

УДК 629.7.047

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИРУЕМОГО
ПОД РЕБЕНКА АВИАЦИОННОГО ПАССАЖИРСКОГО КРЕСЛА**© 2023 В.А. Парфенов¹, К.В. Парфенов²¹Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия²Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет),
г. Москва, Россия

Статья поступила в редакцию 10.07.2023

Предложена конструкция адаптируемого авиационного пассажирского кресла, обеспечивающего возможность трансформации его опорных поверхностей в вариант для ребенка и взрослого. Выполнено исследование методом конечных элементов боковых перемещений антропоморфной модели ребенка трех лет в предлагаемой конструкции кресла и в стандартной под действием расчетных нагрузок.

Ключевые слова: пассивная безопасность, пассажирское кресло, антропоморфная модель, устройство фиксации, антропоморфная модель, энергия деформации.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4(2)-191-197

EDN: DVUUTK

ВВЕДЕНИЕ

Пассажирское кресло с ремнями безопасности – одни из основных элементов пассивной безопасности пассажира на всех этапах полета. Пассажир должен находиться в кресле и быть зафиксирован привязной системой ремней на этапах рулежки, взлета, захода на посадку и посадки. На эти этапы полета [1] приходится около 72% всех авиационных происшествий.

Требования авиационных нормативов [2] предписывают, что для каждого человека, достигшего двухлетнего возраста, должно быть предусмотрено отдельное кресло. Длина устройства фиксации должна быть регулируемой [4], чтобы обеспечить безопасную фиксацию пассажиров от двухлетнего возраста до взрослого мужчины. При этом в нормативных документах отсутствуют требования к регулированию посадочного места пассажирского кресла. Но антропометрические данные ребенка двух лет и взрослого мужчины существенно отличаются. Такая широкая универсальность пассажирского кресла практически исключает одинаково комфортную и безопасную посадку ребенка в кресло.

Основа современной гражданской авиации – эконом-класс. Размеры кресла эконом-класса жестко лимитированы и исключают использование в них детских кресел.

Парфенов В.А., начальник технологического бюро механического производства. E-mail: parfenoff71@mail.ru
Парфенов К.В., студент. E-mail: kirill1999vl@mail.ru

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ
АДАПТИРУЕМОГО
КРЕСЛА**

Для решения данной проблемы разработана конструкция адаптируемого пассажирского кресла [3], обеспечивающего возможность трансформации его опорных поверхностей и для ребенка, и для взрослого (рис. 1).

Трансформация в вариант для ребенка выполняется поворотом в шарнирном соединении на требуемый угол подвижных боковин 2, 3 панели сиденья с закрепленными на них подушками и подвижных боковин 5, 6 спинки кресла. Требуемое положение фиксируется. Преимущества: простой механизм; невысокие затраты на модификацию; возможна регулировка опорной поверхности, угла наклона и высоты ограничивающих подушек; удобство посадки как ребёнка, так и взрослого.

Предложенное кресло должно ограничивать подвижность ребенка при условии действия на него расчетных динамических нагрузок [5], в отличие от стандартного кресла. Для проверки предположения были разработаны трехмерные модели: стандартного кресла эконом-класса (рис. 2, а); предлагаемого кресла в положении для взрослого (рис. 2, б) и трансформированном для ребенка (рис. 2, в); антропоморфной модели ребенка трех лет со средними значениями роста $110,40 \pm 5,14$ см (рис. 2, г).

