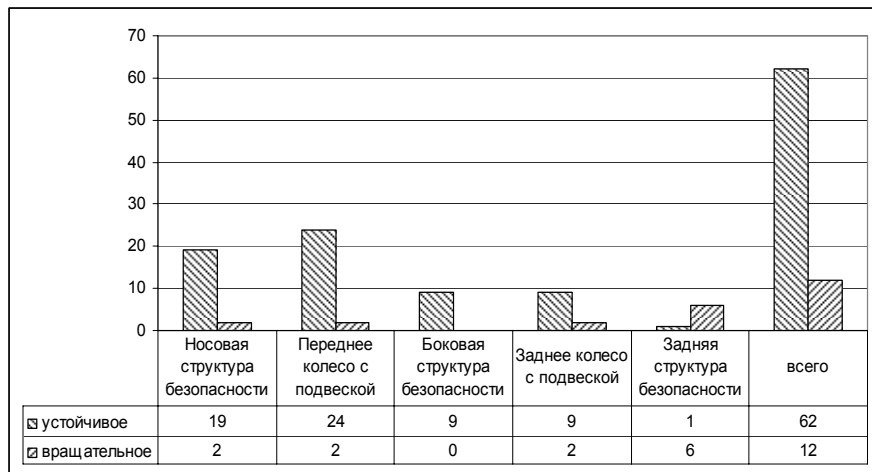


Рисунок 5 – Распределение по характеру движения перед ударом

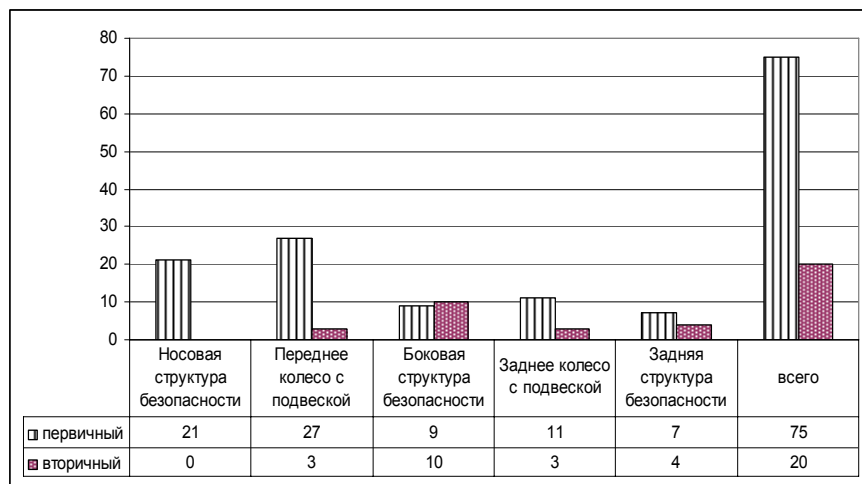


Рисунок 6 – Распределение по типу удара

## **Выводы**

Полученные статистические данные и их анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Разделение структур безопасности с учетом направления удара позволяет подобрать нагрузочный режим при расчете структур безопасности, отвечающий наиболее распространенным аварийным ситуациям.

2. Анализ аварий выявил, что структуры безопасности, спроектированные с учетом существующих требований не всегда должным образом гасят энергию удара что приводит к повышенным перегрузкам и высокой вероятности травм у пилота.

3. Перед ударом большинство автомобилей двигается по устойчивой траектории с высокой скоростью, после первичного удара автомобиль сохраняет энергию и часто следует серия вторичных ударов с большой скоростью, при которых автомобиль теряет устойчивую траекторию движения.

**Список литературы:** 1. 2011 FIA Technical Lists [электронный ресурс] режим доступа: <http://fia.com/en-GB/sport/regulations/Pages/TechnicalLists.aspx>. 2. 2011 FIA Formula2-Technical Regulations [электронный ресурс] режим доступа: <http://fia.com/en-GB/sport/regulations/Pages/formulatwo.aspx>. 3. Michael Trzesniowski Rennwagentechnik. GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2008.

*Поступила в редколлегию 03.04.2012*