

Разработка и обоснование средств и способов обеспечения травмобезопасности шеи пассажиров вертолета при аварийной посадке

Калибовец В.Е.* , Попов Р.В.**

*Арсеньевская авиационная компания "Прогресс" им. Н.И. Сазыкина,
пл. Ленина, 5, Арсеньев, Приморский край, 692330, Россия*

**e-mail: vookilan@ya.ru*

***e-mail: plvnamor@gmail.com*

Аннотация

Цель данного проекта, минимизировать действие силы без пересмотра компоновки салона и исключить кивок головы. Для этого разработана концепция качественно новой системы обеспечения травмобезопасности, основанной на проекте конструкции пассажирского кресла с применением элементов с программируемой деформацией, а также системы защиты шеи с наполнителем из энергетического сорбента D3O, позволяющая снизить показатели травмируемости пассажиров в случае аварийной жесткой посадки воздушного судна, исключив травмы шеи, и уменьшив нагрузки на верхние, средние и нижние отделы позвоночника.

Ключевые слова: травмобезопасность, программируемая деформация, система защиты шеи, минимизация воздействующей силы, энергетический сорбент, D3O

Современные средства аварийной безопасности пассажиров вертолетов представляют собой сложные амортизированные технические комплексы. Наиболее распространенным средством являются энергогасящие кресла, позволяющие компенсировать силу, воздействующую на пассажира в момент удара при помощи

одноосной системы амортизации и ремней безопасности. Основные трудности при создании таких средств вызваны ограниченными физиологическими возможностями человеческого организма в условиях воздействия на него высоких нагрузок, что усложняет решение ряда конструктивных проблем, а именно отсутствия средств обеспечения травмобезопасности шеи пассажира.

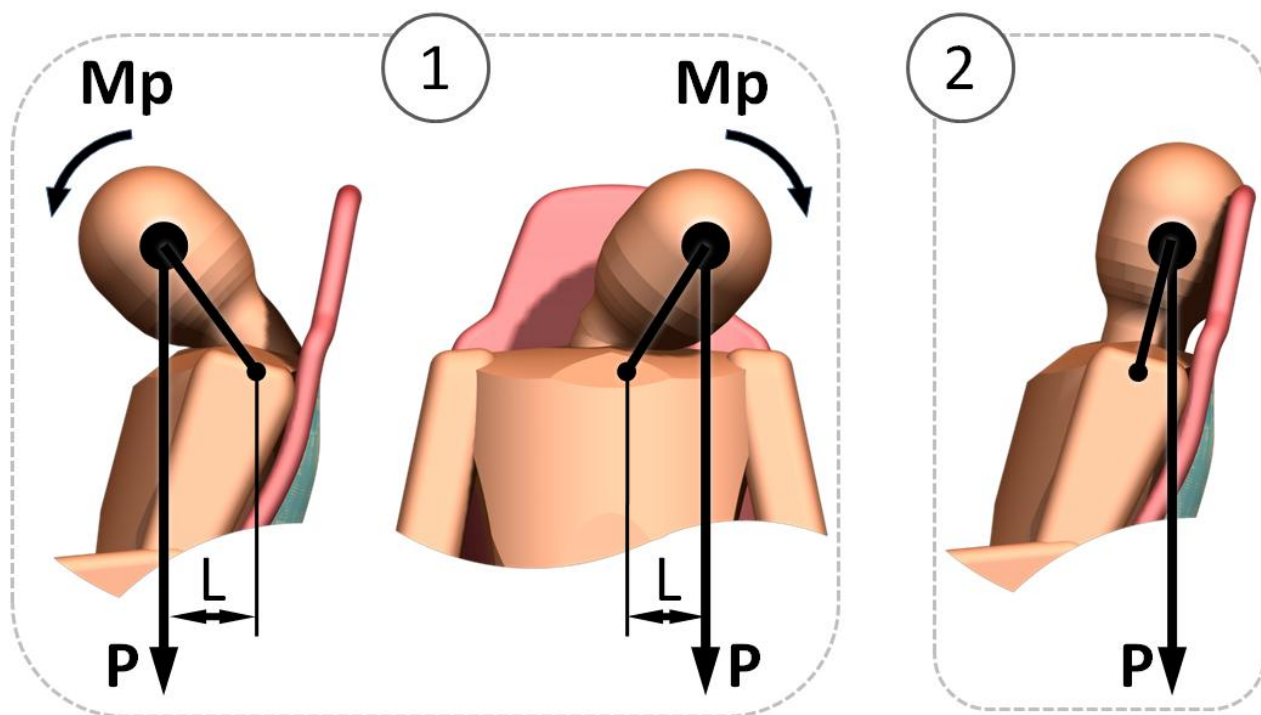
1. Описание решаемой задачи

Наиболее опасная и вероятная травма пассажира при аварийной посадке – перелом шеи. Это следствие «кивка головы» - момента, возникающего из-за несоосного расположения центра масс (точки приложения нагрузки) головы и туловища. Расстояние между центрами масс – плечо и вызывает появление момента.

Чтобы исключить момент надо избавиться от плеча – направить действие силы вдоль оси шеи, что заставляет пересмотреть компоновку кресел в салоне. При этом, вся сила удара, проходя вдоль оси позвоночника, может вызвать его компрессию и смещение дисков.

Для уменьшения момента необходимо уменьшить эту силу, изменив вектор её действия так, что проекция на ось X была минимальной. Идеальный вариант – когда сила из вертикальной перерастает в горизонтальную, т.е. по оси X будет равна нулю, что не реализуемо в условиях компоновки салона эконом класса.

Цель: минимизировать действие силы без пересмотра компоновки салона и исключить кивок головы (избавиться от момента инерции) (рис. 1).



P – сила; L – плечо; M_p – момент инерции

1 – Схема кивка; 2 - Цель

Рис. 1. Цель решаемой задачи

2. Анализ поставленной задачи и пути ее решения

Для исследования факторов обеспечения травмобезопасности шеи и позвоночника пассажира вертолета необходимо выявить максимально возможное количество вредных эффектов, явлений, а так же найти и устранить возможность их появления. Для этого построим идеализированную систему обеспечения травмобезопасности шеи и позвоночника пассажира в виде диаграммы Исикавы (рис. 2).

