

УДК 355.234:376.7

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ ТРАВМОБЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АВАРИЙНОЙ ПОСАДКЕ КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ

Ю.Б. Моисеев, Р.Р. Каспранский, С.П. Рыженков

Докт. мед. наук, проф. Ю.Б. Моисеев; канд. мед. наук Р.Р. Каспранский,
(ФГБУ «ФНКЦ КМ» ФМБА России)
Канд. мед. наук С.П. Рыженков (ФМБА России)

В статье рассматриваются существующие подходы к оценке травмобезопасности членов экипажей космических кораблей в случае аварийной посадки спускаемого аппарата. Намечены пути разработки соответствующей методики применительно к перспективному креслу космонавта.

Ключевые слова: травмобезопасность, ударная перегрузка, аварийная посадка спускаемого аппарата космического корабля, позвоночник

Issues of Evaluating the Injury Safety at Emergency Landing of a Spacecraft. Yu.B. Moiseev, R.R. Kaspransky, S.P. Ryzhenkov

The article examines existing approaches to assessing the injury safety of spacecraft crewmembers in the event of descent module emergency landing. Ways have been outlined for the development of an appropriate technique in relation to a perspective cosmonaut's chair.

Keywords: injury safety, shock overload, emergency landing of spacecraft descent module, spine

Безопасность посадки спускаемого аппарата космического корабля обеспечивается слаженной работой сложной технической системы. Применительно к современным кораблям типа «Союз» она представлена парашютно-реактивной системой мягкой посадки в составе основного парашюта, запасного парашюта и двигателей мягкой посадки, расположенных на днище спускаемого аппарата, и индивидуальными средствами защиты – амортизационными креслами типа «Казбек» [1]. Вместе с тем, как и в работе всякой сложной системы, в системе обеспечения мягкой посадки возможны отказы, что приводит к аварийным приземлениям. Так, А.С. Барер [2] упоминает о двух эпизодах посадки в аварийном режиме в связи с отказом двигателей мягкой посадки. Аварийное приземление сопровождается возникновением больших ударных перегрузок, представляющих опасность для жизни и здоровья членов экипажа [1]. В этих ситуациях значительную роль в смягчении ударного воздействия на космонавта берет на себя именно амортизационное кресло. Результаты испытаний и реальных аварийных случаев показали его высокую защитную эффективность.

В настоящее время разрабатывается перспективный российский космический корабль, который планируется оснастить новым амортизационным

креслом, конструктивно отличным от кресла «Казбек». Это вновь ставит вопрос об оценке травмобезопасности члена экипажа, особенно в условиях аварийной посадки. Анализ существующих подходов и проблемных вопросов, связанных с количественной оценкой риска травмирования космонавтов при аварийной посадке, явился целью настоящей работы.

Рассмотрим методику испытаний, послужившую основой для оценки существующей системы противоударной защиты члена экипажа, размещенного в кресле типа «Казбек». В ее основе лежат эксперименты с участием добровольцев-испытателей, размещавшихся в макете данного кресла и подвергавшихся ударным воздействиям [2]. В качестве главного критерия допустимости воздействия использовался отзыв испытателя («допустимо», «воздействие можно увеличить» и т. п.), остальные показатели (результаты врачебного осмотра, включавшего терапевтическое, неврологическое и хирургическое обследование; регистрация ЭКГ, ЭЭГ, частоты дыхания, клинико-биохимические анализы крови и мочи) носили вспомогательный характер. Максимальная перегрузка, перенесенная испытателями, считается допустимой. В последующем, при модернизации кресла, параметры этой перегрузки (график изменений ускорения во времени) служили эталоном для сравнения с результатами, полученными в испытаниях с использованием массогабаритных аналогов тела человека – антропоморфных манекенов.

Несмотря на большую роль, которую данная методика сыграла в деле обеспечения безопасности космонавтов, для нашей цели она не применима. Это связано с целым рядом обстоятельств.

Во-первых, она создавалась применительно к конкретному креслу – креслу типа «Казбек», обладающему уникальными конструктивными особенностями. Очевидно, что взаимодействие системы «тело человека – опорные поверхности кресла – система фиксации» под влиянием динамической нагрузки будет в значительной мере зависеть от механических свойств кресла, обусловленных как свойствами материалов, из которых оно изготовлено, так и конструктивными особенностями. Изменения в конструкции и в наборе материалов неизбежно повлияют на такое взаимодействие и, соответственно, на переносимость человеком ударного воздействия. Уже только поэтому результаты, полученные в испытаниях на кресле «Казбек», не могут напрямую переноситься на оценку данных, зарегистрированных в экспериментах, проводимых с другим типом кресла.

