

УДК 629.734.7.018.7

СПАСЕНИЕ ЭКИПАЖА И ПАССАЖИРОВ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА*П.И. Иванов, канд. техн. наук**НИИ АУС, г. Феодосия*

Анализируется возможность разработки парашютной системы (ПС) для спасения экипажа и пассажиров самолета.

* * *

Аналізується можливість розробки парашютної системи (ПС) для врятування екіпажу та пасажирів літака.

* * *

The opportunity of the creation of the parachute system (PS) for the rescue of the crew and the passengers of an airplane is analyzed in the work.

Спасение жизней экипажа и пассажиров летательных аппаратов в катастрофических ситуациях является одной из актуальных проблем, связанных с важной практической задачей обеспечения безопасности, сохранения здоровья и жизни людей.

Материалы, в которых начато решение данной задачи и на которые в данной статье делаются ссылки, изложены в работах [1-3].

Нерешенная на сегодняшний день часть общей проблемы, которой посвящена настоящая статья, связана с построением моделей и поиском методов и схем спасения, что позволит в перспективе продвинуться в решении задач безопасности систем спасения.

Целью настоящей работы является построение и оценка качества вариантов моделей возможных схем спасения пассажиров и экипажей самолетов.

В последнее время в мире существует устойчивая тенденция к увеличению количества пассажиров, перевозимых гражданскими пассажирскими самолетами, количества авиалиний и самолетов на этих авиалиниях. Все это неизбежно увеличивает вероятность авиационных катастроф и больших человеческих жертв.

Конечно, не все виды авиационных катастроф допускают возможность применения ПС и при этом не все пассажиры и экипаж могут быть спасены.

Сюда относятся некоторые виды столкновений самолетов в воздухе, аварии на предельно малых высотах (на взлете и посадке) и т.д., когда времени на принятие решения у экипажа фактически не остается (правда, в некоторых случаях за экипаж это может сделать автоматика). Кроме того, бывают случаи, когда экипаж погибает либо применение ПС становится просто неэффективным.

Однако практика показывает, что в остающемся числе случаев использование ПС для спасения экипажа и пассажиров было бы вполне возможным и достаточно эффективным.

Рассмотрим ряд принципиально возможных вариантов схем спасения экипажа и пассажиров пассажирского самолета с помощью применения ПС.

Вариант 1. Спасение фюзеляжа самолета

На высоте катастрофы производится отделение избыточной массы (крыльев, хвостового оперения, шасси, двигательной установки, топливных емкостей) и при этом немедленно (с помощью катапульты) вводится в действие парашют относительно небольшой площади, стабилизирующий и ориентирующий в пространстве падающий фюзеляж с экипажем и пассажирами.

Далее фюзеляж движется в строго ориентированном и стабилизированном положении до высот, где уже возможна нормальная жизнедеятель-

ность человека (высоты $\leq 4000\text{м}$) и допустимо введение в действие ПС, а далее вводится в действие тормозной парашют (ТП), снижающий скорость движения фюзеляжа до величины, допустимой для введения в действие основной парашютной системы.

Вводится в действие основная парашютная система, уменьшающая скорость фюзеляжа до величины, допустимой для его безопасного приземления, и перед приземлением (при необходимости) приводится в действие система амортизации.

Достоинства и преимущества первой схемы заключаются в следующем:

1. Экипаж и пассажиры находятся под защитой фюзеляжа, защищающего их от агрессивного для жизнедеятельности человека воздействия низких температур, недостатка кислорода и возможного поражения отделившимися фрагментами самолета.

2. Пассажиры остаются на своих местах. Автоматика надежно фиксирует их в своих креслах.

Недостатки первой схемы:

1. Требуется дооборудование самолетов (а возможно, и разработка принципиально новых конструкций) пироэнергетическими установками и устройствами, что неизбежно повлечет за собой увеличение стоимости как самих ЛА, так и билетов на самолеты, оборудованные системой спасения.