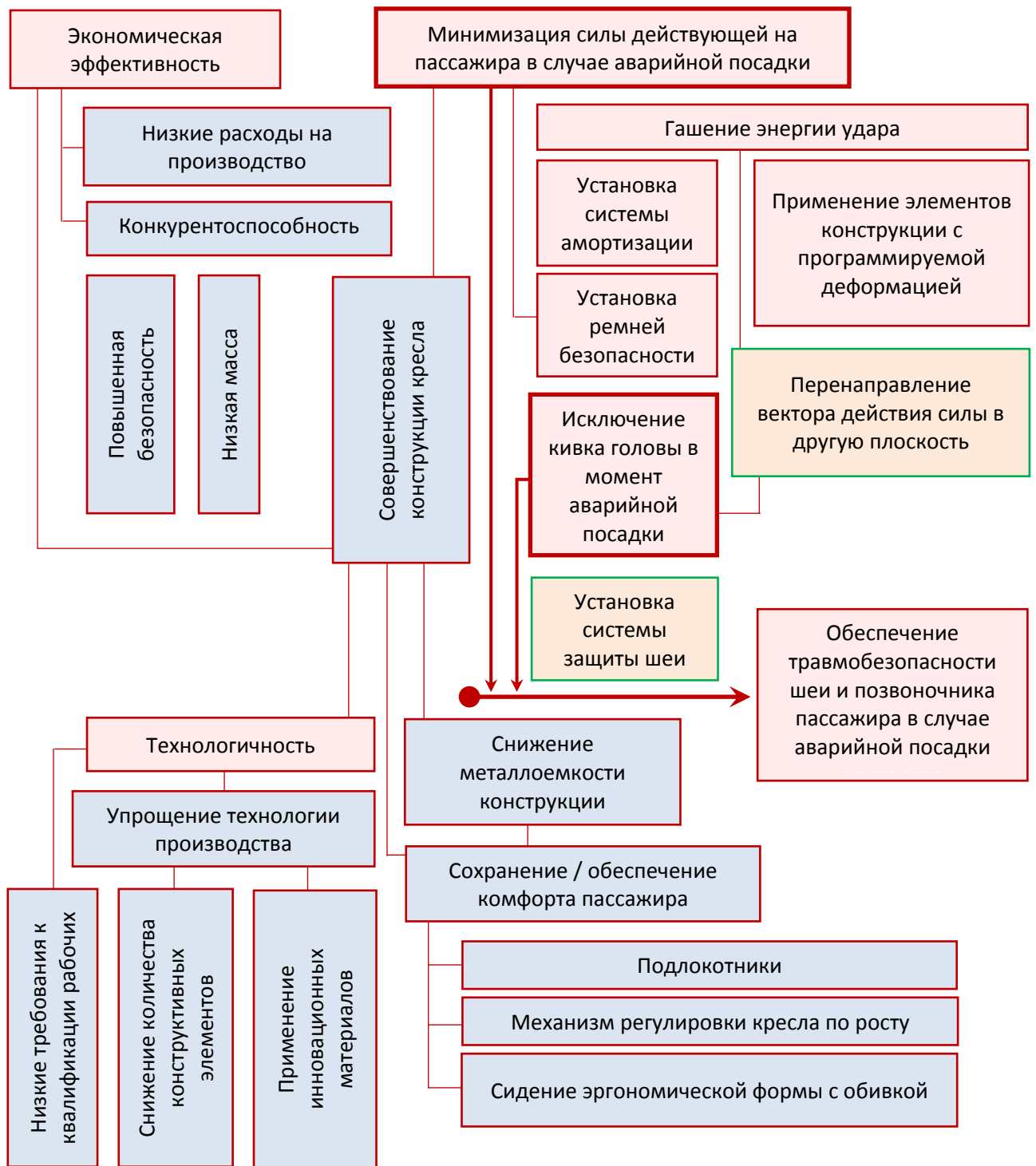
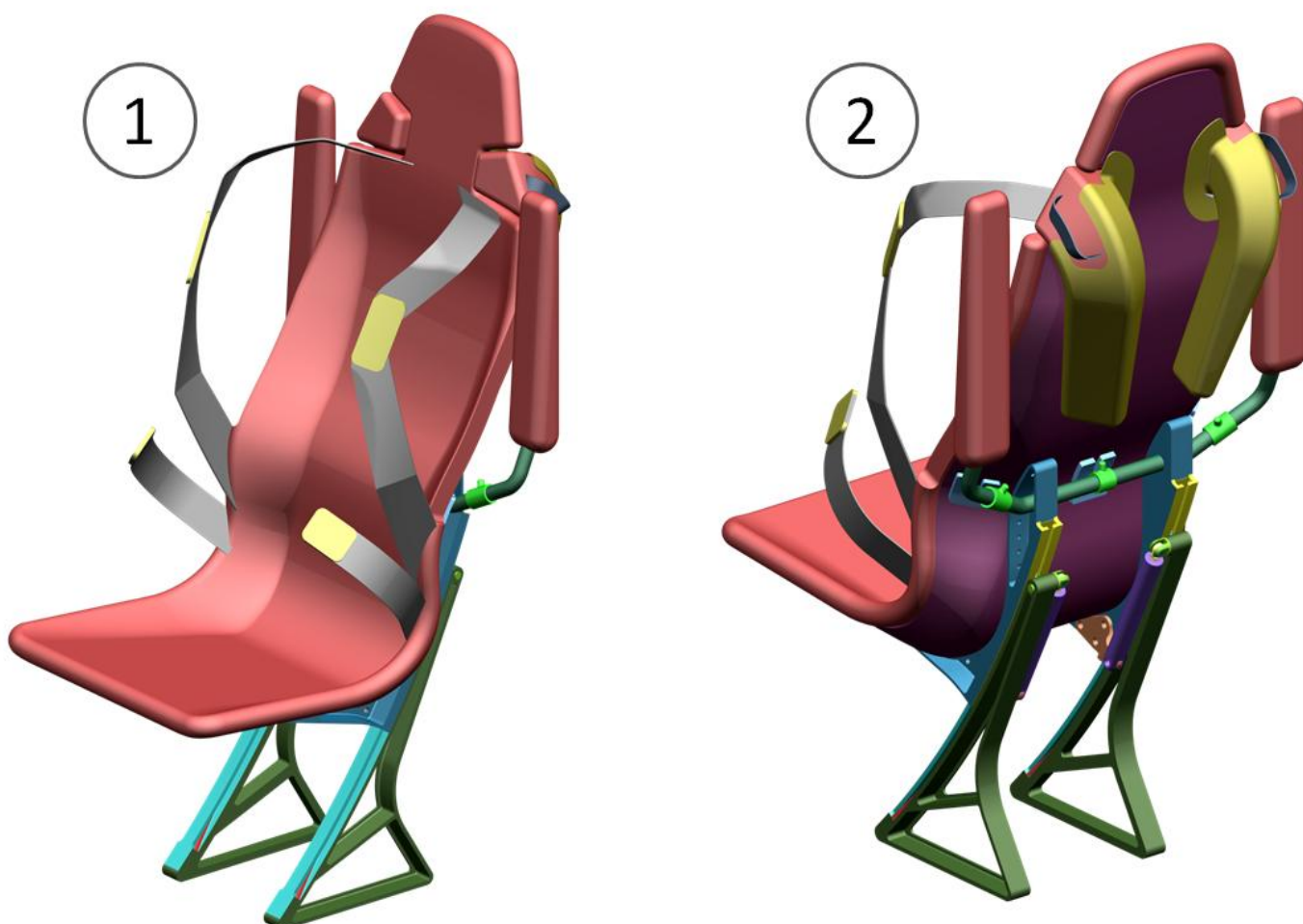


Рис. 2. Диаграмма Исикавы

2. Способ устранения вредных эффектов

В проекте разработана концепция конструкции кресла (рис. 3), позволяющая обеспечить травмобезопасность шеи и позвоночника пассажира в условиях аварийной жесткой посадки вертолета.