Во-вторых, методика не дает количественной характеристики травмобезопасности. Она дает только качественный ответ – допустимо или недопустимо ударное воздействие на человека, размещенного в кресле типа «Казбек».

В-третьих, физиологические результаты были получены в экспериментах с участием ограниченного числа опытных, физически крепких испытуемых-мужчин (применительно к программе «Союз», судя по статье [2], не более семи). Безусловно, полученные данные могут свидетельствовать о средней устойчивости человека в данных условиях динамического нагружения,

однако дать представление о переносимости ударного воздействия различными категориями космонавтов они не способны. Это связано с широкой вариабельностью переносимости ударных перегрузок в человеческой популяции. Так, например, динамической прочности позвоночника, лимитирующей устойчивостью к ударной перегрузке «голова – таз» здоровыми мужчинами в возрасте 20–40 лет, соответствует средняя величина перегрузки 27 ед. при среднем квадратичном отклонении 7,09 ед. (для длительности 50–70 мс) [3]. Это значит, что перелом тела позвонка 5 % наименее устойчивых здоровых мужчин получают при действии ударной перегрузки 15,3 ед., а 5 % наиболее устойчивых смогут перенести воздействие в 38,7 ед.

В-четвертых, полученные в экспериментах результаты не позволяют судить об устойчивости к ударному воздействию женщин-космонавтов, поскольку в испытаниях участвовали только мужчины. Имеющиеся в научной литературе данные свидетельствуют о том, что переносимость ударных перегрузок, по крайней мере, направления голова – таз у мужчин и женщин могут различаться [3].

И, наконец, в-пятых, методика не учитывает влияния факторов космического полета на переносимость человеком ударных перегрузок. Многочисленными исследованиями показано, например, влияние невесомости на плотность костной ткани [4] и, следовательно, на ее прочностные свойства [5, 6]. Кроме того, вследствие весовой разгрузки отмечается удлинение позвоночного столба (роста сидя) [7] вследствие увеличения высоты межпозвонковых дисков, а также уменьшения и ослабления паравертебральных мышц [8], изменяется кривизна позвоночного столба [9]. Данные явления могут негативно сказаться на реакции системы «позвоночный столб» на ударное воздействие.

Заметных успехов достигли зарубежные исследователи в направлении обоснования требований к системе спасения экипажа перспективного космического корабля и методики их проверки.

На основе экспертных оценок и результатов математического моделирования были сформулированы требования к уровню безопасности астронавтов корабля «Орион» [10, 11]. При этом требования дифференцировались в зависимости от степени возможных повреждений (легкие, умеренные, тяжелые, опасные для жизни), а также условий посадки (штатные и нештатные условия) табл. 1.

Эти требования были включены в официальные документы НАСА [12] для использования разработчиками космических систем.

Подробно разработана методика испытаний травмобезопасности. Оценка строится на основе результатов динамических испытаний с использованием антропоморфного испытательного манекена – физического аналога тела человека, оснащенного регистрирующей аппаратурой и обладающего размерными и механическими характеристиками, позволяющими на приемлемом уровне моделировать кинематические и динамические реакции на

Таблица 1

Приемлемые уровни риска для экипажа космического корабля «Орион», %

Характеристика травм	Класс повреждений	Условия посадки	
		штатные (более 95 % всех случаев)	нештатные (менее 5 % всех случаев)
Легкие	I	< 4	< 23
Средние	II	< 1	< 4
Тяжелые	III	< 0,1	< 0,7 < 1 *
Опасные для жизни	IV	< 0,1	< 0,7

* Требование действительно для ситуации, когда поисково-спасательные силы получают доступ к членам экипажа в течение 30 мин после происшествия.

ударное воздействие. В качестве такого манекена предлагается использовать изделие Thor, разработанное специалистами из США. Такой подход является традиционным и широко используется в мировой практике оценки эффективности противоударной защиты экипажей и пассажиров транспортных средств: автомобилей [13], самолетов и вертолетов [14–18].