2. Из-за большой массы самого спасаемого фюзеляжа масса парашютной системы будет весьма значительной.

Если принять приближенно, что масса ПС составляет 5% от массы спасаемого объекта, то при массе фюзеляжа с пассажирами 100 т масса ПС составит 5 т. Вряд ли какая-либо коммерческая фирма согласится регулярно перевозить 5 т груза, вероятность применения которого по прямому назначению достаточно мала.

Правда, в качестве компенсации здесь может сыграть свою роль психологический фактор.

Пассажиры значительно охотнее могут приобретать билеты на самолеты, оборудованные системой спасения, что позволит фирме, эксплуатирующей самолеты с системами спасения, иметь преимущество в борьбе с конкурентами.

3. Пассажиры, не оказавшиеся в момент катастрофы по каким-либо причинам на своих местах, могут быть травмированы воздействующей на них перегрузкой. Правда, здесь опять же можно использовать систему пассивной безопасности в салоне по типу автомобильных надувных мешков и охватывающих (фиксирующих) пассажира пневмоустройств, автоматически входящих в действие в момент катастрофы.

4. Всегда существует опасность несанкционированного приведения в действие пироэнергетики системы спасения.

Вариант 2. Спасение платформы с пассажирами самолета

В этом случае не требуется отделять элементы конструкции самолета от фюзеляжа, как это предполагалось в варианте 1. В случае, если самолет неуправляем, то, как и в варианте 1, немедленно (с помощью катапульты) вводится в действие стабилизирующий парашют, ориентирующий в пространстве падающий фюзеляж с экипажем и пассажирами. Далее, на высотах менее $\leq 4000\text{ м}$ вводится в действие тормозной парашют, снижающий скорость движения фюзеляжа до величины, допустимой для введения в действие основной парашютной системы, после чего отстреливается задняя панель фюзеляжа, происходит перецепка звена тормозного парашюта на внутреннюю легкую платформу, на которой в фюзеляже самолета установлены кресла с пристегнутыми в них пассажирами.

Под действием тягового усилия ТП (который в данном случае уже выполняет роль вытяжного) платформа с установленной на ней основной парашютной системой покидает фюзеляж самолета.

После снижения скорости платформы на ТП

до величины, допустимой для безопасного функционирования, вводятся в действие основная парашютная система и система амортизации, после чего производится приземление (приводнение) плавучей платформы с пассажирами.

Достоинства и преимущества второй схемы заключаются в следующем:

1. Масса платформы с установленными на ней креслами с пассажирами уже значительно меньше массы фюзеляжа, а значит, и масса ее парашютной системы. Например, при массе платформы с пассажирами 20 т масса ПС составит не более 1 т, что уже вполне допустимо по условиям перевозки ее как некоммерческого груза.

Недостатки второй схемы:

1. Требуется дооборудование самолетов платформой и пироэнергетическими установками, правда, уже в значительно меньшем объеме, чем в первом варианте.

2. В случае деформации фюзеляжа в момент катастрофы возможны заклинивание и невыход платформы с креслами и пассажирами по направлению из фюзеляжа самолета.

3. Возможна потеря пассажиров в воздухе, по каким-либо причинам вовремя не пристегнувшихся в своих креслах. Правда, этот недостаток можно устранить, если платформу дооборудовать автоматически устанавливаемым тканевым защитным тентом, закрывающим и защищающим пассажиров от воздействия скоростного напора и предотвращающим их возможное рассеивание (потерю) в воздухе.

Вариант 3. Спасение блоками кресел с пассажирами или индивидуальное спасение пассажиров самолета

Второй недостаток второго варианта можно устранить, если вместо целой платформы, разделив ее на секции, фрагментарно спасти каждую из них в отдельности. Например, спасти пассажиров мож-

но прямо вместе с рядами кресел, в которых они располагаются.