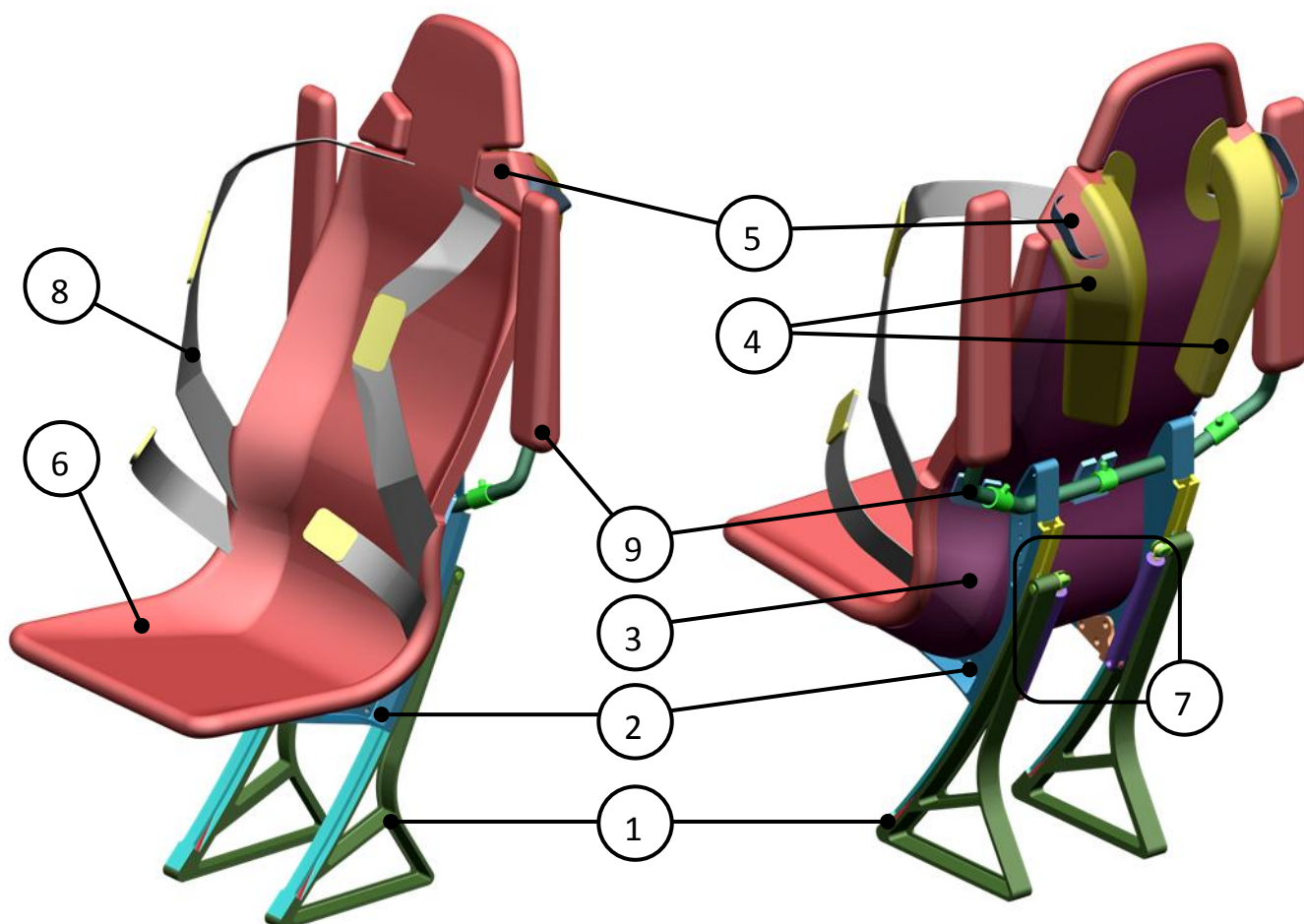


1 – Вид спереди; 2 – Вид сзади

Рис. 3. Общий вид кресла

Конструкция кресла содержит раму (2), опирающуюся на основные стойки (1), посредством опорных ползунов. На раме жестко закреплен корпус кресла (3) с обивкой (6), изготовленной из вспененного энергетического сорбента D3O. На задней верхней части каркаса кресла установлены направляющие карманы (4), в

которых установлены подушки эргономичной формы (5). На задней поясничной части кресла установлена система амортизации (7) закрепленная на основных стойках (1) и раме (2). На корпусе кресла также установлены ремни безопасности (8) восьмиточечного закрепления (см. рис. 4).