Выбраны следующие показатели, на основе которых проводится расчет риска травмирования [12]:

- индекс динамической реакции (Dynamic Reaction Index – DRI) – расчетная величина, получаемая в результате математического моделирования с помощью одномассовой модели реакции тела человека на ударное воздействие произвольного вектора, разработанный Дж. Бринкли. При моделировании используются характеристики ударной перегрузки, зарегистрированной в испытаниях;

- показатель повреждения головы (Head Injury Criterion – HIC) – расчетная безразмерная величина, получаемая на основе математической обработки по специальному алгоритму характеристики ударной перегрузки, зарегистрированной в испытаниях в «голове» манекена;

- критерий повреждения головного мозга при повороте головы (Rotational Brain Injury Criteria – BRIC), рассчитываемый по результатам измерения угловой скорости и угловой перегрузки, зарегистрированной в испытаниях в «голове» манекена;

- пиковое растягивающее усилие, зарегистрированное в верхней части «шеи» манекена;

- пиковое сжимающее усилие, зарегистрированное в верхней части «шеи» манекена;

- максимальная деформация «груди» манекена, зарегистрированная с помощью четырех датчиков;

- вращательные моменты, зарегистрированные в области «лодыжек» манекена;

- контактное усилие соударения конечностей и головы с окружающими объектами.

Каждый из полученных показателей сопоставляется с нормативными значениями (табл. 2), на основании чего дается заключение о допустимости или недопустимости ударного воздействия. Нормативные значения учитывают функциональное состояние астронавта. Влияние неблагоприятных факторов полета, прежде всего невесомости длительностью до 6 месяцев, приводящее к снижению прочности костной ткани, оценивается понижающим коэффициентом 0,86 для позвоночника и 0,75 для бедра.

Таблица 2

Предельно допустимые величины показателей,
полученных в результате динамических испытаний с манекеном Thor

Показатель	Состояние астронавта	
	перед полетом	после невесомости
НІС, усл. ед.	100	100
ВRІС, усл. ед.	0,48	0,48
Растягивающее усилие в шее, Н	870	750
Сжимающее усилие в шее, Н	830	710
Максимальная деформация «груди», мм	30	30
Вращательные моменты, зарегистрированные в области «лодыжек»:		
– разгибание, Нм	18	14
– пронация, Нм	17	13
– супинация, Нм	17	13
Контактная сила, Н	170	130

Разработанный американскими специалистами подход заслуживает внимания, однако не может напрямую использоваться в интересах оценки эффективности противоударной защиты космонавта, размещенного в кресле «Чегет». Во-первых, в нашей стране отсутствует антропоморфный измерительный манекен Thor и, учитывая сложившуюся международную обстановку, в обозримом будущем он вряд ли появится.

Во-вторых, предлагаемая для оценки риска травмирования при действии линейных ударных перегрузок математическая модель Дж. Бринкли имеет ряд заметных недостатков, о чем пишут специалисты НАСА [19]. К их числу относятся, например, недостаточно подкрепленная экспериментальными данными связь между риском реальных повреждений человека и реакцией модели на любой вектор ударных перегрузок, кроме направления голова – таз. Но даже для этого направления установлена связь реакции с вероятностью травмирования груднопоясничного отдела позвоночника, хотя практика изучения исходов катапультирования и аварийных приземлений летательных аппаратов свидетельствует о возможности переломов позвонков другой локализации. Кроме того, с помощью данной модели невозможно надежно оценить влияние снаряжения (дополнительной массы, избыточного

давления в скафандре и т. д.), изменения позы человека на исход ударного воздействия. Модель также не учитывает влияние таких факторов, как возраст, пол, различия в антропометрических характеристиках астронавтов. Модель верифицировалась на основе травматизма летного состава при аварийных покиданиях самолета. Однако имеются данные, что плотность костной ткани у американских летчиков на 15–20 % выше, чем в среднем по популяции [19]. А это один из важнейших факторов устойчивости к действию ударной перегрузки «голова – таз»!

Вызывают определенные сомнения и коэффициенты снижения устойчивости, которые легли в основу учета влияния факторов космического полета на переносимость ударного воздействия. Так, по мнению видного специалиста Г.П. Ступакова, переносимость ударных перегрузок после длительного пребывания в невесомости может снижаться на 30 % [6].

Существуют и иные существенные пробелы, для устранения которых разработана целая программа исследований.

Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время ни в нашей стране, ни за рубежом не существует методики, полностью пригодной для полноценной оценки травмобезопасности космонавта при аварийной посадке спускаемого аппарата перспективного космического корабля. При разработке такой методики считаем перспективным ориентироваться на подход, примененный специалистами НАСА, положив в основу динамические испытания с использованием физического аналога тела человека – антропоморфного измерительного манекена. Поскольку в нашей стране имеются только манекены типа Hybrid-III, предстоит проработать критерии оценки травмобезопасности с учетом специфики и условий деятельности космонавтов. По нашему мнению, это означает, во-первых, четко и однозначно обосновать количественный уровень травмобезопасности, который должен быть обеспечен системой посадки; во-вторых, определить потенциально возможные виды повреждений, в отношении к которым этот уровень необходимо оценивать, и уже на этой основе строить методики оценки. Так, специалисты НАСА, по-видимому, формируя свой достаточно широкий перечень показателей (см. табл. 2 и критерии реакции на удар – единицы DRI), ориентировались в большей степени на возможности измерительной аппаратуры. Об этом свидетельствует, например, включение в него характеристик нагружения «лодыжек» манекена, с вероятностью повреждения которых, возможно, при аварийных посадках спускаемого аппарата сталкиваться не придется.

Безусловно, данная работа будет проводиться не с нулевого уровня. Существует серьезный научно-технический задел, сформированный как в ходе создания ныне действующей системы посадки спускаемых аппаратов космических кораблей, так и при разработке средств противударной защиты экипажей летательных аппаратов [20–27].

Выводы

1. Полноценная методика количественной оценки травмобезопасности космонавта, размещенного в перспективном кресле члена экипажа, в настоящее время отсутствует.

2. Для того, чтобы реализовать имеющиеся научно-технические заделы в части разработки методики оценки травмобезопасности космонавта, размещенного в перспективном кресле члена экипажа, необходимо выполнить ряд последовательных шагов:

- однозначно определить потенциально опасные повреждения организма, предотвратить которые должна система противоударной защиты космонавта;

- на этой основе задать величины допустимого уровня таких повреждений для условий аварийных посадок спускаемого аппарата;

- провести ревизию существующих показателей, которые должны использоваться для оценки риска повреждений;

- провести исследования, необходимые для уточнения соответствующих показателей;

- на этой основе сформировать методики количественной оценки травмобезопасности космонавта при посадке спускаемого аппарата космического корабля.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рабинович, Б.А. Безопасность космонавта при посадочном ударе спускаемого космического аппарата о грунт. – Москва: Книга и бизнес, 2014. – 278 с.
- [2] Барер, А.С. Предел переносимости: очерки об устойчивости человека к неблагоприятным факторам авиационного и космического полетов. – Москва: БЛОК-Информ-Экспресс, 2012. – 428 с.
- [3] Оганов, В.С. Костная система, невесомость и остеопороз. – Москва: Слово, 2003. – 260 с.
- [4] Ступаков, Г.П. Биомеханика позвоночника при ударных перегрузках в практике авиационных и космических полетов / Г.П. Ступаков, А.П. Козловский, В.С. Казейкин. – Ленинград: Наука, 1987. – 240 с.
- [5] Ступаков, Г.П. Костная система и невесомость / Г.П. Ступаков, А.И. Воложин. – Москва: Наука, 1989. – 184 с.
- [6] Григорьев, А.И. Минеральный обмен у человека в условиях измененной гравитации / А.И. Григорьев, А.И. Воложин, Г.П. Ступаков. – Москва: Наука, 1994. – 214 с.
- [7] Anthropometric Source Book. Vol. 1: Anthropometry for Designers / NASA. 1978-07-01. – URL: archive.org/details/nasa_techdoc_19790003563/mode/2up.
- [8] Lumbar Spine Paraspinal Muscle and Intervertebral Disc Height Changes in Astronauts After Long-Duration Spaceflight on the International Space Station / D.G. Chang, R.M. Healey, A.J. Snyder [et al.] // Spine. – 2016. – Vol. 41. – P. 1917–24.
- [9] From the International Space Station to the Clinic: How Prolonged Unloading May Disrupt Lumbar Spine Stability / J.F. Bailey, S.L. Miller, K. Khieu [et al.] // J. Spine, 2018 Jan. – Vol. 18(1). – P. 7–14. DOI:10.1016/j.spinee. 2017.08.261