Схема действия здесь может быть предположительно такова:

По команде экипажа (или исполнительного автоматического устройства) на высоте не более 3000-4000 м отстреливаются люки (по бокам, сверху или снизу) фюзеляжа и по монорельсам импульсами от амортизаторов или автономных малогабаритных ракетных двигателей в поток вводятся ряды кресел с пристегнутыми в них пассажирами.

После отделения от самолета в поток вводятся стабилизирующие парашюты кресел, которые одновременно могут играть роль тормозных.

По истечении определенного времени и достижении определенной высоты и скорости в действие вводится спасательная парашютная система каждого данного ряда кресел.

На каждый ряд кресел устанавливается автономная система пневмоамортизации, которая погасит вертикальную посадочную скорость. Здесь, правда, перед посадкой каждый ряд кресел как длинномерный объект необходимо будет снабдить гайдропной системой ориентации, а каждого пассажира - автономной пневматической системой безопасности по типу автомобильной.

Кроме того, в целях предотвращения потери в воздухе людей, не успевших по каким-либо причинам пристегнуться к креслу, каждый ряд кресел можно оборудовать легким тентом с пневмокаркасом, автоматически охватывающим ряд кресел в момент катапультирования.

Достоинства и преимущества третьей схемы заключаются в следующем:

1. В случае повреждения только части фюзеляжа, например, в результате столкновения или взрыва и гибели пассажиров в некоторой зоне, оставшиеся в живых пассажиры неповрежденной зоны фюзеляжа имеют шанс спастись даже при полной потере управляемости и контроля над самолетом.

Недостатки третьей схемы:

1. Возможны столкновения в воздухе большого количества кресел между собой и с фрагментами разрушенного самолета.

2. Необходимо оборудовать системами спасения достаточно большое количество рядов кресел.

Наряду с рассмотренными выше дискутировалась также схема автономного, индивидуального покидания каждым пассажиром ЛА со своим индивидуальным средством спасения. Однако она была признана целесообразной только для членов экипажа и то лишь только после того, как самолет покинут все оставшиеся в живых пассажиры.

Для физически неподготовленных и неопытных пассажиров время одевания на себя подвесной системы в условиях его острого дефицита может оказаться неприемлемо большим. Кроме того, многим бывает просто психологически трудно совершить прыжок. Ну а если самолет испытывает большие перегрузки от вращения в процессе падения, то они просто могут не дать пассажирам возможности или подняться из кресел, или же пассажиры могут получить увечья от перегрузки, или же могут находиться в бессознательном состоянии или состоянии шока.

Проведем оценочные расчеты баллистических характеристик движения ряда кресел в соответствии с предложенной выше третьей схемой, выполним оценку возможности спасения.

Движение катапультировавшегося объекта в воздухе можно разбить на ряд участков:

- активный участок работы ракетной двигательной установки (РД) для сообщения начального импульса на отделение и удаление от самолета;

- пассивный участок стабилизированного движения по инерции после прекращения работы РД в целях выхода из опасной зоны возможного контакта с элементами конструкции самолета (крыльев, хвостового оперения) и катапультируемых объектов друг с другом;

- участок введения в действие тормозных и основных каскадов ПС и выход на режим установившегося снижения;

- посадка.

В свою очередь, активный участок работы РД можно условно разбить на три элементарных участка:

- первый, нестационарный, близкий к линейно возрастающему закону $F_T = f(t)$;

- второй, стационарный, близкий к закону $F_T = const$;

- третий, нестационарный, близкий к линейно убывающему закону $F_T = f(t)$ либо, для большинства моделей, просто вертикальный фронт.

Таким образом, в ряде случаев для рассматриваемых моделей можно принять диаграмму тяги РД, близкой по форме к неравнобочной трапеции.