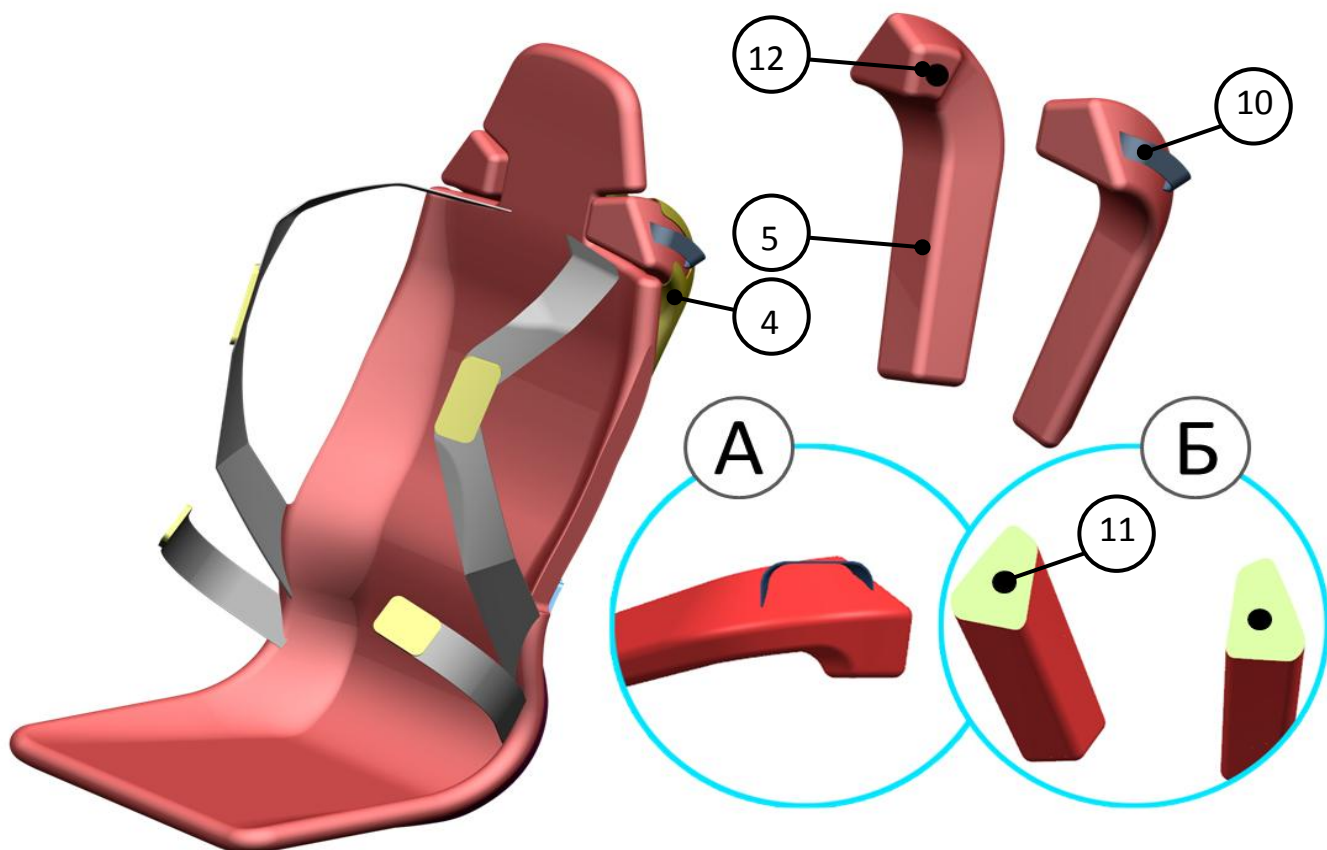


- 1 – Основные стойки; 2 – Рама; 3 – Корпус кресла; 4 – Направляющие карманы;
5 – Подушки эргономичной формы; 6 – Обивка кресла; 7 – Система амортизации;
8 – Ремни безопасности; 9 – Установка подлокотников (опционно)

Рис. 4. Основные элементы конструкции

В конструкции кресла применены системы защиты шеи, основную функцию которой выполняют выдвижные эргономичные подушки (5), изготовленные из энергетического сорбента D3O, по бокам которых пришиты ленточные ручки (10).

Подушки (5) включают в себя пружинный сердечник (11) закрепленный в направляющих карманах (4), выполненных радиусом изгиба, достаточным для свободного выхода подушек. На концах подушек установлены замки якорного типа (условно обозначенные на позиции 12)(см. рис. 5).



3 – Корпус кресла; 4 – Направляющий карман; 5 – Подушка эргономичной формы;

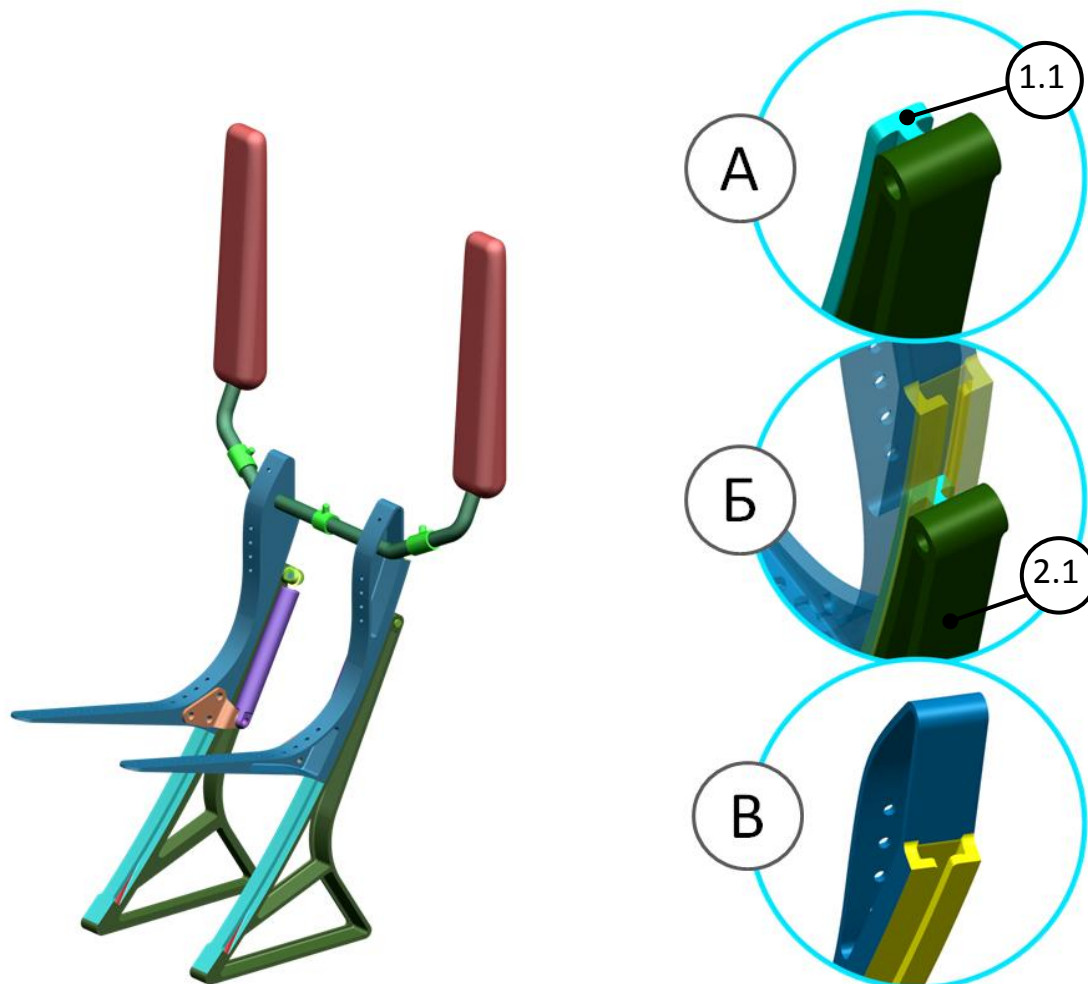
10 – Ленточные ручки; 11 – Пружинный сердечник; 12 – Замок якорного типа

(условное обозначение)

А – Вид на подушку сверху; Б – Вид на подушку в разрезе

Рис. 5. Общий вид подушки

Гашение энергии удара осуществляется путем хода рамы (2) по направляющим основных стоек (1), сдерживаемых системой амортизации (7) (см. рис.6).



1.1 – Направляющая; 2.1 – Ползун

А – Вид на направляющую основной стойки; Б – Вид на зацепление рамы и основной стойки; В – Вид на ползун

Рис. 7. Вид на каркас кресла

Система амортизации (7) состоит из двух амортизаторов. Штоки (7.1) закреплены на верхних частях основных стоек (1) соединением ухо-вилка (13) со свободным вращением. Стаканы (7.2) соединены с рамой посредством

ушковогокронштейна (14).В соединении штока (7.1.) применена отрывная шпилька (15) (см. рис. 8).