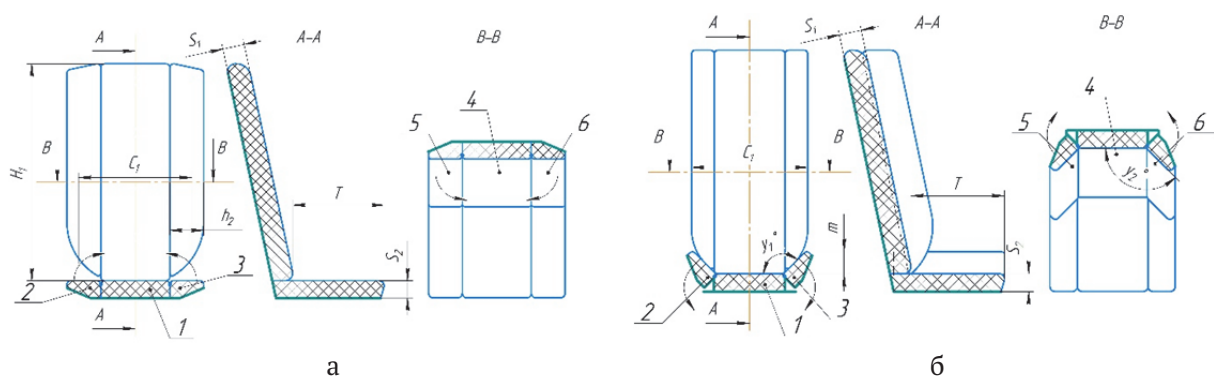


Рис. 1. Конструкция адаптируемого кресла до (а) и после трансформации (б)

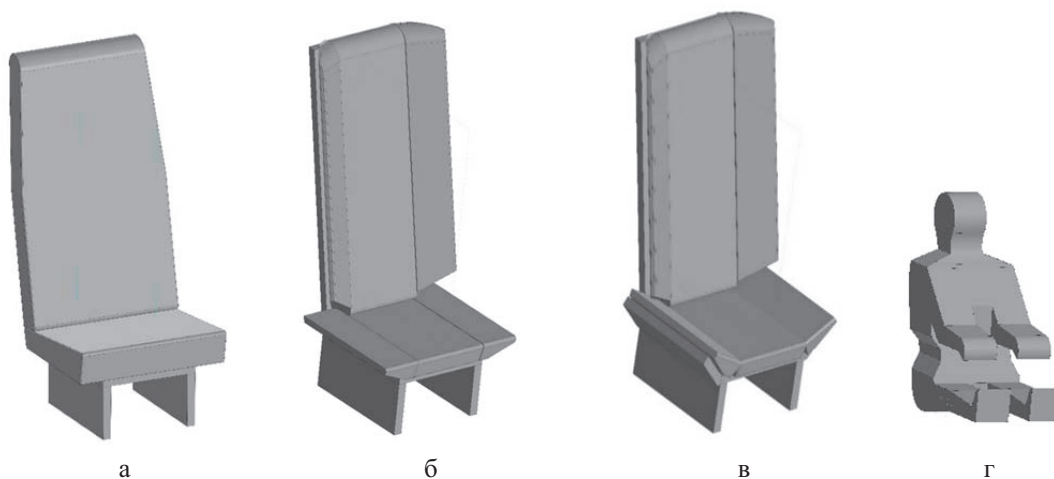


Рис. 2. Трехмерные модели кресел и антропоморфной модели ребенка

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОЙ И СТАНДАРТНОЙ КОНСТРУКЦИИ

В программе Ansys WB разработали конечно-элементную модель (рис. 3) и выполнили компьютерное моделирование перемещений антропоморфной модели ребенка трех лет в стандартном кресле.

Условились, что трансформация кресел не затрагивает силового каркаса для исключения испытаний согласно [2], [5]. Тип анализа: Transient

Structural (Динамический). Размерность задачи: число узлов 15534; число элементов 6846.

Определялись поверхности контактного взаимодействия. Далее к модели прикладывалось ускорение, разложенное по составляющим: $X + Z = 3g$, $Y = \pm 1,5g$. Закрепление «Fixed Support» - ограничение движения по всем осям, закрепление на ножках кресла.

Тело смоделировано в виде сосредоточенной массы (Point Mass) весом 14,95 кг. Для тела антропоморфной модели модуль Юнга, плотность,