Уравнения движения объекта (в нашем случае - ряда кресел) на активном участке при катапультировании вверх из горизонтально летящего самолета [1]:

$$m \frac{dV_x}{dt} = -Q_x - F_{Tx}; \quad m \frac{dV_y}{dt} = -(G + Q_y) + F_{Ty}. \quad (1)$$

При катапультировании вниз:

$$m \frac{dV_x}{dt} = -Q_x - F_{Tx}; \quad m \frac{dV_y}{dt} = -G + Q_y - F_{Ty}.$$

При катапультировании в сторону движение ряда кресел уже будет не плоским, а пространственным:

$$m \frac{dV_x}{dt} = -Q_x - F_{Tx}; \quad m \frac{dV_y}{dt} = -G + Q_y - F_{Ty};$$

$$m \frac{dV_z}{dt} = -Q_z + F_{Tz}.$$

В данном случае ось x ориентирована вдоль продольной оси самолета, ось y перпендикулярна ей и направлена вверх, ось z - в сторону полукрыла, перпендикулярно к плоскости хоу.

Кроме того, здесь сделано предположение, что в процессе катапультирования на активном участке объект ориентирован так, что вектор тяги РД

\vec{F} направлен перпендикулярно касательной к траектории движения, т.е. перпендикулярен вектору абсолютной скорости.

Наиболее безопасным в смысле возможности контакта с элементами самолета при условии установившегося снижения самолета, отсутствии вращений и достаточном запасе высоты представляется катапультирование вниз.

При катапультировании вверх существует опасность задевания за киль, в сторону – за стабилизатор или полукрыло.

Рассмотрим случай катапультирования ряда кресел вверх.

Тогда система уравнений (1) после преобразований примет вид

$$\frac{dV_x}{dt} = -kV^2 \cos \beta - gn_T \sin \beta ;$$

$$m \frac{dV_y}{dt} = -(g + kV^2 \sin \beta) + gn_T \cos \beta ,$$

где $k = \frac{\rho}{2m} c_x f$ - баллистический параметр объекта

на высоте катапультирования; $n_T = \frac{F_T}{mg}$ - перегрузка, создаваемая тягой РД; β - угол между вектором абсолютной скорости катапультируемого объекта и продольной осью горизонтально летящего самолета (в данном случае совпадает с траекторным углом).

При катапультировании вверх необходимо рассчитывать также величину импульса mV , получаемого объектом от суммарного воздействия сил тяги F_T ракетного двигателя, сопротивления Q и веса объекта G , скорость к моменту выхода на установившийся по тяге режим:

$$V = g \int_0^{t_0} n(t) dt ,$$

и путь s_0 движения на активном участке из закона сохранения энергии:

$$\frac{mV^2}{2} = G \int_0^{s_0} n(s) ds ,$$

исходя из условий предельно допустимой величины перегрузки и прохождения объекта над килем на безопасном расстоянии. Здесь $n(t,s) = \frac{\vec{F}_T - \vec{Q}}{G} - 1$ - суммарная перегрузка в процессе катапультирования.

Примем для рассматриваемой модели диаграмму тяги РД, близкой к неравнобочной трапеции с левым, линейно возрастающим и правым, практически вертикальным фронтом. Будем считать приближенно постоянной тягу F_T на центральном активном участке диаграммы.

На рис.1 показана траектория движения $H = f(L)$ катапультируемого вверх объекта (ряда кресел) массой $m=500\text{кг}$ с характеристикой $c_k f_k = 0,5$ в абсолютной (земной) системе координат. Катапультирование осуществляется на высоте $H = 1000\text{м}$ из горизонтально движущегося со скоростью $V_c = 150\text{м/с}$ самолета.

