

УДК 533.666.2

П.И. ИВАНОВ<sup>1</sup>, А.Ю. КУЯНОВ<sup>2</sup><sup>1</sup>Херсонский национальный технический университет, Украина<sup>2</sup>Государственный научно-испытательный центр Вооруженных Сил Украины

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА НАПОЛНЕНИЯ ПЛАНИРУЮЩЕГО ПАРАШЮТА СО СЛАЙДЕРОМ

*В работе, по результатам анализа большого числа кинограмм, детально рассмотрен и подробно описан процесс наполнения людского двухоболочкового купола планирующего парашюта со слайдерной системой рифления. Обнаружены три основных этапа в процессе наполнения купола планирующего двухоболочкового парашюта (по критерию величины дисперсии времени протекания этапа): подготовительный, основной и заключительный. Результаты проведенного детального анализа могут быть использованы при построении инженерной математической модели поэтапного процесса наполнения двухоболочкового планирующего парашюта.*

**Ключевые слова:** двухоболочковый планирующий парашют, слайдер, процесс наполнения, математическая модель.

### Введение

В настоящее время все более возрастающий интерес представляют исследования процессов наполнения двухоболочковых планирующих парашютных систем с целью оценки возможности их дальнейшего совершенствования и построения инженерных математических моделей поэтапного процесса наполнения двухоболочкового планирующего парашюта со слайдером.

В процессе наполнения купола планирующего парашюта воздухом изменяется площадь миделя купола и его форма, значительно изменяется скорость системы «объект-парашют» и увеличивается масса воздуха, увлекаемая куполом. Процесс наполнения купола является дважды нестационарным – изменяются и площадь лобового сопротивления, и скорость системы в целом. Поэтому вполне понятны сложности, ограничивающие возможность экспериментальных и теоретических исследований, а также моделирования неустановившихся режимов обтекания купола планирующего парашюта [1,2].

В данных условиях летные испытания планирующих парашютных систем остаются основным источником получения информации, обеспечивающей оценку правильности конструктивных решений принятых в процессе проектирования.

### Постановка задачи

Целью настоящей работы является детальное исследование процесса наполнения людского двухоболочкового купола планирующего парашюта со слайдером по результатам анализа большого числа кинограмм, полученных в летных испытаниях.

### Результаты

По результатам анализа кинограмм процессов раскрытия двухоболочковых людских планирующих парашютов удалось установить следующее.

После полного вытягивания купола и строп планирующего парашюта на всю длину, слайдер находится в своем верхнем положении (кольца близки к точкам соединения строп с куполом) и прижат скоростным напором к куполу, рис. 1.

Пунктирной линией здесь показан контур входного сечения купола без учета воздухозаборников.

На кинограммах заметны существенные пульсации купола, сжатого слайдером от воздействия, набегающего на него воздушного потока, возмущенного передним телом (парашютистом, грузом).

Непрерывно деформируемый потоком купол периодически захватывает воздух случайно открывающимися навстречу ему воздухозаборниками, что приводит к частичному наполнению некоторых из его секций.

Однако сопротивление и сжатие, создаваемое слайдером у кромки купола, не дает ему начать полное, эффективное наполнение, а за счет напряженно-деформированного состояния частично наполненной, деформируемой потоком конструкции, происходит выбрасывание из-под купола части захваченной им массы воздуха.

Здесь, очевидно, важно отметить следующее. Если количество, поглощенного через воздухозаборники, воздуха будет существенно превышать количество выброшенного за счет деформации купола, то он будет интенсивно наполняться. Если эта

разность не велика, то процесс наполнения на этом этапе будет идти относительно медленно.