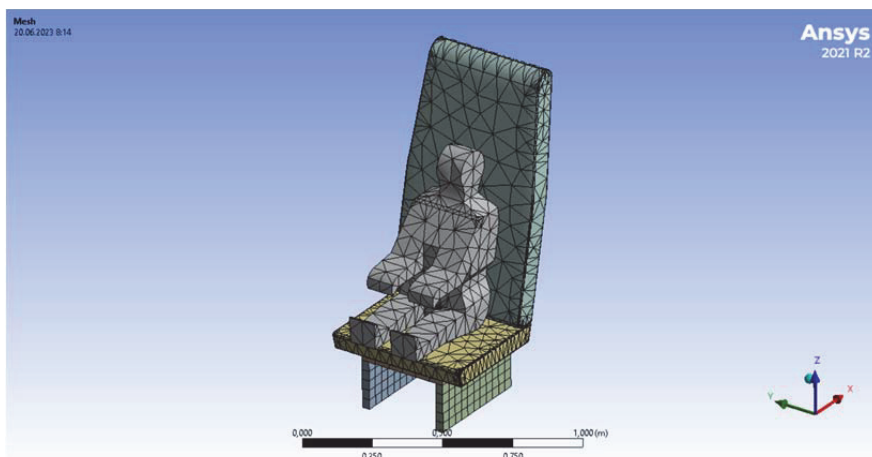


Рис. 3. Конечно-элементная модель в стандартном кресле

и коэффициент Пуассона брались из работы [6]. Для материала амортизирующих подушек (полиуретан) и стального каркаса кресел, данные брались из библиотеки Ansys для POLYURETH и Structural Steel, соответственно.

Максимальные деформации были через 0,18 секунды после приложения ускорения (рис.4). Дальнейшие результаты выводились для этого времени.

Перемещения антропоморфной модели ребенка трех лет в стандартном кресле от ускорения $X+Z = 3g$, $Y = -1,5g$ (вправо) и ускорения $X+Z = 3g$, $Y = 1,5g$ (влево) представлены на рисунке 5.

Согласно расчету (рис. 5) максимальное перемещение антропоморфной модели составило: от ускорения вправо $Y=11,32$ мм, от ускорения влево $Y=11,251$ мм.