- [10] Somers, J.T. Final NASA Panel Recommendations for Definition of Acceptable Risk of Injury due to Spaceflight Dynamic Events / J.T. Somers, N. Newby, J. Vells // National Aeronautics and Space Administration. DOI:10.13140/RG.2.1.4180.4965
- [11] Human Factors, Habitability, and Environmental Health / NASA Space Flight Human-System Standard; NASA-STD-3001. – Vol. 2, Revision B. – P. 333.
- [12] Human Integration Design Handbook (HIDH) / NASA-SP-2010-3407/REV1. – 2010. – P. 1301.
- [13] Euro NCAP: Википедия – свободная энциклопедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Euro_NCAP (дата обращения: 21.02.2023). – Загл. с экрана. – Текст, изображение: электронные.
- [14] Авиационные правила. Ч. 29. Нормы летной годности винтокрылых аппаратов транспортной категории. – Москва: Авиаиздат, 2003. – С. 129.
- [15] Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. – Москва: Авиаиздат, 2015. – 290 с.
- [16] Авиационные правила. Часть 23. Нормы летной годности гражданских легких самолетов. – Москва: Авиаиздат, 2000. – 145 с.
- [17] Military Standard Light Fixed and Rotary Wing Aircraft Crash Resistance. MIL-STD-1290 A(AV). – 1988. – P. 28.
- [18] Seat System: Crash Resistant, Non-ejection, Aircrew General Specification for. MIL-ST-58095 A(AV). – 1986. – P. 15.
- [19] Somers, J.T. Application of the Brinkley Dynamic Response Criterion to Spacecraft Transient Dynamic Events / J.T. Somers, D. Gohmert, J.W. Brinkley // NASA/TM-2013-217380. – 2013. – 91 p.
- [20] Лившиц, А.Н. Аварийное покидание летательного аппарата. – Москва: Радис-РРЛ, 2015. – 596 с.
- [21] Дергунов, Н.И. Звезда. Годы, события, люди. Кн.1. – Н.-Новгород: ДЕКОМ, 2020. – 324 с.
- [22] Дергунов, Н.И. Звезда. Годы, события, люди. Кн. 2. – Н.-Новгород: ДЕКОМ, 2020. – 312 с.
- [23] Эргономические технологии разработки и испытаний вертолетов «Ми» / Под общ. ред. А.Г. Самусенко, Г.П. Ступакова, А.В. Чунтула. – Москва: ОАО «МВЗ им. Миля», МОО «Ассоциация журналистов...», 2012. – 288 с.
- [24] Шибанов, В.Ю. Особенности антропометрического манекена типа Hybrid при оценке ударного воздействия на голову / В.Ю. Шибанов, Ю.Б. Моисеев, В.А. Наумов, С.П. Рыженков // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2020. – Т. 54. – № 2. – С.77–82.
- [25] Моисеев, Ю.Б. Некоторые особенности реакции позвоночного столба человека на ударное воздействие / Ю.Б. Моисеев // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2020. – Т. 54. – № 2. – С. 72–76.
- [26] Рыженков, С.П. Медико-биологические и эргономические аспекты противоударной защиты членов экипажей бронемашин / С.П. Рыженков, Ю.Б. Моисеев // Военно-медицинский журнал. – 2020. – № 6. – С. 59–63.
- [27] Моисеев, Ю.Б. Некоторые медицинские проблемы создания перспективного противоударного кресла для членов экипажа спускаемых аппаратов космических кораблей / Ю.Б. Моисеев, С.М. Дворников // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2018. – Т. 52. – № 7. – С. 164–165.