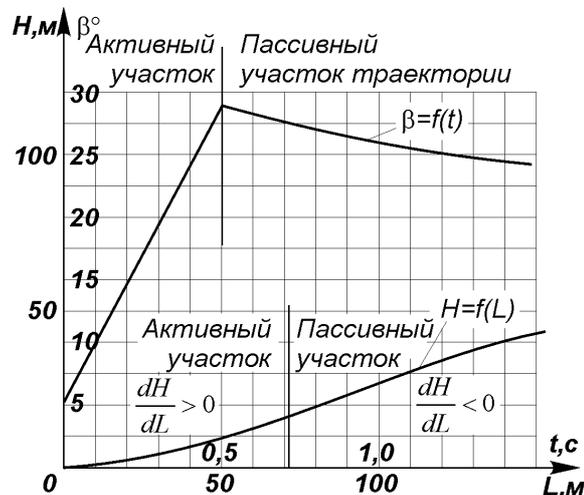


Рис. 1 Траектория катапультирования в абсолютной системе координат и закон изменения траекторного угла во времени

Угол между продольной осью самолета и вектором скорости объекта, покидающего фюзеляж, примем равным 90° .

Скорость покидания (к концу первого нестационарного участка работы РД) $\approx 9,9$ м/с.

Скорость нарастания перегрузки на первом нестационарном участке $\frac{dn_T}{dt} \approx 70$.

Перегрузка на стационарном участке диаграммы тяги РД $n_T = 10$.

Суммарная перегрузка на объект к началу основного стационарного участка по расчету $n = 9,08$, что вполне допустимо по условиям ее переносимости человеком.

Время работы РД на стационарном активном участке равно 0,5с.

Из рис. 1 следует, что траектория движения объекта имеет точку перегиба, соответствующую моменту отсечки работы РД, причем до момента отсечки производная $\frac{dH}{dL} > 0$, а после него $\frac{dH}{dL} < 0$.

Таким образом, РД обеспечивает интенсивный подъем объекта в зону прохождения над килем самолета.

В течение времени работы РД суммарная перегрузка снижается незначительно (от 9,08 до 8,64), однако в момент отсечки работы РД, т.е. к началу пассивного участка траектории, она резко падает до величины $n = 1,73$.

Скачок суммарной перегрузки, возникающий на заднем фронте диаграммы тяги РД, можно уменьшить, увеличив характеристику объекта $c_K f_K$.

Так, увеличение ее с 0,5 до 0,9 (например, за счет введения стабилизирующего парашюта большей площади) увеличивает суммарную перегрузку в начале пассивного участка до $n = 2,38$, что уже несколько уменьшает скачок перегрузки на заднем фронте отсечки РД и улучшает ее переносимость экипажем.

На рис.1 показан также характер изменения траекторного угла $\beta = f(t)$ на активном и пассивном участках движения объекта.

Анализируя кривые $H = f(L)$ и $\beta = f(t)$, можно сделать вывод, что на пассивном участке, несмотря на уменьшение траекторного угла, все еще

продолжается по инерции эффективный подъем объекта.

Это может быть использовано для увеличения минимально безопасной высоты при переборке его через хвостовое оперение самолета или уменьшения энергоемкости РД (при достаточности запаса высоты), что очень важно с точки зрения безопасности при массовом катапультировании объектов.

На рис 2 показано изменение кривых $V = f(t)$, $V_x = f(t)$, $V_y = f(t)$, характеризующее динамику изменения скорости и ее составляющих на активном и пассивном участках движения катапультируемого объекта.

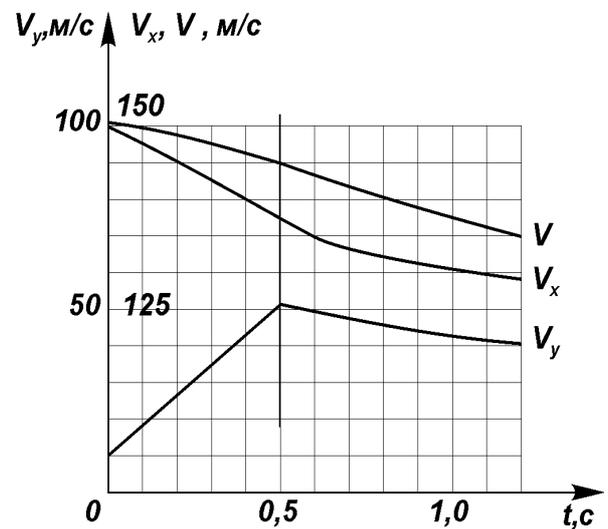


Рис. 2 Изменение скорости и ее составляющих в процессе катапультирования

Представляет интерес построение баллистических кривых относительного (связанного с самолетом) движения объекта на пассивном участке траектории.