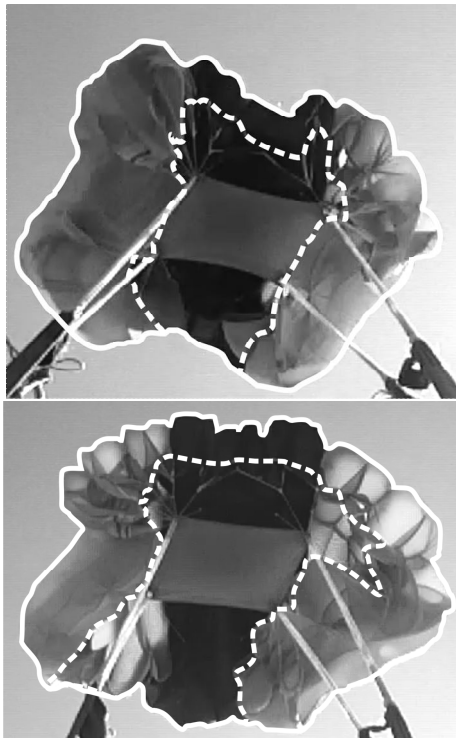


Рис. 1. Положение слайдера в начале процесса наполнения

Т.е. именно разность между количеством поступившего и выброшенного наружу (как через воздухозаборники, так и за счет проницаемости нижней оболочки купола) воздуха, в определенной степени определяет динамику его процесса наполнения.

При попытках купола принять частично наполненную форму, на него действуют аэродинамические силы и моменты от набегающего потока, бросающая и перемещая его по курсу, крену и тангажу. При этом, чем больше асимметрия купола, тем больше амплитуда его перемещений в пространстве.

Таким образом, как за счет бросков купола по различным направлениям, так и за счет многократных пульсаций, связанных с попытками наполнения купола (как по нижней оболочке, так и через воздухозаборники), пульсирует площадь его миделевого сечения – то увеличиваясь, то уменьшаясь.

Пульсирующее наполнение купола на этом этапе приводит к частичному смещению слайдера вниз по стропам, что способствует снижению уровня пульсаций и постепенному переходу от интенсивного пульсирующего, к более плавному режиму процесса наполнения.

В это же время уже начинает четко проявляться расправленная и растянутая, набегающим потоком, часть нижней оболочки купола в районе его центро-

плана и уже практически наполненные через воздухозаборники две – три центральных секции между нервюрами (боковые консоли пока еще загнуты вниз за счет сдерживания их слайдером), рис.2.

Это, уже, приводит, с одной стороны, к началу эффективного процесса торможения системы парашютист-парашют, а с другой, за счет падения скоростного напора и раскрытия купола, к более интенсивному периодическому смещению и продвижению слайдера вниз по стропам от составляющих усилий натяжения строп (за счет «излома» их в кольцах слайдера).

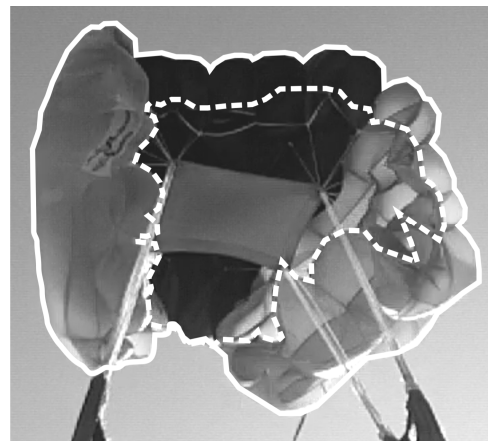


Рис. 2. Начальный этап в смещении слайдера вниз по стропам

На следующем этапе процесса наполнения снижается интенсивность пульсаций купола, связанных с выбросом воздуха через воздухозаборники, и появляются подъемная сила и сила лобового сопротивления, обуславливающие появление горизонтальной составляющей скорости, что, в свою очередь, улучшает процесс наполнения купола через воздухозаборники.

Наполняясь через воздухозаборники центральных секций, воздух распространяется внутри купола через отверстия конструктивной проницаемости в нервюрах, попадая в другие секции и заполняя их, последовательно продвигаясь от центроплана к консолям. Этому способствует также разглаживание нижней оболочки купола от набегающего на нее внешнего потока.

Здесь четко прослеживается взаимнооднозначная обратная связь – расправление нижней оболочки купола внешним потоком способствует нормальному расправлению воздухозаборников и наполнению через них секций, а наполнение секций и внутреннее движение воздуха от центроплана к консолям через отверстия в нервюрах, в свою очередь, способствует расправлению нижней оболочки.