REFERENCES

- [1] Rabinovich, B.A. Cosmonaut Safety when Descent Module Touchdown. – Moscow: Book and Business, 2014. – 278 p.
- [2] Barer, A.S. Tolerance Limit: Essays on Human Resistance to Adverse Factors of Aviation and Space Flights. – Moscow: BLOCK-Inform-Express, 2012. – 428 p.
- [3] Oganov, V.S. Skeletal System, Weightlessness and Osteoporosis. – Moscow: Slovo, 2003. – 260 p.
- [4] Stupakov, G.P. Biomechanics of Spine during Shock Overloads in the Practice of Aviation and Space Flights / G.P. Stupakov, A.P. Kozlovsky, V.S. Kazeikin. – Leningrad: Nauka, 1987. – 240 p.
- [5] Stupakov, G.P. Skeletal System and Weightlessness / G.P. Stupakov, A.I. Volozhin. – Moscow: Nauka, 1989. – 184 p.
- [6] Grigoriev, A.I. Mineral Metabolism of a Human Being under Conditions of Altered Gravity / A.I. Grigoriev, A.I. Volozhin, G.P. Stupakov. – Moscow: Nauka, 1994. – 214 p.
- [7] Anthropometric source book. Vol. 1: Anthropometry for designers / NASA. 1978-07-01. – URL:https://archive.org/details/nasa_techdoc_19790003563/mode/2up.
- [8] Lumbar Spine Paraspinal Muscle and Intervertebral Disc Height Changes in Astronauts After Long-Duration Spaceflight on the International Space Station / D.G. Chang, R.M. Healey, A.J. Snyder [et al.] // Spine. – 2016. – Vol. 41. – P. 1917–24.
- [9] From the International Space Station to the Clinic: How Prolonged Unloading May Disrupt Lumbar Spine Stability / J.F. Bailey, S.L. Miller, K. Khieu [et al.] // J. Spine, 2018 Jan. – Vol. 18(1). – P. 7–14. DOI:10.1016/j.spinee. 2017.08.261
- [10] Somers, J.T. Final NASA Panel Recommendations for Definition of Acceptable Risk of Injury due to Spaceflight Dynamic Events / J.T. Somers, N. Newby, J. Vells // National Aeronautics and Space Administration. DOI:10.13140/RG.2.1.4180.4965
- [11] Human Factors, Habitability, and Environmental Health / NASA Space Flight Human-System Standard; NASA-STD-3001. – Vol. 2, Revision B. – P. 333.
- [12] Human Integration Design Handbook (HIDH) / NASA-SP-2010-3407/REV1. – 2010. – P. 1301.
- [13] Euro NCAP: Wikipedia – Free Encyclopedia. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Euro_NCAP (Accessed: 02/21/2023). – Text, Image: Electronic Version.
- [14] Aviation Rules. Part 29. Airworthiness Standards for Transport Category Rotorcraft. – Moscow: JSC Aviaizdat, 2003. – P. 129.
- [15] Aviation Rules. Part 25. Airworthiness Standards for Transport Category Aircraft. – Moscow: JSC Aviaizdat, 2015. – 290 p.
- [16] Aviation Rules. Part 23. Airworthiness Standards for Civil Light Aircraft. – Moscow: JSC Aviaizdat, 2000. – 145 p.
- [17] Military Standard Light Fixed and Rotary Wing Aircraft Crash Resistance. MIL-STD-1290 A(AV), 1988. – P. 28.
- [18] Seat System: Crash Resistant, Non-ejection, Aircrew General Specification for MIL-ST-58095 A(AV), 1986. – P. 15.
- [19] Somers, J.T. Application of the Brinkley Dynamic Response Criterion to Spacecraft Transient Dynamic Events / J.T. Somers, D. Gohmert, J.W. Brinkley // NASA/TM-2013-217380. – 2013. – 91 p.
- [20] Livshits, A.N. Aircraft Emergency Escape. – Moscow: Radis-RRL, 2015. – 596 p.
- [21] Dergunov, N.I. Star. Years, Events, People. Book 1. – N.-Novgorod: DECOM, 2020. – 324 p.

- [22] Dergunov, N.I. Star. Years, Events, People. Book 2. – N.-Novgorod: DECOM, 2020. – 312 p.
- [23] Ergonomic Technologies for Mi-type Helicopters Development and Testing / Ed. A.G. Samusenko, G.P. Stupakova, A.V. Chuntula. – Moscow: JSC “MVZ named by Mil”, International Public Organization “Association of Journalists...”, 2012. – 288 p.
- [24] Shibanov, V.Yu. Features of Anthropometric Hybrid-type Dummy in Assessing the Impact on the Head / V.Yu. Shibanov, Yu.B. Moiseev, V.A. Naumov, S.P. Ryzhenkov // Aerospace and Ecological Medicine. – 2020. – V. 54. – No 2. – P. 77–82.
- [25] Moiseev, Yu.B. Some Features of Human Spinal Column Reaction to Impact / Yu.B. Moiseev // Aerospace and Ecological Medicine. – 2020. – V. 54. – No 2. – P. 72–76.
- [26] Ryzhenkov, S.P. Medico-biological and Ergonomic Aspects of Shock Protection for Crewmembers of Armored Vehicles / S.P. Ryzhenkov, Yu.B. Moiseev // Military Medical Journal. – 2020. – No 6. – P. 59–63.
- [27] Moiseev, Yu.B. Some Medical Problems of Creating a Perspective Shockproof Seat for Crewmembers of Spacecraft Descent Modules / Yu. B. Moiseev, S.M. Dvornikov // Aerospace and Ecological Medicine. – 2018. – V. 52. – No 7. – P. 164–165.