

УДК 656.7

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КАТАПУЛЬТИРОВАНИЯ ЛЕТНОГО СОСТАВА

Моисеев Ю.Б., Корженьянц В.А., Страхов А.Ю.

Российский государственный технологический университет имени К.Э.Циолковского, г. Москва, gniiivm-m@yandex.ru

Изложена эволюция средств и методов спасания экипажей летательных аппаратов, проблемные вопросы защиты летчиков при катапультировании, особенности современных катапультных кресел и обоснованы предложения по совершенствованию катапультных кресел в направлении повышения их безопасности и эргономичности.

Ключевые слова: катапультирование летного состава, авиационная медицина, биомеханика позвоночника, катапультное кресло, травмы позвоночника, авиационная эргономика

С первых шагов развития авиации возникла проблема спасения экипажа при возникновении аварийной ситуации на борту летательного аппарата (ЛА). На первых порах эта проблема решалась покиданием самолета экипажем через борт с использованием индивидуальных парашютов. Однако увеличение скоростных характеристик самолетов и особенно появление в конце 40-х годов реактивной авиации сделало такой метод спасения невозможным. Из-за высоких аэродинамических нагрузок, действующих на летчика при выходе его из кабины, покидание самолета стало трудновыполнимым, и появилась реальная опасность столкновения летчика с хвостовым оперением самолета. Поэтому к середине 40-х годов XX века возникла необходимость создания принудительных средств, которые обеспечивали бы членам экипажа надежное аварийное покидание ЛА и безопасное приземление [1].

Этапы развития авиационных катапультных кресел

Решение задачи спасения экипажей летательных аппаратов вначале в Германии и Англии, а затем в США и России (СССР) пошло по пути разработки катапультных кресел (КК), которые одновременно выполняли функции

рабочего места члена экипажа.

Первоначально КК было достаточно простым устройством и представляло собой рабочее кресло летчика, снабженное лишь стреляющим механизмом (СМ). Парашют спасения располагался на летчике. В случае возникновения аварийной ситуации и необходимости покидания летательного аппарата летчик инициировал СМ и катапультировался из самолета (автоматики не было). Через определенное время летчик вручную отделялся от КК и использовал парашют.

К настоящему времени КК, являясь, прежде всего, рабочим местом пилота, превратилось в сложное техническое устройство, которое обеспечивает спасение летчика в широком диапазоне высот и скоростей полета современных самолетов [1-3]. При этом после подачи команды на катапультирование все системы КК работают в автоматическом режиме.

Стремительное развитие авиационной техники и совершенствование тактики ее применения привело к тому, что в последнее время к КК предъявляются все более жесткие требования, связанные с необходимостью спасения летчика в широком диапазоне условий полета — начиная от высокоскоростных

режимов и заканчивая режимами, характеризующимися сложным пространственным положением ЛА в момент аварии на малых высотах [4].

Опасные факторы катапультирования

По мере увеличения возможного диапазона применения КК усиливались и воздействия на летчика неблагоприятных факторов и условий, возникающих в процессе катапультирования. Именно эти воздействия, наряду с уровнем технологий и требованиями к расширению антропометрии летного состава, определяют облик и возможности КК [1-4].

Наиболее существенный вклад в травмоопасность катапультирования вносят воздействия, возникающие собственно в процессе работы КК, начиная от запуска СМ и заканчивая моментом отделения летчика от кресла и вводом спасательного парашюта. Основными травмоопасными факторами, воздействующими на летчика в условиях катапультирования, являются [1-9]:

- воздействие набегающего потока, приводящее к повреждениям, связанным с непосредственным воздействием избыточного давления аэродинамического потока на летчика;
 - воздействие набегающего потока, приводящее к повреждениям, связанным с разбросом по потоку его рук, ног и воздействие на голову при попадании кресла в набегающий поток;
 - воздействие на пилота перегрузок катапультирования, которые, в свою очередь, складываются из воздействий перегрузок от торможения под действием набегающего потока и воздействия от стреляющего механизма и реактивного двигателя твердотопливного (РДТТ);
 - динамические инерционные воздействия, связанные с вращением катапультируемой системы.
- Способы минимизации травмоопасных воздействий на летчика при катапультировании
- Воздействие всех этих травмоопасных для летчика факторов необходимо, по мере возможности, минимизировать. Для этого на современных катапультирных креслах, в том числе на отечественных КК типа К-36Д, применяются следующие способы решения проблемы защиты летчика от действия факторов катапультирования [1-4]:
- система фиксации, в том числе:
 - принудительный притяг плеч и пояса, предназначенные для формирования правильной изготочной позы при катапультировании путем прижатия верхней части спины и таза к спинке кресла;
 - ограничители разброса рук, который может возникнуть под воздействием набегающего потока воздуха, приводящего к мощному переразгибанию рук в суставах и соответствующим травмам;
 - подъемники и притяг ног, также предназначенные для принудительного формирования правильной изготочной позы, предотвращения разброса ног под воздействием набегающего потока воздуха и защиты поднятыми коленями живота летчика;
 - особая конструкция привода (ручки) катапультирования, также позволяющая летчику в момент инициации катапультирования сгруппироваться и занять наиболее безопасную позу;
 - система вертикальной стабилизации, обеспечивающая стабилизированное положение кресла в потоке и ограничивающая пространственное угловое вращение КК;
 - защитный аэродинамический щиток (дефлектор), защищающий верхнюю часть тела летчика от воздействия набегающего потока;

- профилированная спинка сидения, заголовник и другие опорные поверхности КК, обеспечивающие максимально безопасное восприятие действующих перегрузок и силового воздействия набегающего потока;
- специальное высотное снаряжение, в том числе защитный шлем и кислородная маска, снижающее непосредственное воздействие набегающего потока воздуха и обеспечивающее безопасный спуск летчика при катапультировании на больших высотах.

Применение всех этих систем и снаряжения позволило существенно снизить травмоопасность процесса катапультирования на креслах типа К-36Д во всем диапазоне их применения. Однако, если вопросы, связанные с защитой от непосредственного воздействия набегающего потока в известной степени решены, то существенное ограничение уровней угловых и линейных ускорений невозможно без снижения функциональности и диапазона применения КК [4]. Основной проблемой остается вопрос травмоопасности ускорений катапультирования, и, в первую очередь, перегрузки n_y , направленной вдоль позвоночника летчика «голова-таз». Воздействие этой перегрузки является одним из основных факторов, определяющих уровень травмирования летчика [6-10].

Проблемные вопросы эксплуатации катапультирных кресел

Следует отметить, что основная идеология, которая закладывается при проектировании и создании КК – это обеспечение наименьшего травматизма летчика в случае катапультирования, с желательным скорейшим возвращением его в строй. Однако при этом перед инженерами-разработчиками технических устройств стоят две, по сути, противоположные задачи.

С одной стороны, необходимо,

насколько это возможно, снижать интенсивность каждого из травмоопасных воздействий условий катапультирования.

С другой стороны, создаваемое средство аварийного покидания должно наиболее полно соответствовать техническим характеристикам ЛА. При всех прочих равных условиях средство, применение которого сопровождается наименьшими нагрузками на организм пилота, является более сложным по конструкции и имеет большие габаритно-весовые характеристики. Кроме этого, при улучшении, например, характеристик переносимости перегрузок путем их уменьшения, одновременно ухудшаются другие важные характеристики КК, и, прежде всего, минимально безопасная высота катапультирования.

Поэтому, в конечном итоге, речь идет не о создании «комфортных» условий при действии условий катапультирования, а о принятии разумного компромисса, обеспечивающего как эффективность применения, например перелет катапультирного кресла через киль самолета, так и условия безопасной переносимости человеком травмоопасных условий аварийного покидания [1-4, 7].

Проблема естественного противоречия, возникающего в вопросе минимизации воздействующих на летчика условий катапультирования, в полной мере относится и к действующим на него перегрузкам. Традиционно, при разработке средств защиты от ударных воздействий — амортизационных кресел, автомобильных систем безопасности и т.д. – для снижения травмоопасности стремятся снизить величину воздействующей перегрузки.