Это дает возможность оценить возможность прохождения объекта над килем в зависимости от расстояния от точки катапультирования объекта до киля, отсчитываемого вдоль продольной оси самолета, при заданной начальной скорости.

Предположим, что после завершения активного участка работы РД объект получил начальную скорость V_0 , с которой он начинает свое движение

на пассивном участке траектории (примем условно начало движения перпендикулярным к оси фюзеляжа самолета).

На рис.3 изображен ряд относительных траекторий $h = f(l)$ объекта массой $m=500\text{кг}$, имеющего характеристику $c_{\kappa}f_{\kappa}=0,5$, катапультируемого вверх с различными начальными скоростями $V_0=10\dots30\text{м/с}$ на пассивном участке траектории (после отработки РД). Высота горизонтального полета самолета $H=1000\text{м}$, истинная скорость - 150м/с .

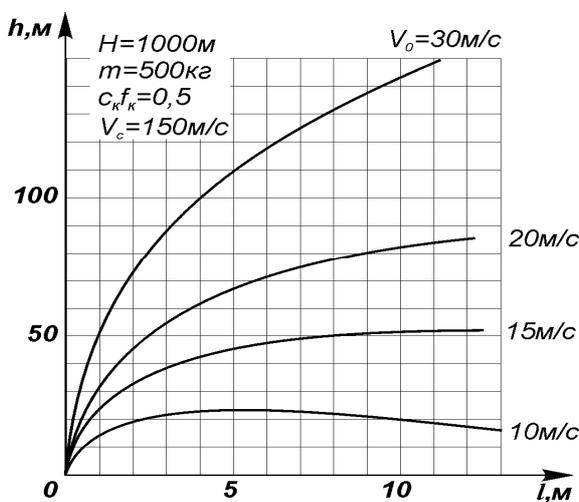


Рис. 3 Траектории движения катапультируемого объекта относительно самолета

Анализ рис.3 показал, что в этом случае начальная скорость на пассивном участке катапультирования не должна быть меньше некоторого критического значения, определяемого высотой кия и расстоянием до него от точки катапультирования, обеспечивающего гарантированное перебрасывание (с определенным запасом высоты) через киль.

В рассматриваемом примере скорость менее 20 м/с уже не может быть приемлемой.

Закон изменения начальной скорости катапультирования вверх $V_0 = f(l)$ вдоль фюзеляжа может быть переменным, с точкой минимума ближе к центру фюзеляжа и двумя максимумами непосредственно в хвостовой и носовой частях фюзеляжа.

Это позволит несколько уменьшить суммарную мощность пироэнергетических устройств катапультируемых кресел самолета.

Перегрузки от воздействия скоростного напора в начале пассивного участка для всех рассмотренных случаев скоростей катапультирования $V_0=10\dots30\text{м/с}$ не превышали $1,8\text{ g}$, что вполне допустимо по условиям переносимости их человеком.

Нужно отметить, что перегрузки на активном участке траектории могут быть значительно выше, чем на пассивном, но, тем не менее, в пределах переносимости их человеком.

На рис.4 показаны зависимости изменения суммарной перегрузки на пассивном участке катапультирования от характеристики $c_{\kappa}f_{\kappa}$, причем начальная скорость пассивного участка выступает в качестве параметра и изменяется в пределах от 10 до 80м/с .