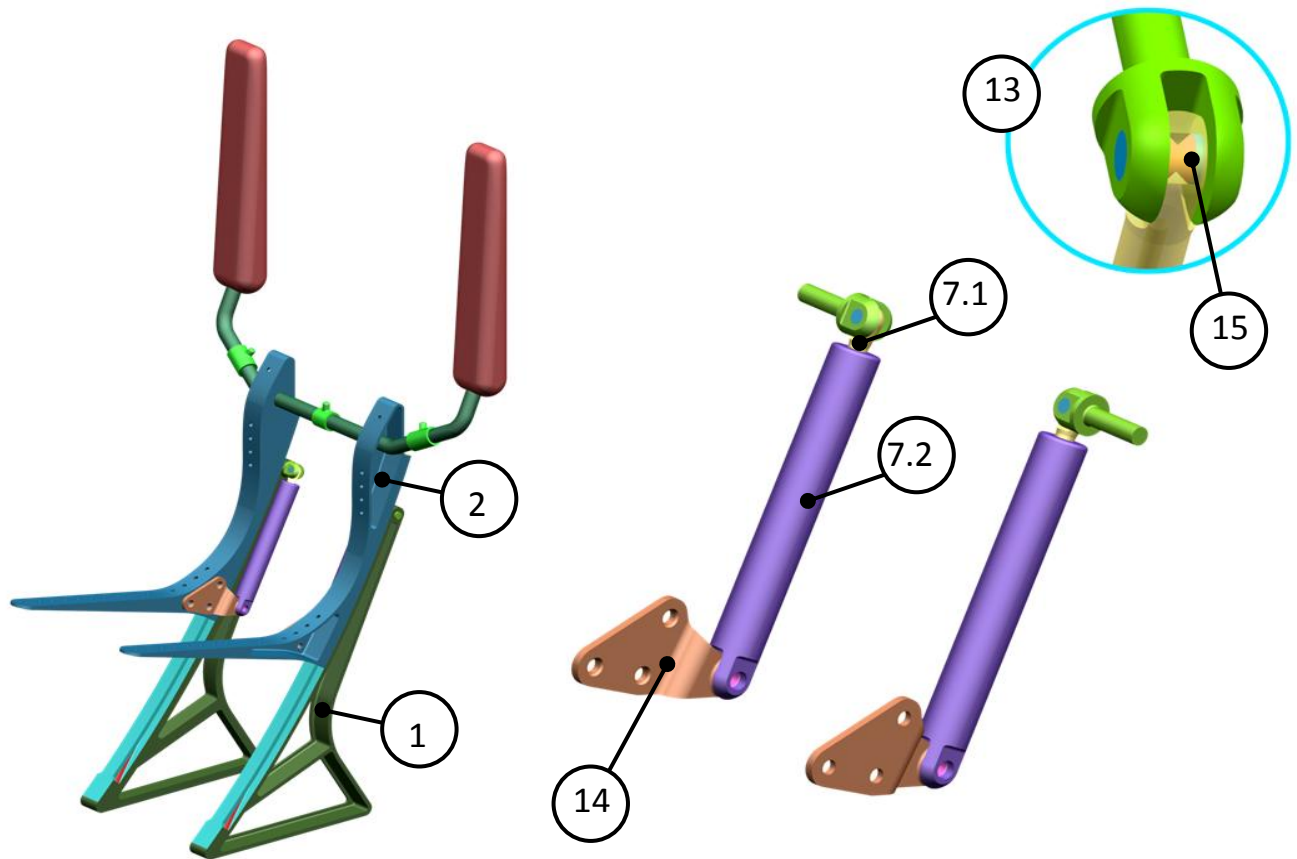


Рис. 8. Вид на систему амортизации

Для перенаправления вектора действия силы в другую плоскость предпринят максимально возможный, из условий компоновки салона эконом-класса, угол наклона кресла в момент проседания. Это реализовано посредством дугообразной геометрии направляющих основных стоек (1) и ползунов рамы (2). На рисунке 9 представлена схема изменения угла наклона пассажирского кресла до и после приложения нагрузки.

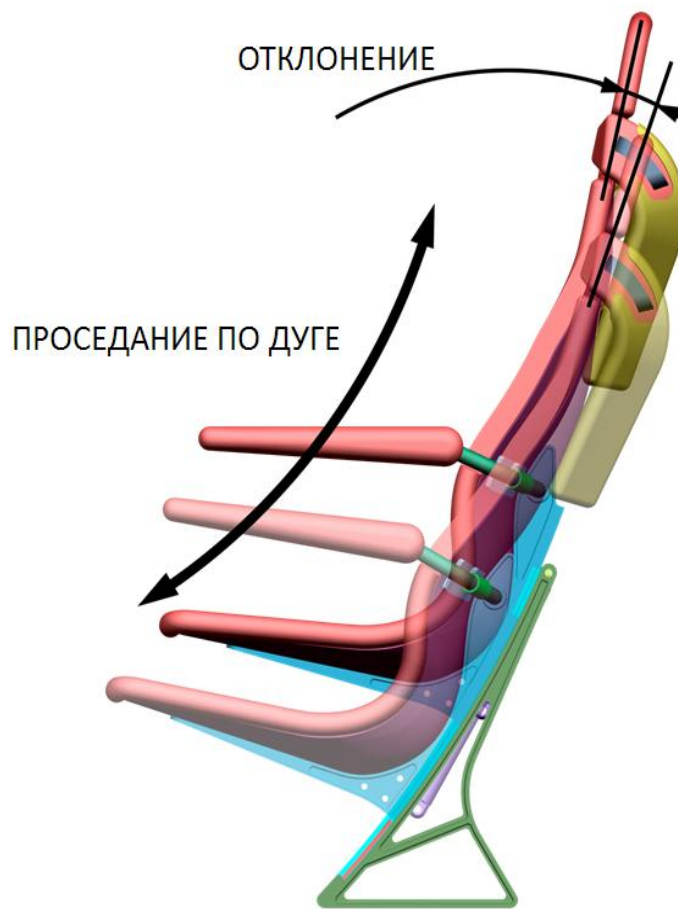
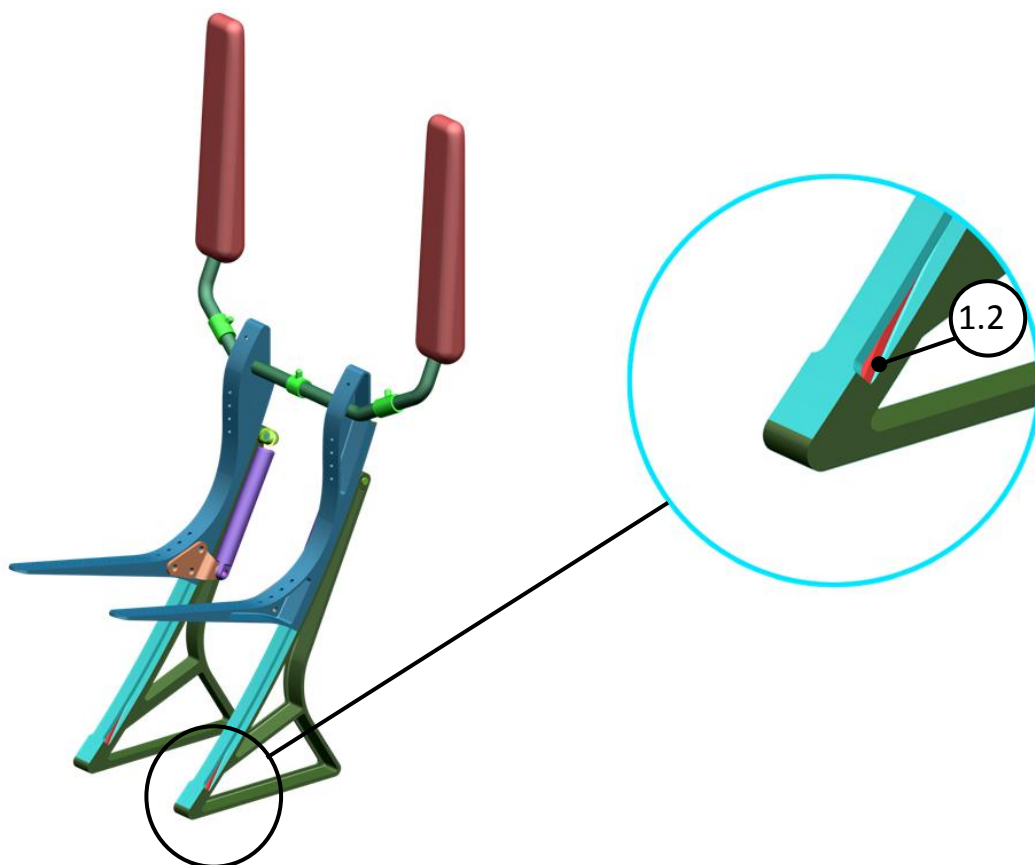