В случае КК снизить уровень действующих перегрузок зачастую представляется нецелесообразным. Потеря высоты при катапультировании в значительной степени определяется интенсивностью торможения, а, следовательно,

но, и величинами действующих перегрузок. Кроме того, величины перегрузок, в том числе и в направлении «голова-таз» напрямую влияют на относительную траекторию КК.

Поэтому, максимальное значение перегрузок и время их действия на КК определяются исходя из физиологически предельно допустимых величин.

Вертикальная перегрузка, воздействующая на летчика при катапультировании, имеет ряд особенностей, определяющих ее физиологическое воздействие на организм летчика. Главной из них является ее кратковременный, ударный характер, с большим темпом нарастания. Общая длительность воздействия значительного уровня перегрузки не превышает, как правило, 0,5...1,0 с, что соответствует суммарной продолжительности работы энергодатчиков КК-СМ и РДТТ, а также наиболее интенсивному торможению кресла с пилотом в потоке воздуха после отделения его от ЛА. При этом скорость нарастания вертикальной перегрузки может достигать 200 ед./с и более [3, 4].

За этот промежуток времени (~0,5 с) не успевают развиваться патофизиологические реакции, связанные со смещением больших массивов крови и формированием гипоксических состояний, в первую очередь, в головном мозге («серая» и «черная» пелена, потеря сознания), как это имеет место при пилотажных перегрузках. В связи с этим на первый план выходят биомеханические сдвиги, обусловленные деформацией тканей и органов летчика [4, 7, 8, 10, 11].

Поскольку основной опорной структурой тела сидящего в кресле летчика является позвоночный столб, то именно он в первую очередь противодействует сжимающей силе, возникающей при действии инерционных перегрузок «голова-таз», которые, в свою очередь, порождаются внешними силами, воздействующими при катапульти-

ровании в вертикальном направлении. В связи с этим именно позвоночник является органом-мишенью, прежде всего повреждающимся от ударного воздействия этой перегрузки.

Основные результаты физиологических исследований безопасности катапультирования летного состава

Изучение действия перегрузок на организм человека проводится уже более 50 лет как у нас в стране, так и за рубежом. Благодаря работам А. Geertz, М.П. Бресткина, Г.Л. Комендантова, В.В. Левашова, П.К. Исакова, С.А. Гозулова, И.А. Цветкова, Г.П. Ступакова, Ю.В. Мазурина, В.А. Корженьянца и др. определены средние уровни переносимости человеком ударных воздействий, разработана система регламентирования перегрузок катапультирования, выявлена индивидуальная вариабельность устойчивости человека к воздействию наиболее часто встречающейся и опасной перегрузки в направлении «голова-таз», а также установлены факторы, ее определяющие [1, 4, 6-10]. Это позволило перейти к количественной оценке риска травмирования летного состава при воздействии таких перегрузок, в том числе с использованием математического моделирования.

Полученные на основании этих многолетних исследований и используемые на сегодняшний день на практике критерии оценки допустимости перегрузки «голова-таз» можно разделить на три группы:

- нормирование допустимого силового воздействия в различных отделах позвоночного столба;
- нормирование величины перегрузки, времени ее воздействия и скорости изменения;
- нормирование величины динамической реакции системы «КК — летчик» на перегрузку катапультирования.

Оценка допустимости воздействия

условий катапультирования с использованием первого из перечисленных способов является достаточно непростой задачей. Для этого, при проведении экспериментов необходимо постоянно использовать дорогостоящие антропоморфные манекены, оснащенные соответствующей системой измерения. Поэтому на практике обычно пользуются двумя другими подходами, регистрируя в ходе экспериментальных катапультирований действующую перегрузку и сравнивая ее значение, либо определенную на ее основе динамическую реакцию, со значениями их предельно допустимых уровней.

Однако все эти предельные величины были получены в ходе исследований, проводившихся при отсутствии воздействия аэродинамических сил на сидящего в кресле летчика. Воздействие же этих сил существенным образом влияет на усилия, возникающие в позвоночнике летчика, и непосредственно влияющие на возможность получения им травмы.