В случае перекашивания слайдера на стропах

может происходить асимметричное наполнение консолей – одна из них может наполняться более или менее интенсивно по отношению к другой, рис. 3.

В этом случае продолжают броски купола по крену и тангажу и частичное вращение по курсу в процессе его наполнения.



Рис. 3. Случай перекоса слайдера на стропах

При достаточно хорошо наполненной центральной части купола, еще существенно заметно сдерживающее процесс наполнения влияние слайдера на консольных частях купола, положенных на стропы и прижатых к ним скоростным напором набегающего потока.

Однако слайдер при этом продолжает двигаться вниз, так как площадь миделевого сечения постоянно возрастает за счет непрерывного наполнения купола. При этом, за счет уменьшения скорости движения парашютиста в процессе торможения, падает сила сопротивления слайдера, удерживающая его на стропах.

После схода слайдера к свободным концам купол наполняется полностью, рис.4.

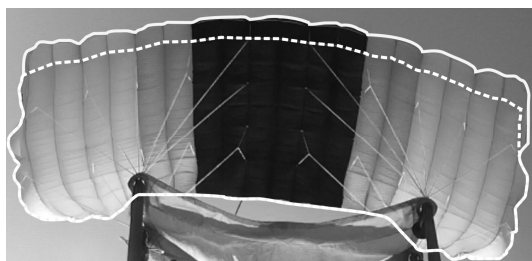


Рис. 4. Полное наполнение купола со слайдером

Анализ кинограмм процесса наполнения купола планирующего парашюта позволил установить основные факторы, способствующие сходу слайдера

со строп парашюта:

- интенсивные колебания купола по крену и тангажу, а также пульсации купола, в начале процесса наполнения;

- торможение системы выполненной частью купола и, как следствие, уменьшение скорости потока и силы сопротивления слайдера.

Препятствует сходу слайдера и его сила сопротивления (от скоростного напора набегающего потока) и сила трения между стропами и кольцами слайдера.

Усилие, необходимое для схода слайдера, может возрастать при перекосах и заклиниваниях слайдера между стропами, что может происходить при асимметричном наполнении купола парашюта. Это, в свою очередь, может увеличивать дисперсию времени протекания основного этапа наполнения.

Анализ кинограмм процесса наполнения купола планирующего парашюта показывает, что в данном случае, как и при наполнении обычных оболочковых куполов, весь процесс наполнения можно разбить на три основных этапа: подготовительный, основной, заключительный.

На подготовительном этапе заметны существенные пульсации купола, сжатого слайдером. Деформируемый потоком, купол периодически захватывает воздух, случайно открывающимися навстречу ему воздухозаборниками, что приводит к его частичному наполнению, а за счет напряженно-деформированного состояния частично наполненного и подскладывающегося купола происходит выбрасывание из-под купола через воздухозаборники части, захваченной куполом, массы воздуха.

При этом существенны броски и перемещения купола по курсу, крену и тангажу. Купол пульсирует – пульсирует площадь его миделевого сечения. При этом, купол пытается хотя бы частично сбросить слайдер вниз по стропам и перейти от пульсирующего к непрерывному режиму процесса наполнения.

Началом основного этапа наполнения можно считать появление расправленной и растянутой (набегающим на купол потоком) части нижней оболочки купола в районе его центроплана и, уже практически наполненные через воздухозаборники, хотя бы две секции между нервюрами.

Процесс наполнения протекает уже достаточно уверенно, от центра к периферии. Периодически устойчиво уже происходит и смещение слайдера вниз по стропам.

Заканчивается основной этап исчезновением боковых, загнутых вниз ненаполненных консольных частей и полным наполнением купола.

На заключительном этапе процесса наполнения купола завершаются нестационарные колебательные

переходные процессы консолей крыла, и система парашютист-парашют выходит на режим установившейся скорости движения.