Рис. 9. Схема проседания кресла

В конструкцию также включены элементы с программируемой деформацией. В нижней части основных стоек (1) применено расширение стенок направляющих (1.1) (см. рис. 10), разрушающих ползуны (2.1) рамы (2) по достижению критических нагрузок сопровождаемые максимальным разжатием системы амортизации (7) и отрывом шпильки (15).



1.2 – Расширение стенки направляющей

Рис. 11. Вид на расширение направляющей основных стоек

3. Принцип работы разработанной системы

Работа системы гашения удара осуществляется следующим образом: при жесткой аварийной посадке вертолета, под действием силы инерции, перегрузка достигает предельно допустимой величины и под действием эксплуатационной нагрузки происходит разжатие системы амортизации, снижая инерционную нагрузку на тело сидящего. Рама перемещается по направляющим основных стоек на опорных ползунах. Траектория хода ползуна по направляющей позволяет перенаправить вектор действия силы в другую плоскость, минимизируя воздействие на шею и позвоночник пассажира (см. рис. 12).

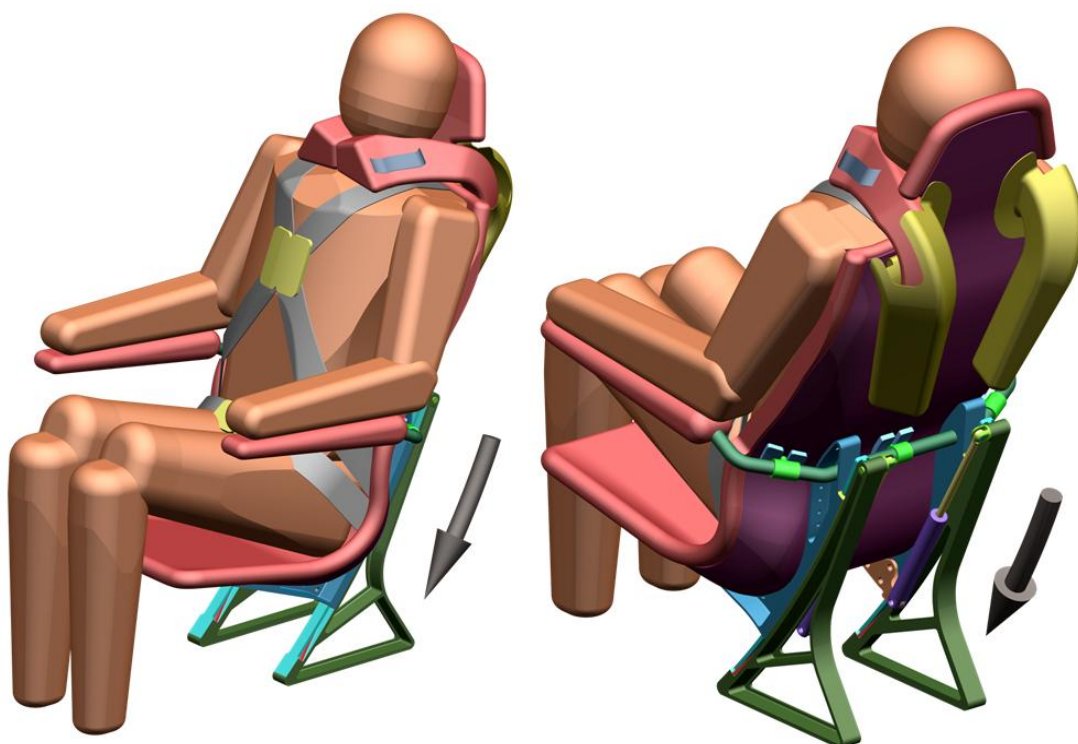
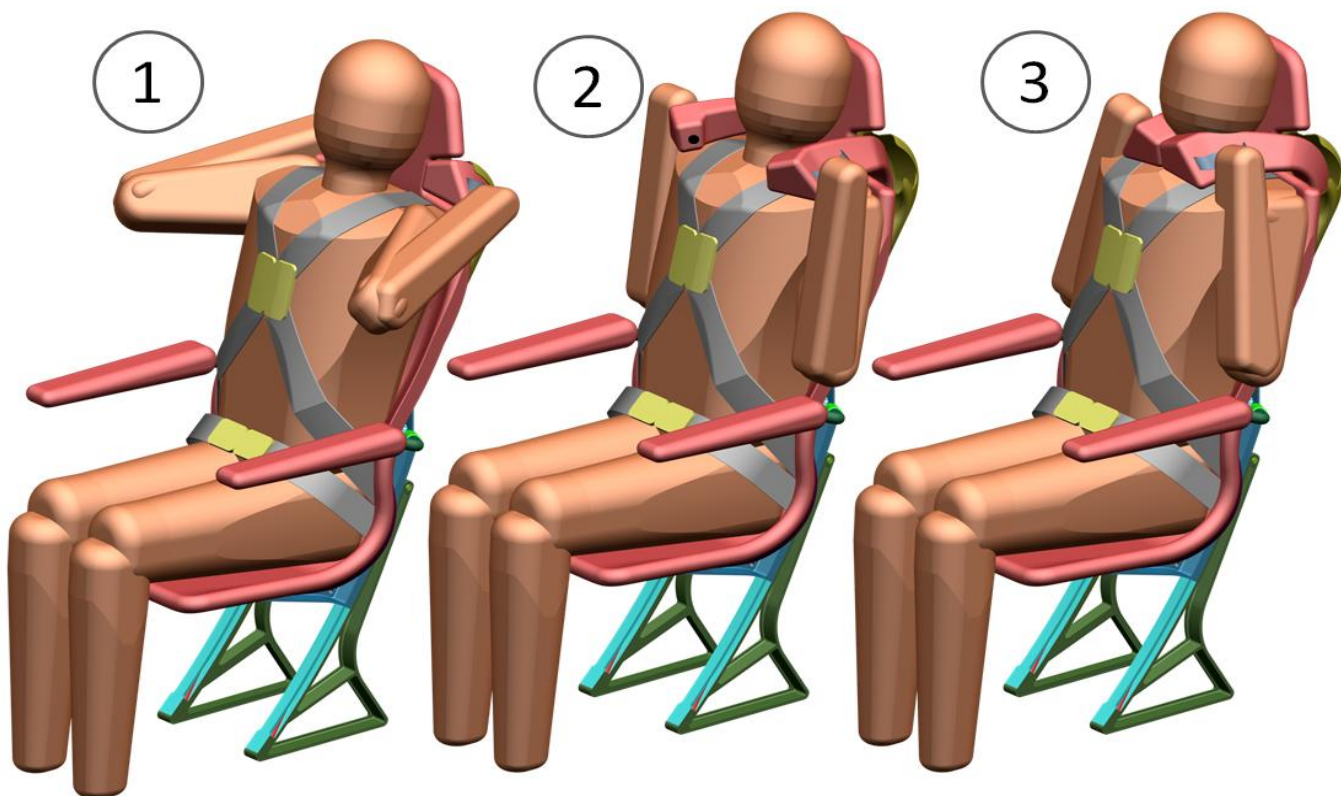