Проблема точного определения уровня допустимых воздействий при катапультировании становится особенно актуальной в связи с тем, что новые отечественные КК (типа К-36Д-3.5, К-36Л-3.5Я и К-36Д-5) создавались с учетом современных тенденций в авиации и расширенных требований, влияющих на возрастание уровней перегрузок, и прежде всего — в направлении «голова-таз» n_y :

- снижение установочной массы и габаритов кресла по сравнению с КК предыдущего поколения при сохранении диапазона их применения;
- увеличение диапазона возможной антропометрии летного состава, связанное с привлечением к летной работе женщин, а также увеличением поставок авиационной техники в страны, летчики которых имеют малый рост и вес (например, страны Восточной и Южной

Азии);

- улучшение условий штатной работы экипажа за счет установки кресел в кабинах высокоманевренных самолетов под большими углами;
- возможное увеличение диапазона применения КК.

Уменьшение массы пилота, КК, а также увеличение угла установки кресла в кабине самолета, несмотря на все предпринятые меры, ведет к увеличению значений перегрузок, действующих при катапультировании вдоль позвоночника человека. Это, в свою очередь, приводит к ограничению в диапазоне применения самолета или к отказу от установки кресла под углами, обеспечивающими благоприятную штатную работу летчика [4].

Так, попытки установить КК К-36Д-3.5 под углом 19° при существующих ограничениях на величину перегрузки n_y привели к появлению требований по ограничению области применения самолета до скоростей 1100 км/час. От попыток установить кресла под углом в 30° решено отказаться.

Необходимость расширения диапазона применения КК (увеличение максимально допустимых скоростей и чисел Маха, на которых должно быть обеспечено безопасное катапультирование) также приводит к существенному увеличению уровней перегрузок, действующих по всем осям. Для их снижения необходимо применения различных, технически достаточно сложных и громоздких схем и устройств, неблагоприятно влияющих на технические и эксплуатационные характеристики КК.

В связи со всем этим особенно остро стоит вопрос об уточнении методики определения величины предельно допустимых значений перегрузок при реальных катапультированиях, то есть тех пороговых значений, которые не приводят к серьезному травмированию летчика.

Антропометрические аспекты про-

ектирования катапультных кресел

Для проектирования катапультных кресел необходимо знать ряд антропометрических характеристик летного состава, прежде всего, массу тела, рост стоя (длину тела) и рост сидя. Действующий в настоящее время ГОСТ [12] принят в начале 1980-х годов, а материалы, которые легли в его основу, были получены в конце 1970-х годов, т.е. более 35 лет назад. Вместе с тем, считается, что пересмотр размерных характеристик должен производиться не реже, чем через 7 – 10 лет [13].

В связи с этим проанализированы некоторые антропометрические параметры летного состава, проходившего стационарное освидетельствование. Некоторые результаты работы представлены в табл. 1.

Указанные обстоятельства обуславливают актуальность разработки новой редакции ГОСТ [12].

Особенности катапультирования экипажей многоместных летательных аппаратов

Среди возможных вариантов обеспечения аварийного покидания самолета различными членами экипажа основным, на наш взгляд, должен быть вариант одновременного катапультирования, когда введение в действие привода катапультной установки (КУ) одним из членов экипажа приведет к катапультированию всего летного состава. Однако возможны и другие схемы.

При этом считаем, что вариант, когда каждый член экипажа может покинуть ЛА самостоятельно. А альтерна-

тивные варианты, определяющие очередность катапультирования должны предусматривать реализацию нескольких возможных схем катапультирования, причем решение о выборе конкретной схемы принадлежит командиру корабля и реализуется им путем переключения специального тумблера

В связи с этим необходимо решить ряд эргономических проблем [4, 7, 13-16].

Во-первых, в большинстве случаев ряд членов экипажа будут катапультироваться принудительно. Для того чтобы они смогли занять правильную изготавочную позу, необходима своевременная команда от лица, иницирующего аварийное покидание (как правило, командир корабля). С этой целью должна быть обеспечена соответствующая звуковая и зрительная информация (световое табло перед каждым членом экипажа, мощный звуковой сигнал).