Аналогичным образом выполнялись расчеты для предлагаемой конструкции адаптируемого под ребенка кресла. В программе Ansys WB разработали конечно-элементную модель (рис. 6) и выполнили компьютерное моделирование перемещений антропоморфной модели ребенка трех лет в адаптированном кресле. Размерность задачи: число узлов 18638; число элементов 7732.

Определялись поверхности контактного взаимодействия. Далее к модели прикладывалось ускорение, разложенное по составляющим: $X + Z = 3g$, $Y = \pm 1,5g$. Закрепление «Fixed Support» - ограничение движения по всем осям, закрепление на ножках кресла.

Максимальные деформации были через 0,17 секунды после приложения ускорения (рис.7).

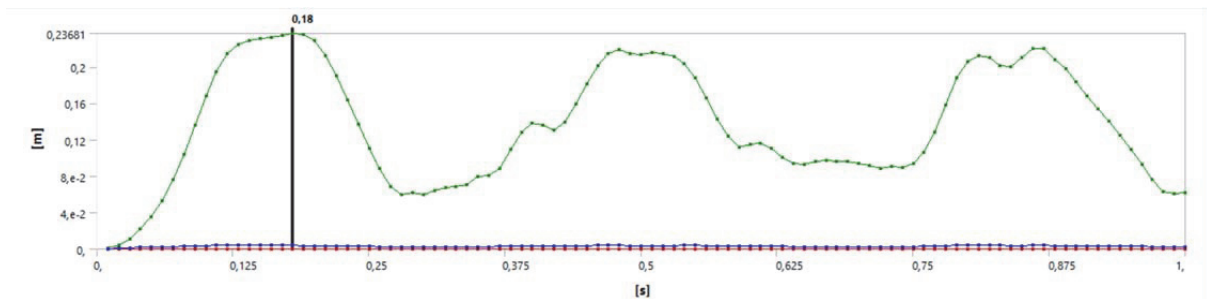
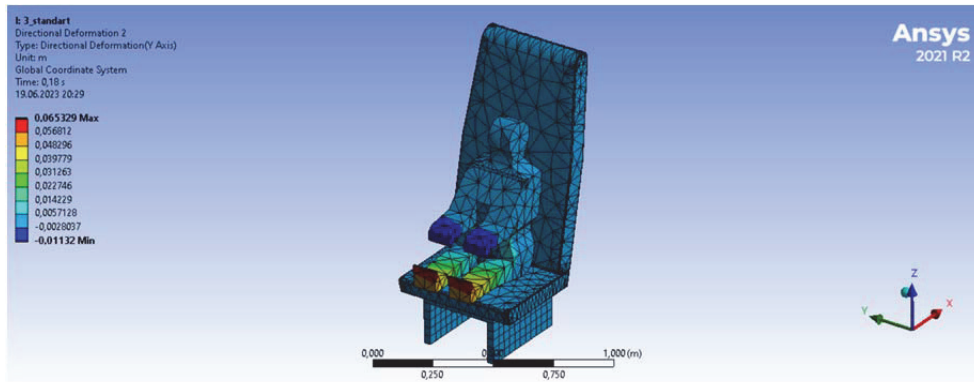
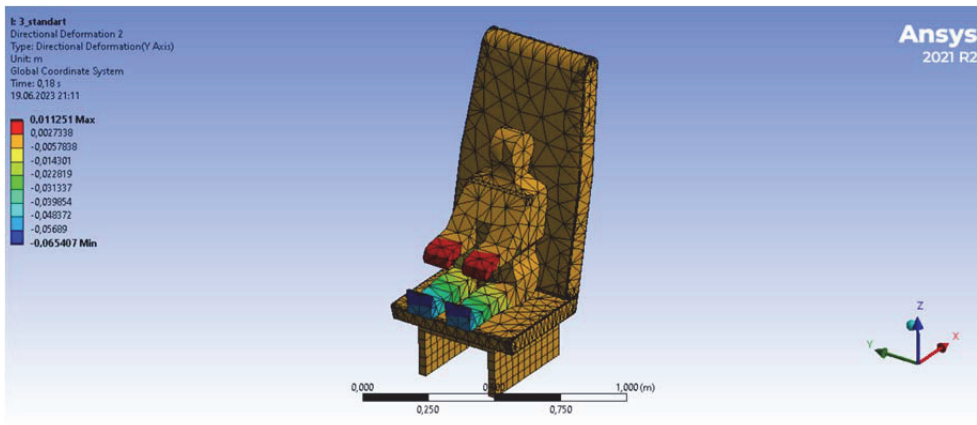