Рис. 12. – Схема проседания кресла. Работа системы амортизации и направляющих.

В случае достижения критического разжатия системы амортизации происходит отрыв шпильки, установленной в креплении штока (см. рис.8). Ползуны врезаются в продольные расширения в направляющих, находящиеся в корневой части (см. рис. 11), разрушаются поглощая оставшуюся силу удара.

Работа системы травмобезопасности шеи: после сообщения о возможной жесткой посадке пассажиру необходимо вытащить подушки из карманов при помощи ленточных ручек и скрепить концы под подбородком (рисунок 12), фиксируя положение подушек автоматически закрепляющимися замками якорного типа (условно указаны на рисунке 5).



1, 2, 3 – Этапы вытягивания подушек

Рис. 12. – Схема вытягивания подушек

Пружинный сердечник при выходе из карманов работает на растяжение, что позволяет фиксировать положение подушек под подбородком, а также исключает проявление физических свойств материала подушек из-за невозможности применения резких усилий при вытягивании подушек.

При необходимости экстренного покидания вертолета после аварийного приземления пассажиру необходимо оттянуть подушки за ленточные ручки и снять подушки системы травмобезопасности шеи через голову.

Во время полета пассажир жестко зафиксирован к креслу ремнями безопасности с замочными блоками на груди и на поясе (рис. 13).

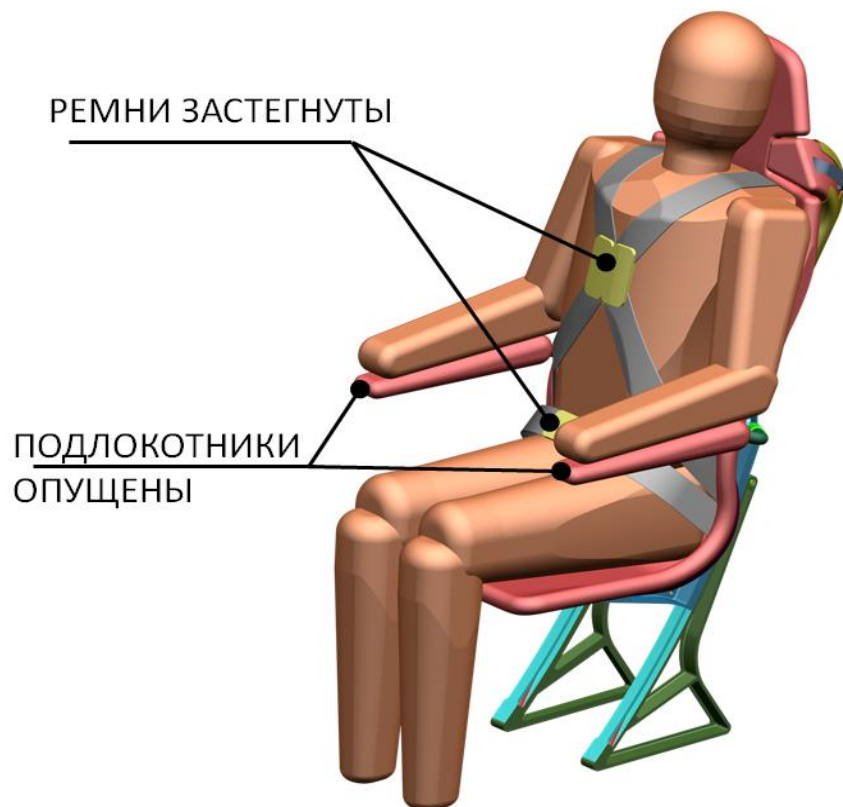


Рис. 14 – Исходное положение пассажира перед началом полета

4. Обоснование выбора материала

Инновационный материал d3O в обычном состоянии представляет собой синтетический полимер, мягкий и гибкий, как жвачка или мягкая резина. При внешнем воздействии или применении силы, материал за доли секунды становится твердым, поглощая удар, а после снятия нагрузки восстанавливает прежнюю форму (см. рис. 15, 16, 17). Он не теряет своих свойств на протяжении 7 лет и не боится воздействий низких и высоких температур.

На сегодняшний день он активно используется в спортивном инвентаре, с его применением производят разнообразную защиту для горнолыжного и мотоспорта, а

с недавних пор его стали применять в производстве боксерских лап из-за его способности поглощать удары.

В отличие от поролона и прочих видов синтетических пенных наполнителей разной степени упругости и плотности, d3o выгодно выделяет способность моментально реагировать на нагрузки и в зависимости от силы воздействия деформироваться с разной степенью. При обычных медленных движениях на расширение, растяжение или изгиб материал является гибким и эластичным. А вот на сжатие, то есть при ударах, он резко становится более плотным по всей своей поверхности, перераспределяя и, таким образом, поглощая энергию ударов. В этот момент сила удара равномерно распределяется на всю площадь материала, что существенно снижает ударную нагрузку непосредственно в месте удара. Как только воздействие удара заканчивается, материал снова приобретает свою первоначальную форму и свойства. Важно отметить что D3O не становится твердым, он всегда сохраняет некоторую упругость.