Кроме того, частным, но важным проявлением задачи по принятию правильной изготавочной позы для катапультирования является задача размещения рук. На одноместном самолете

Таблица 1
Основные результаты анализа антропометрических параметров летного состава

Характеристика	Показатели				
	Объем выборки	Среднее значен.	Стандартное отклонение	Кoeffиц. эксцесса	Кoeffиц. асимметрии
Масса тела, кг	478	83,8	11,8	0,447	0,391
Рост стоя, мм	548	1781,0	57,6	- 0,215	0,078
Рост сидя, мм	182	919,4	31,7	- 0,394	0,113

Таблица 2
Сравнение некоторых антропометрических параметров обследованного летного состава и данных ГОСТ

Категория летного состава	Масса тела, кг		Рост стоя, см		Рост сидя, см	
	M	σ	M	σ	M	σ
ГОСТ В 24951-81	74,2	8,6	170,4	5,5	90,1	2,9
Обследованные летчики	83,8	11,8	178,1	5,8	91,9	3,2
Достоверность различий	$p < 0,01$		$p < 0,01$		$p < 0,01$	

Примечание: M – среднее значение; σ – среднее квадратическое отклонение.

такой проблемы нет, т.к. руки летчика приводят в действие привод катапультирования и сжимают соответствующие ручки. Это не только инициирует процесс аварийного покидания ЛА, но и фиксирует кисти рук, предотвращая разброс верхних конечностей. Опыт аварийных покиданий двухместных самолетов, например Як-130, свидетельствует о том, что второй член экипажа в условиях психоэмоционального стресса, вызванного авиационным происшествием и предстоящим катапультированием, не всегда придает рукам правильное положение.

В связи с этим считаем необходимым внести в инструкцию по пилотированию самолета положение о том, что члены экипажа, которые катапультируются принудительно, после оповещения о предстоящем аварийном покидании ЛА в обязательном порядке держались обеими руками за рукоятки катапультирования. Этот прием фиксации рук необходимо отрабатывать на занятиях по применению системы аварийного покидания и спасания для формирования прочного психомоторного навыка. Особую важность приобретает эта задача в случае реализации проекта относительно малоскоростного варианта ЛА, т.к. в этом случае катапультные кресла, которыми будет оснащаться самолет, не имеют ограничителя разброса рук.

Еще один важный момент, связанный с человеческим фактором и катапультированием из ЛА, обусловлен риском поражения членов экипажа самолета, еще находящихся в кабине, пламенем от двигателя КК, которое уже начало покидать ЛА. Для защиты летного состава необходимо предусмотреть средства защиты, экранирующие людей от факела КУ (например, шторы или щитки).

Особенности обеспечения безопасной аварийной посадки ЛА

В качестве одного из возможных путей спасения экипажа в случае раз-

вития авиационного происшествия в полете должна рассматриваться аварийная посадка ЛА. В связи с этим необходимо обеспечить защиту людей от травм, вызванных действием ударной перегрузки посадки или от воздействия предметов, которые могут оторваться от мест крепления и беспорядочно перемещаться по кабине.

С эргономической точки зрения для профилактики вторичного травматизма члена экипажа вследствие удара об элементы интерьера задачей проектирования рабочего места является создание безопасной зоны, в пределах которой соударения головы невозможны.

По результатам экспериментов с участием добровольцев-испытателей построены зоны ометаемости головы для нескольких величин ударной перегрузки «спина-грудь»: 16 ед. (предельная величина, представленная в [14]), 18 ед. (требования из [15]) и 20 ед. (требования к прочности крепления катапультного кресла из ОТТ ВВС-86). Их радиусы составили соответственно 190, 206 и 220 мм. В качестве точки, от которой следует строить безопасную зону, следует взять наиболее выступающую кпереди часть системы «голова летчика – защитный шлем». Вместе с тем, исходные данные для построения безопасных зон ометаемости получены для условий плотной фиксации тела испытателей в кресле при прижатой к подголовнику кресла голове. Если голова летчика будет находиться в рабочем положении, т.е. расположена свободно и несколько кпереди от подголовника, то величины зон ометаемости нужно увеличить на 20-30 %.