Рис. 4. График перемещений по времени для ускорения $X+Z = 3g$, $Y = \pm 1,5g$



а



б

Рис. 5. Перемещение по оси Y от ускорения вправо (а) и влево (б)

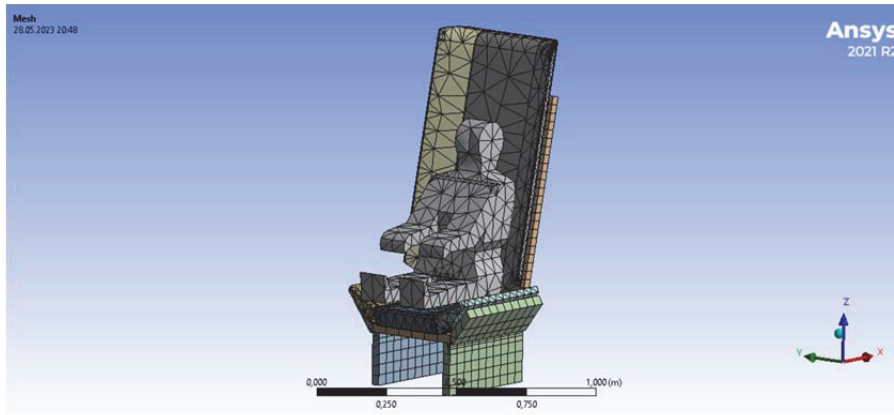


Рис. 6. Конечно-элементная модель в адаптированном кресле

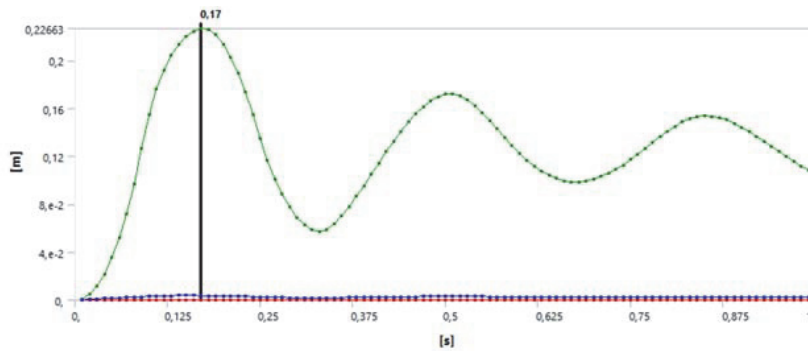
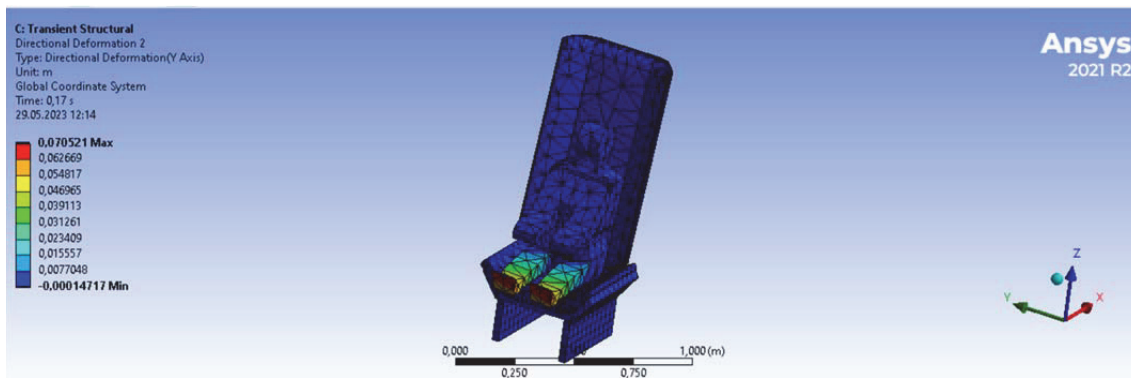
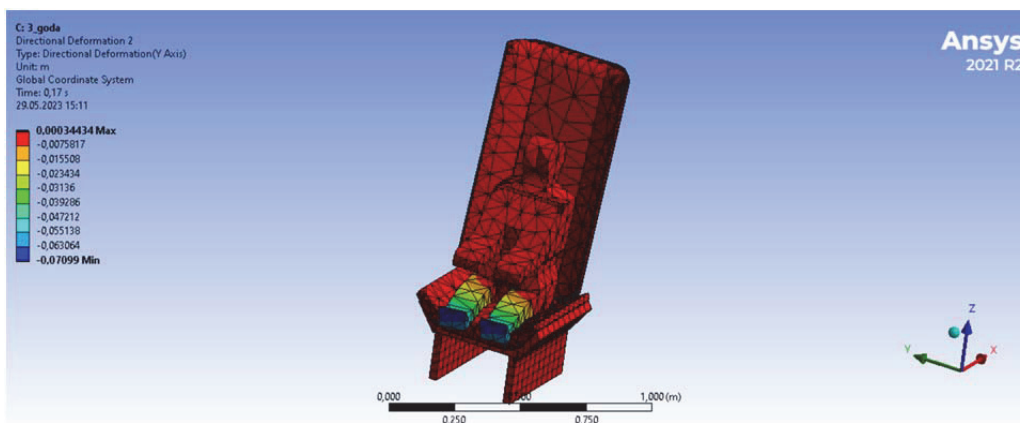


Рис. 7. График перемещений по времени для ускорения $X+Z = 3g$, $Y = \pm 1,5g$



а



б

Рис. 8. Перемещение по оси Y от ускорения вправо (а) и влево (б) в адаптированном кресле

Дальнейшие результаты выводились для этого времени.

Перемещения антропоморфной модели ребенка трех лет в предлагаемой конструкции кресла от ускорения $X+Z = 3g$, $Y = -1,5g$ (вправо) и ускорения $X+Z = 3g$, $Y = 1,5g$ (влево) представлены на рисунке 8.

Согласно расчету (рис. 8) максимальное перемещение антропоморфной модели составило: от ускорения вправо $Y=0,147$ мм, от ускорения влево $Y=0,344$ мм. Полученные расчетные перемещения сведены в таблицу 1.

Далее рассматривалась энергия деформации антропоморфной модели ребенка от приложенного ускорения в стандартном кресле (рис. 9) и предлагаемом адаптируемом кресле (рис. 10)

Полученные расчетные значения энергии деформации антропоморфной модели ребенка

в стандартном и предлагаемом кресле сведены в таблицу 2.