Нужно отметить, что пульсации купола, с выбросом массы воздуха из-под купола через воздухозаборники, происходят и на этапе установившегося снижения, но уже значительно меньшей амплитуды и интенсивности, чем на первых двух этапах процесса наполнения купола.

### Выводы

1. По результатам анализа большого числа кинограмм детально рассмотрен и подробно описан процесс наполнения людского двухоболочкового купола планирующего парашюта со слайдером.

2. Обнаружены три основных этапа в процессе наполнения купола планирующего двухоболочкового парашюта по критерию величины дисперсии времени протекания этапа.

3. Обнаружено, что величина дисперсии времени наполнения купола максимальна на первом этапе и уменьшается с увеличением номера этапа, что приводит к поэтапному возрастанию стабильности процесса.

В то же время математическое ожидание времени наполнения на каждом этапе возрастает с возрастанием номера этапа и пропорционально площа-

ди купола парашюта.

4. Проведенный выше детальный анализ может быть использован при построении инженерной математической модели поэтапного процесса наполнения двухоболочкового планирующего парашюта.

5. Учитывая случайный характер процесса наполнения на подготовительном и основном этапах, при моделировании методом статистических испытаний, целесообразно на детерминированную модель накладывать воздействие случайных факторов, распределенных по законам с убывающей величиной дисперсии по мере возрастания номера этапа.

### Литература

1. Куянов, А.Ю. Типовая методика летных испытаний №4.28.3.18.К. Исследование и проверка процесса раскрытия планирующих парашютных систем при размещении цифровых средств видеорегистрации на парашютисте (объекте десантирования) [Текст] / А.Ю. Куянов. - Феодосия: ГНИЦ ВСУ, 2012. - 40 с.

2. Иванов, П.И. Временная методика № 3125.34-80. Определение геометрических параметров купола парашюта в процессе раскрытия по результатам киносъемки в летном эксперименте [Текст] / П.И. Иванов. - Феодосия: ФФ НИИ АУС, 1980. - 25 с.

Поступила в редакцию 28.08.2012

**Рецензент:** канд. физ.-мат. наук, доц., доц. кафедры высшей математики и математического моделирования Г.С. Абрамов, Херсонский национальный технический университет.

### АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ НАПОВНЕННЯ ПЛАНІРУЮЧОГО ПАРАШУТУ ЗІ СЛАЙДЕРОМ

*П.І. Іванов, О.Ю. Куянов*

У роботі, за результатами аналізу великої кількості кинограм, детально розглянутий і докладно описаний процес наповнення людського двохоболонкового куполу планіруючого парашуту зі слайдерною системою рифлення. Виявлено три основних етапи в процесі наповнення купола планіруючого двохоболонкового парашуту (за критерієм величини дисперсії часу протікання етапу): підготовчий, основний та заключний. Результати проведеного детального аналізу можуть бути використані при побудові інженерної математичної моделі поетапного процесу наповнення двохоболонкового планіруючого парашуту.

**Ключові слова:** двохоболонковий планіруючий парашут, слайдер, процес наповнення, математична модель.

### ANALYSIS OF DEPLOYMENT OF A GLIDING PARACHUTE WITH A SLIDER

*P.I. Ivanov, A.U. Kuayanov*

In the result of an extensive amount of videograms a process of deployment of a man-dropping parafoil canopy with a slider raffle system is considered and described in details. Three principal stages were specified during the process of a gliding parafoil parachute canopy deployment (by criterion of magnitude dispersion of lead time of the process: preparatory, principal and final stages). The made detailed analysis may be used under building of an engineering mathematical model of a stage-by-stage process of parafoil gliding parachute deployment.

**Key words :** gliding parafoil parachute , slider, deployment, mathematical model.

**Іванов Петр Иванович** – д-р техн. наук, проф., Феодосійський факультет ХНТУ, г. Феодосія, Україна, e-mail: Ivanovpetr@rambler.ru.

**Куянов Алексей Юрьевич** - Ведущий инженер по испытаниям, старший парашютист - испытатель, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных Сил Украины, г. Феодосия, e-mail: alex\_knv@mail.ru.