Мероприятия по оптимизации состояния позвоночника летного состава

Для снятия мышечного утомления и восстановления функционального состояния позвоночника членов экипажа ЛА считаем необходимым использовать весь комплекс реабилитационных мер

[1, 7-10, 16-20]:

1. возможность изменения позы в ходе полета за счет отклонения спинки кресла;
2. использование специальных физических упражнений, выполняемых как в кресле, на рабочем месте, так и в положении стоя или лежа в месте отдыха;
3. восстановительные мероприятия с использованием специального физиотерапевтического средства — кушетки типа «Гравислайдер»;
4. восстановительные мероприятия с использованием специального средства — пневмостимулирующей прокладки на сидении кресла.

Вывод

Изложенные результаты определяют приоритетные направления повышения безопасности летного состава при аварийном покидании ЛА и должны быть учтены при совершенствовании и проектировании образцов авиационной техники.

Литература

1. Алексеев С.М., Балкинд Я.В., Гершкович А.М. и др. Средства спасения экипажа самолета. М.: Оборонгиз, 1975. 450 с.
2. Северин Г.И. Катапультируемые кресла нового поколения – высшие технические достижения // Авиапанорама. — Ноябрь-декабрь, 1997. С. 33-35.
3. Поздняков С.С., Лившиц А.Н., Шибанов В.Ю. Основные тенденции в совершенствовании катапультирных кресел // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2011. № 5. С. 52-60.
4. Моисеев Ю.Б., Шибанов В.Ю., Овчаров В.Е., Радченко М.И., Чернуха В.Н. Системный анализ эволюции авиационных катапультирных кресел и приоритетные направления повышения их эргономичности // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. 2013. № 4 (120). С. 24-30.
5. Моисеев Ю.Б., Кукушкин Ю.А., Богомоллов А.В., Лозбин А.С. Метод расчета оценки повреждающего действия им-

пульса воздушного давления при катапультировании летного состава // Проблемы безопасности полетов. 2010. № 11. С. 28-39.

6. Бухтияров И.В., Кукушкин Ю.А., Васильев А.Ю. и др. Оценка кумулятивных эффектов влияния пилотажных перегрузок на шейный отдел позвоночника методом мета-анализа // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2001. № 3. С. 18.
7. Ступаков Г.П., Козловский А.П., Казейкин В.С. Биомеханика позвоночника при ударных перегрузках в практике авиационных и космических полетов. Л.: Наука, 1987. 240 с.
8. Моисеев Ю.Б., Шибанов В.Ю., Страхов А.Ю. Воздействие перегрузки при катапультировании на больших скоростях полета самолета // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2009. № 12. С. 9-15.
9. Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К., Богомоллов А.В., Шмакова Л.В. Определение вероятности возникновения первичных травм воздействию ударной волны // Безопасность жизнедеятельности. 2010. № 9. С. 43-46.
10. Костанбаев В.С., Моисеев Ю.Б., Шолохов В.А. Корректирующая кушетка типа «КВС» для восстановления функционального состояния позвоночника, профилактики и лечения клинических проявлений остеохондроза позвоночного столба // Медицинская техника. – 2010. — №1. С.41-46.
11. Кукушкин Ю.А., Богомоллов А.В., Гузий А.Г. Принципы построения системы обеспечения жизнедеятельности операторов систем «человек-машина», адаптивных к их функциональному состоянию // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. № 3. С. 50.
12. Антропометрия летного состава. Статические и динамические размеры. — ГОСТ В 24951-81. М.: изд. стандартов, 1982.
13. Дунаевская Т.Н., Коблякова Е.Б., Ивлева Г.С., Ивлева Р.В. Размерная типология населения с основами анатомии и морфологии / Под ред. Е.Б.Кобляковой. — М.: Мастерство; изд. центр «Академия», 2001. 288 с.
14. Динамические испытания систем «кресло-средства фиксации» и средств обеспечения безопасности людей на само-

летах транспортной категории / Рекомендательный циркуляр к Части 25 Федеральных авиационных правил США (ФАР).