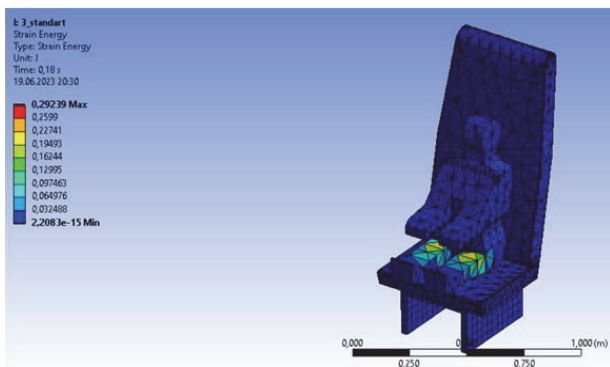
ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ выполненных расчетов показал, что перемещения антропоморфной модели ребенка трех лет в новом адаптируемом кресле в боковом направлении от приложенной расчетной нагрузки уменьшились по сравнению со стандартным креслом в 32,7...77. Следовательно, предлагаемая конструкция адаптируемого под ребенка кресла повышает безопасность пассажира при боковых ускорениях за счет существенного ограничения подвижности без снижения комфорта нахождения в кресле.

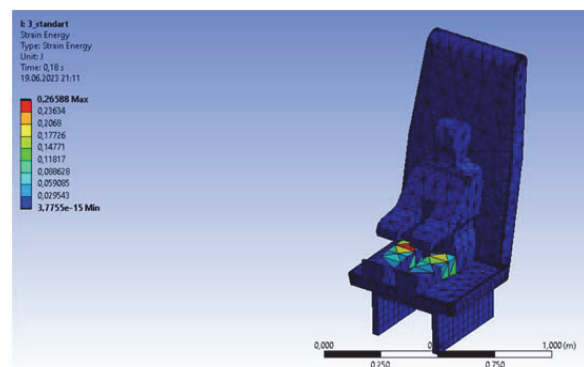
Уменьшение суммарной энергии деформации антропометрической модели ребенка под действием расчетных нагрузок в предлагаемой

Таблица 1. Перемещения антропоморфной модели от ускорения

Тип кресла	Стандартное кресло		Предлагаемое адаптируемое кресло	
Направление ускорения	$X + Z = 3g$, $Y = -1,5g$, мм	$X + Z = 3g$, $Y = 1,5g$, мм	$X + Z = 3g$, $Y = -1,5g$, мм	$X + Z = 3g$, $Y = 1,5g$, мм
Перемещение	11,32	11,251	0,147	0,344

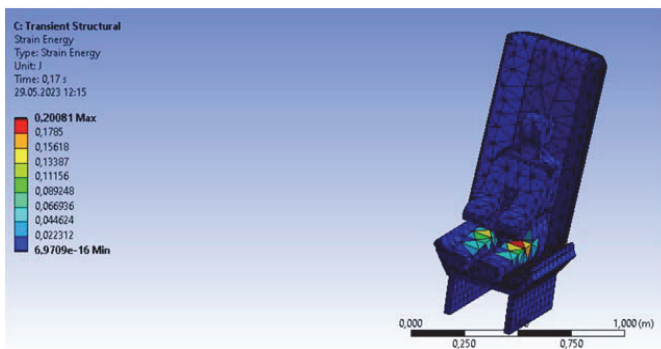


а

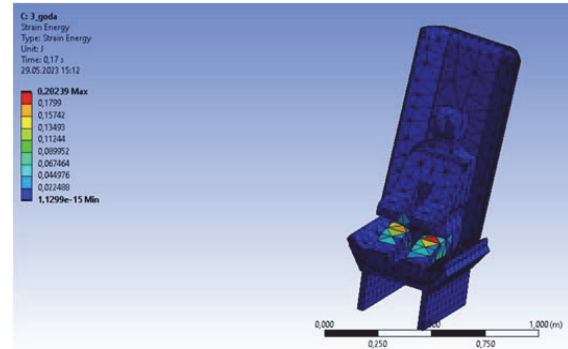


б

Рис. 9. Энергия деформации модели ребенка в стандартном кресле от ускорения $X + Z = 3g$, $Y = -1,5g$ (а), $X + Z = 3g$, $Y = 1,5g$ (б)



а



б

Рис. 10. Энергия деформации модели ребенка в предлагаемом кресле от ускорения $X + Z = 3g$, $Y = -1,5g$ (а), $X + Z = 3g$, $Y = 1,5g$ (б)