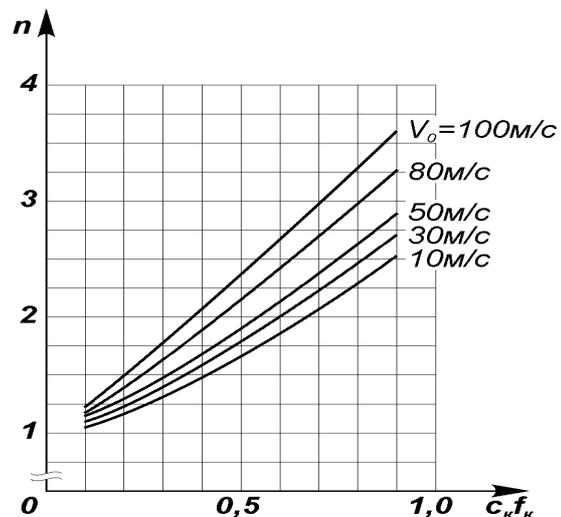


Рис. 4 Изменение суммарной перегрузки на пассивном участке катапультирования

Заметен достаточно эффективный рост перегрузки с увеличением начальной скорости и характеристики сопротивления $c_{\kappa}f_{\kappa}$, но, тем не менее, перегрузка остается в пределах допустимой переносимости ее человеком.

Таким образом, предварительные баллистические расчеты и их анализ для предложенных выше

схем и систем в ряде случаев доказывает возможность спасения катапультируемых объектов с пассажирами из самолетов, попавших в катастрофические ситуации.

Тем не менее, результаты проведенных исследований показывают сложность решения задач спасения пассажиров самолетов, причем степень этой сложности возрастает с ухудшением катастрофической ситуации, с ухудшением условий введения ПС в действие, с увеличением числа пассажиров и габаритных размеров пассажирского самолета.

При этом становится очевидным, что производителям самолетов при дооборудовании их системами спасения придется кардинально менять концепции проектирования и компоновки, закладывавшиеся в эти процессы до сих пор.

Это наряду с возрастающими затратами неизбежно повлечет за собой генерацию новых идей и решений концептуального характера, связанных с процессами проектирования систем спасения летательных аппаратов.

Сегодня пока еще все усилия направляются на повышение безопасности полетов, предупреждение катастрофических ситуаций во всех точках их возможного возникновения. Однако практика показывает, что совершенствование систем предупреждения аварийных ситуаций неизбежно ведет к их усложнению, а значит, к уменьшению их надежности.

В этой связи вновь становится актуальной проблема спасения пассажиров и экипажей самолетов с применением катапультных устройств и парашютных систем.

Наиболее реальными в настоящее время представляются проектирование и разработка систем спасения пока только пассажиров самолетов относительно небольших размеров с небольшим количеством пассажиров (самолеты бизнес-класса и др.).

Заклучение

Спасение пассажиров самолетов является важной и достаточно сложной проблемой, имеющей не только технический, но и экономический, социальный, политический, а также ряд других не менее важных аспектов.

И решена она может быть только с привлечением ведущих ученых и специалистов, при серьезной экономической поддержке, возможно, даже на правительственном уровне.

Результаты работы позволяют выполнять предварительную сравнительную оценку различных схем спасения, их возможностей, в первом приближении оценивать их достоинства и недостатки.

В перспективе дальнейших исследований планируется продолжение детального анализа разработок, предложенных выше, а также поиск новых схем и систем спасения.

Предполагается математическое моделирование различных ситуаций в процессе катапультирования, построение статистических и вероятностных моделей, технический и экономический анализ возможных схем спасения.

Литература

1. Лобанов Н.А. Основы расчета и конструирования парашютов - М.: Машиностроение, 1965.- 364 с.
2. Иванов П.И. Летные испытания парашютных систем. - Феодосия: Гранд-С., 2001.- 332 с.
3. Иванов П.И. Парашютные системы для космических аппаратов. - Феодосия, Гранд-С., 2002. – 203 с.

Поступила в редакцию 22.10.02

Рецензенты: канд. физ.-мат. наук, доцент Варавин В.Ю., ФРФ ХГТУ, г. Феодосия; начальник отдела испытаний, Химин В.М., НИИ АУС, г. Феодосия.