15. Защита противоударная членов экипажа и пассажиров самолетов и вертолетов. Методы оценки травмобезопасности / Методические указания МУ 1.1.284-2001. 8 с.
16. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Принципы организации контроля и оптимизации функционального состояния операторов // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 1. С. 4-10.
17. Ушаков И.Б., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. Физиология труда и надежность деятельности человека. М.: Наука, 2008. 318 с.
18. Горячкина Т.Г., Ушаков И.Б., Евдокимов В.И., Богомолов А.В. Методико-методологические рекомендации авторам инноваций по диагностике функционального состояния человека-оператора // Технологии живых систем. 2006. Т. 3. № 3. С. 33-38.
19. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Паттерны функциональных состояний операторов. М.: Наука, 2010. 390 с.
20. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Методологические аспекты динамического контроля функциональных состояний операторов опасных профессий // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2010. № 4-2. С. 6-12.

References

1. Alekseev S.M., Balkind Ja.V., Gershkovich A.M. i dr. Sredstva spasenija jekipazha samoleta. M.: Oborongiz, 1975. 450 s. (in Russian).
2. Severin G.I. Katapul'tiruemye kresla novogo pokolenija – vysshie tehnicheckie dostizhenija // Aviapanorama. — Nojabr'-dekabr', 1997. S. 33-35. (in Russian).
3. Pozdnjakov S.S., Livshic A.N., Shibanov V.Ju. Osnovnye tendencii v sovershenstvovanii katapul'tnyh kresel // Polet. Obshherossijskij nauchno-tehnicheckij zhurnal. 2011. № 5. S. 52-60. (in Russian).
4. Moiseev Ju.B., Shibanov V.Ju., Ovcharov V.E., Radchenko M.I., Chernuha V.N. Sistemnyj analiz jevoljucii aviacionnyh

katapul'tnyh kresel i prioritetnye napravlenija povyshenija ih jergonomichnosti // Oboronnyj kompleks — nauchno-tehnicheckomu progressu Rossii. 2013. № 4 (120). S. 24-30. (in Russian).

5. Moiseev Ju.B., Kukushkin Ju.A., Bogomolov A.V., Lozbin A.S. Metod rascheta ocenki povrezhdajushhego dejstvija impul'sa vozdushnogo davlenija pri katapul'tirovanii letnogo sostava // Problemy bezopasnosti poletov. 2010. № 11. S. 28-39. (in Russian).
6. Buhtijarov I.V., Kukushkin Ju.A., Vasil'ev A.Ju. i dr. Ocenka kumuljativnyh jeffektov vlijanija pilotazhnyh peregruzok na shejnyj otdel pozvonochnika metodom metaanaliza // Aviakosmicheskaja i jekologicheskaja medicina. 2001. № 3. S. 18. (in Russian).
7. Stupakov G.P., Kozlovskij A.P., Kazejkin V.S. Biomehanika pozvonochnika pri udarnyh peregruzkah v praktike aviacionnyh i kosmicheskij poletov. L.: Nauka, 1987. 240 s. (in Russian).
8. Moiseev Ju.B., Shibanov V.Ju., Strahov A.Ju. Vozdejstvie peregruzki pri katapul'tirovanii na bol'shij skorostjah poleta samoleta // Polet. Obshherossijskij nauchno-tehnicheckij zhurnal. 2009. № 12. S. 9-15. (in Russian).
9. Kukushkin Ju.A., Soldatov S.K., Bogomolov A.V., Shmakova L.V. Opredelenie verojatnosti vozniknovenija pervichnyh travm vozdejstvii udarnoj volny // Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. 2010. № 9. S. 43-46. (in Russian).
10. Kostanbaev V.S., Moiseev Ju.B., Sholohov V.A. Korrigirujushhaja kushetka tipa «KVS» dlja vosstanovlenija funkcional'nogo sostojanija pozvonochnika, profilaktiki i lechenija klinicheskijh projavlenij osteohondroza pozvonochnogo stolba // Medicinskaja tehnika. — 2010. — № 1. S.41-46. (in Russian).
11. Kukushkin Ju.A., Bogomolov A.V., Guzij A.G. Principy postroenija sistemy obespechenija zhiznedejatel'nosti operatorov sistem «chelovek-mashina», adaptivnyh k ih funkcional'nomu sostojaniju // Mehatronika, avtomatizacija, upravlenie. 2005. № 3. S. 50. (in Russian).
12. Antropometrija letnogo sostava. Staticheckie i dinamicheckie razmery. — GOST V 24951-81. M.: izd. standartov, 1982. (in Russian).