Таблица 2. Энергия деформации антропоморфной модели от ускорения

Тип кресла	Стандартное кресло		Предлагаемое адаптируемое кресло		Δ, %
	X + Z = 3g, Y = -1,5g	X + Z = 3g, Y = 1,5g	X + Z = 3g, Y = -1,5g	X + Z = 3g, Y = 1,5g,	
Направление ускорения	X + Z = 3g, Y = -1,5g	X + Z = 3g, Y = 1,5g	X + Z = 3g, Y = -1,5g	X + Z = 3g, Y = 1,5g,	
Энергия деформации, Дж	0,29239	0,26588	0,20081	0,20239	
Суммарная энергия деформации, Дж	0,55827		0,40320		-27,78%

конструкции адаптируемого кресла на 27,78% по сравнению со стандартным креслом обеспечивает снижение вероятности травматизма ребенка под действием нагрузок при полете.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьячков, Д.В. Анализ статистики авиакатастроф на основе исследования множества факторов / Д.В. Дьячков, О.В. Золотарев // Международная конференция «Вычисления для физики и технологии - СРТ2020». Пушкино: Институт теоретической и экспериментальной биофизики (ИТЭБ). С. 207 – 212. 2020.
2. Межгосударственный авиационный комитет. Авиационные правила. Нормы лётной годности самолётов транспортной категории. Ч. 25. – М.: «Авиаиздат», 2009. – 266 с.
3. Parfenov K.V. Search for promising ways to adapt aviation passenger seats to the anthropometric data of a child / K. V. Parfenov // International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration», № 2, 2023. Vol. 138 – 145.
4. ГОСТ Р70180—2022. «Кресла авиационные. Методы проектирования».
5. ГОСТ Р70182—2022. «Кресла авиационные. Технические характеристики и методы испытаний».
6. Пронкевич, С.А. Физико-механические свойства тканей человеческого организма при моделировании в программном комплексе Ansys / С.А. Пронкевич, А.А. Орловская, Е.В. Томило // Теоретическая и прикладная механика: международный научно-технический сборник. 2010. № 25. – С. 214 – 218.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A CHILD-ADAPTED AIRCRAFT PASSENGER SEAT

© 2023 V. A. Parfenov¹, K.V. Parfenov²

¹Samara State Technical University, Samara, Russia

²Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

The design of an adaptable aviation passenger seat is proposed, which provides the possibility of transforming its supporting surfaces into a variant for a child and an adult. A finite element study of the lateral displacements of an anthropomorphic model of a three-year-old child in the proposed design of the chair and in the standard one under the influence of calculated loads was carried out.

Key words: passive safety, passenger seat, anthropomorphic model, fixation device, anthropomorphic model, strain energy.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4(2)-191-197

EDN: DVUUTK

REFERENCES

1. *D'yachkov, D.V.* Analiz statistiki aviakatastrof na osnove issledovaniya mnozhestva faktorov / D.V. D'yachkov, O.V. Zolotarev // Mezhdunarodnaya konferenciya "Vychisleniya dlya fiziki i tekhnologii - CPT2020". Pushchino: Institut teoreticheskoy i eksperimental'noj biofiziki (ITEB). S. 207 – 212. 2020.
2. Mezhdunarodnyy aviacionnyy komitet. Aviacionnye pravila. Normy lyotnoj godnosti samolyotov transportnoj kategorii. CH. 25. – M.: «Aviaizdat», 2009. – 266 s.
3. *Parfenov K.V.* Search for promising ways to adapt aviation passenger seats to the anthropometric data of a child / K. V. Parfenov // International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration», № 2, 2023. Vol. 138 – 145.
4. GOST R70180—2022. «Kresla aviacionnye. Metody proektirovaniya».
5. GOST R70182—2022. «Kresla aviacionnye. Tekhnicheskie harakteristiki i metody ispytaniy».
6. *Pronkevich, S.A.* Fiziko-mekhanicheskie svoystva tkanej chelovecheskogo organizma pri modelirovanii v programmnom komplekse Ansys / S.A. Pronkevich, A.A. Orlovskaya, E.V. Tomilo // Teoreticheskaya i prikladnaya mekhanika: mezhdunarodnyy nauchno-tekhnicheskij sbornik. 2010. № 25. – S. 214 – 218.