Рис. 15. Поведение материала при воздействии на него ударных нагрузок

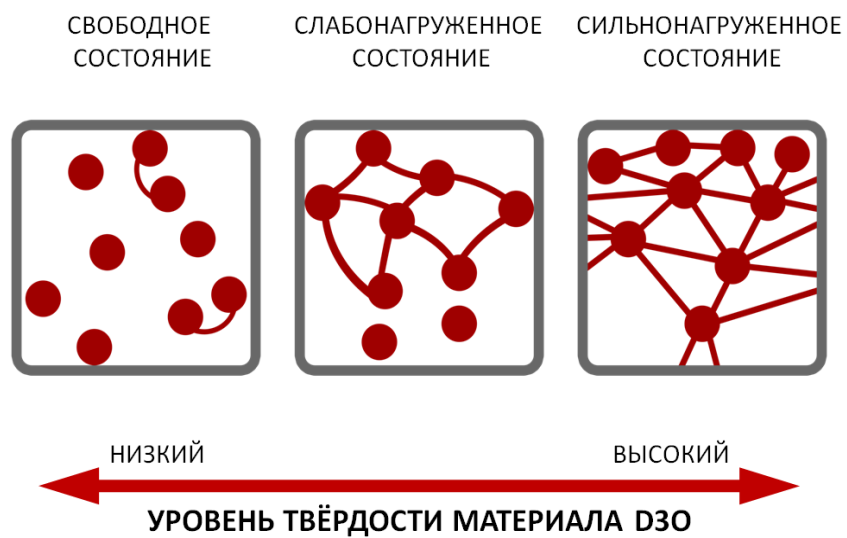


Рис. 16. Уровни твердости материала при воздействии на него нагрузок

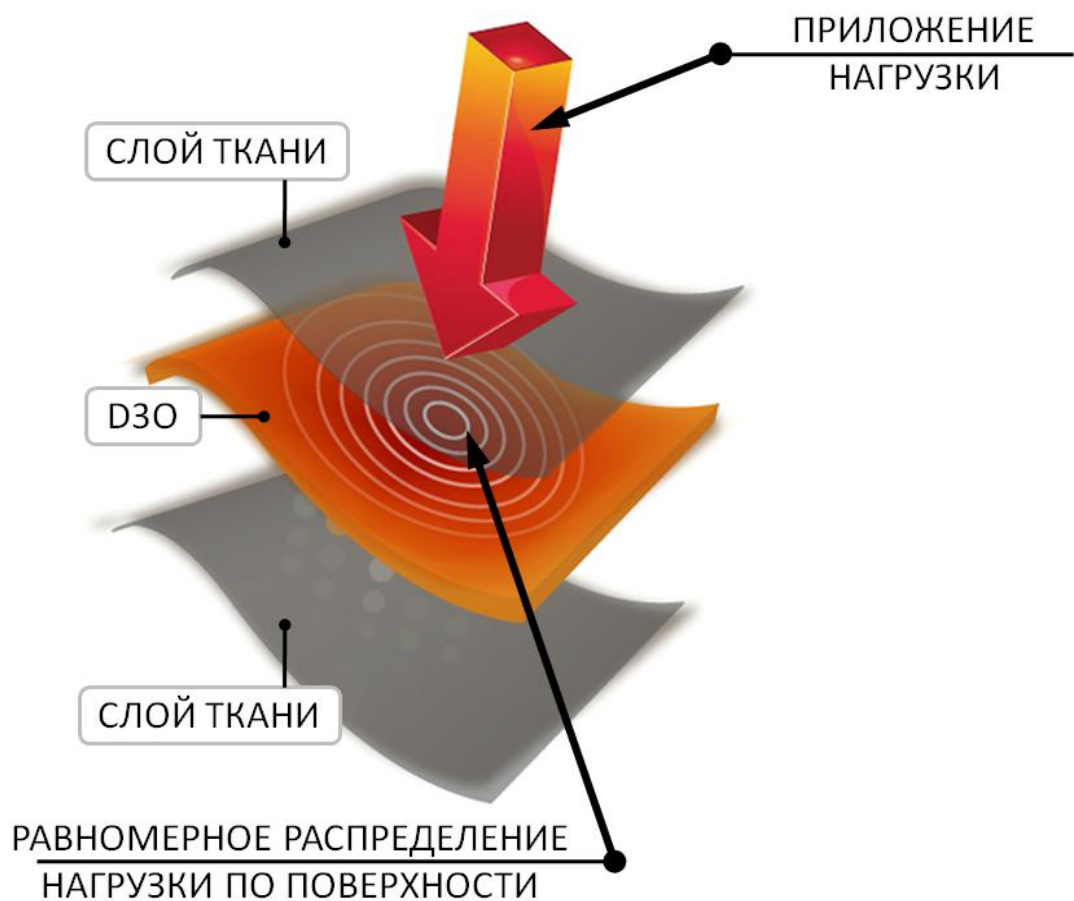


Рис. 17. Схема распределения нагрузки

Использование энергетического сорбента d3o в защитных подушках позволит шее пассажира оставаться свободной для движений, а при возникновении резких нагрузок – моментально их поглощать, практически не деформируясь, но, тем не менее, амортизировать, что позволит, в свою очередь, удержать шею и голову пассажира при аварии в фиксированном положении, не нанося повреждений мягким тканям и избежать переломов.

D3O подвержен формовке и перфорации, что позволяет создавать из него сложные, по необходимости, вспененные структуры необходимой формы и плотности для снижения веса и поглощения сложных нагрузок. На сегодняшний день этот материал не имеет точных аналогов и является разработкой Ричарда Палмера и британской компании D3O Lab, он является коммерчески доступным.

Вывод

Непрерывное развитие авиастроения приводит к усложнению различных бортовых систем и увеличению их числа. Это происходит параллельно с увеличением надежности указанных систем и воздушного судна в целом. Однако, практически всегда остается вероятность какого-либо повреждения, поэтому травмобезопасность пассажиров в случае возникновения аварийных ситуаций является неотъемлемой частью безопасности полётов.

На примере парка гражданских вертолетов Российской Федерации по данным на 2009 год можно провести анализ количества жестких аварийных посадок, а так же дать усреднённые данные по количеству травм в т.ч. шеи пассажиров. Парк

гражданских вертолетов, находящихся в эксплуатации, состоит примерно из 1100 единиц. Если брать в расчёт средний годовой налёт в 300 часов, а на 400 000 летных часов операционного времени вертолета приходится одна аварийная жесткая посадка, то мы получаем одну аварийную посадку в год, что ведёт за собой травмируемость 7-10 пассажиров.

Настоящая разработка позволит не только исключить травмы шеи, но уменьшить нагрузки на верхние, средние и нижние отделы позвоночника, уберегая от повреждений до 10 пассажиров в год.

Библиографический список

1. У.Л. Уилкинсон. Неньютоновские жидкости. Издательство "Мир", Москва, 1964. – 209 с.
2. D3O Lab 69 North Street Portslade East Sussex BN41 1DH, UK info@d3olab.com, www.D3O.com