

ЛЕТАЮЩИЕ МОДЕЛИ-ПОЛУКОПИИ РЕАКТИВНЫХ САМОЛЕТОВ**Воронков Ю.С., Воронков О.Ю.***Координационный Совет ОНТЭ «Ювенал», Таганрог, e-mail: yuven@mail.ru*

В провинциальных городах, техническое творчество для старших школьников, в существующем сегодня виде, становится малопривлекательным. Поэтому лаборатории Центров, клубов, станций пустеют и пока удовлетворяют лишь ребят младшего школьного возраста.

Обучение авиамоделизму, на фоне достижений мирового научно-технического прогресса, требует понижения возрастной планки обучаемых и должно быть обеспечено новыми разработками моделей, предлагаемыми в качестве методического материала для обучения. Строящиеся же школьниками авиамodelи должны содержать углубленную проектно-конструкторскую, технологическую и многоплановую практическую подготовку ребят, в том числе с освоением 3D-проектирования и 3D-изготовления проектируемых объектов.

С 70-х годов прошлого века автором проводились работы по проектированию, изготовлению и испытаниям реактивных летающих моделей с размахом крыла $L=120\div 450$ мм при числах Рейнольдса $Re < 100\ 000$. Такие модели оснащались пороховыми ракетными двигателями и пиротехническими или механическими программно-задающими устройствами управления полетом. Среди испытываемых летающих моделей были полукопии известных советских реактивных самолетов-истребителей Ла-15, МиГ-15, МиГ-17, МиГ-21, а также модели произвольных аэродинамических компоновок по проектам автора. К сожалению, тема считалась не имеющей практической перспективы использования. Однако в наши дни, мы все знаем, что полет на малых числах Рейнольдса используется микро-БПЛА, а законы аэродинамики полета в критической зоне Re_k значительно отличаются от классики. Проведенные работы создали задел для авиамodelистов.

Предлагаемые разработки относятся к экспериментальным авиамodelям, которые не предназначены для достижения высоких спортивных результатов по установленным правилам и не относятся к какому-либо классу спортивных авиамodelей. Рассматриваемые конструкции моделей предназначены для ребят 12 – 17 лет. Они позволяют проводить интересные исследования и состязания на уровне школы, двора, группы ребят и т.п., позволяют расширять

технический кругозор в области познания физических основ полета малоразмерных аппаратов тяжелее воздуха и некоторых малоизвестных принципов работы пневматических устройств.

Известна модель самолета [1], которая представляет собой бумажную трубку, заглушенную с одной стороны. К трубке определенного диаметра прикреплены консоли крыла и хвостовое оперение, выполненные из бумаги. В качестве стартового устройства применяется бумажная трубка, ввинченная в велонасос и вставляемая другим концом внутрь трубки-фюзеляжа модели. Запускается модель вверх. Для этого резким движением ручки велонасоса воздух подается в трубку-фюзеляж, и модель под действием нагнетаемого в трубку-фюзеляж сжатого воздуха, с высокой скоростью отделяется от стартовой трубки и устремляется вверх. Набрав высоту, модель переходит в планирующий полет и через некоторое время приземляется.

Недостатками такого технического решения являются: во-первых, узкий диапазон копируемых самолетов, так как все копируемые самолеты имеют в основе одну и ту же трубку-фюзеляж; во-вторых, ограниченность видов траекторий полета; в-третьих, большое трение и потери воздуха в зазоре между пусковой и трубкой-фюзеляжем. Все это ведет к потере величины стартового импульса и, в конечном итоге, к сокращению высоты и дальности полета модели.

С целью расширения арсенала технических решений, направленных на обеспечение внешнего сходства летающих моделей-полукопий самолетов с копируемыми самолетами, повышения их летно-технических характеристик, предлагается следующая конструкция и технология изготовления моделей.

Летающие модели – полукопии с пневмопуском

В предлагаемом варианте изготовления моделей-полукопий (Рис. 1, 2) используется листовая пенопласт, типа потолочного, который позволяет отформовать обшивки двойной кривизны 1 для фюзеляжа, консолей крыла, хвостового оперения и иных поверхностей двойной кривизны. Удар о землю, при приземлении модели, амортизирует носик 4 из резиноподобного матери-

ала, а возможные вмятины обшивки восстанавливаемы над струей пара.

Пусковая трубка (на чертежах не показана) изготавливается из дюралюминиевой трубки Ø8мм, длиной, определяемой размерами конкретной модели, соединяется посредством резьбы с велосипедным (велонасосом) или мотоциклетным (мотонасосом).

Бортовой приемник пневмоимпульса 2 (Рис. 1, 2, 3), изготавливается из алюминиевой фольги толщиной $\delta = 0,03\text{мм}$. Заготовка фольги, при этом, покрывается клеем Бф-2, и плотно наматывается в 2 слоя на пусковую трубку Ø8мм. После просушки приемни-

ка импульса 2 при 60° , съема его с оснастки Ø8мм, он оборачивается 1,5 слоями микалентной бумаги на эмалите, и покрывается 5 раз жидким эмалитом. В торцевую часть приемника 2 вставляется на клее Бф-2 заглушка 5 из строительного пенопласта и на расстоянии от торца 3÷5 мм завальцовывается.

Перед запуском, пусковая трубка вставляется внутрь бортового приемника пневмоимпульса 2, закрепленного внутри фюзеляжа модели. Резким движением ручки велонасоса, воздух сжимается и подается в приемник пневмоимпульса 2, где он, расширяясь с высокой скоростью, отделяет от пусковой трубки модель, устремляя ее вверх.

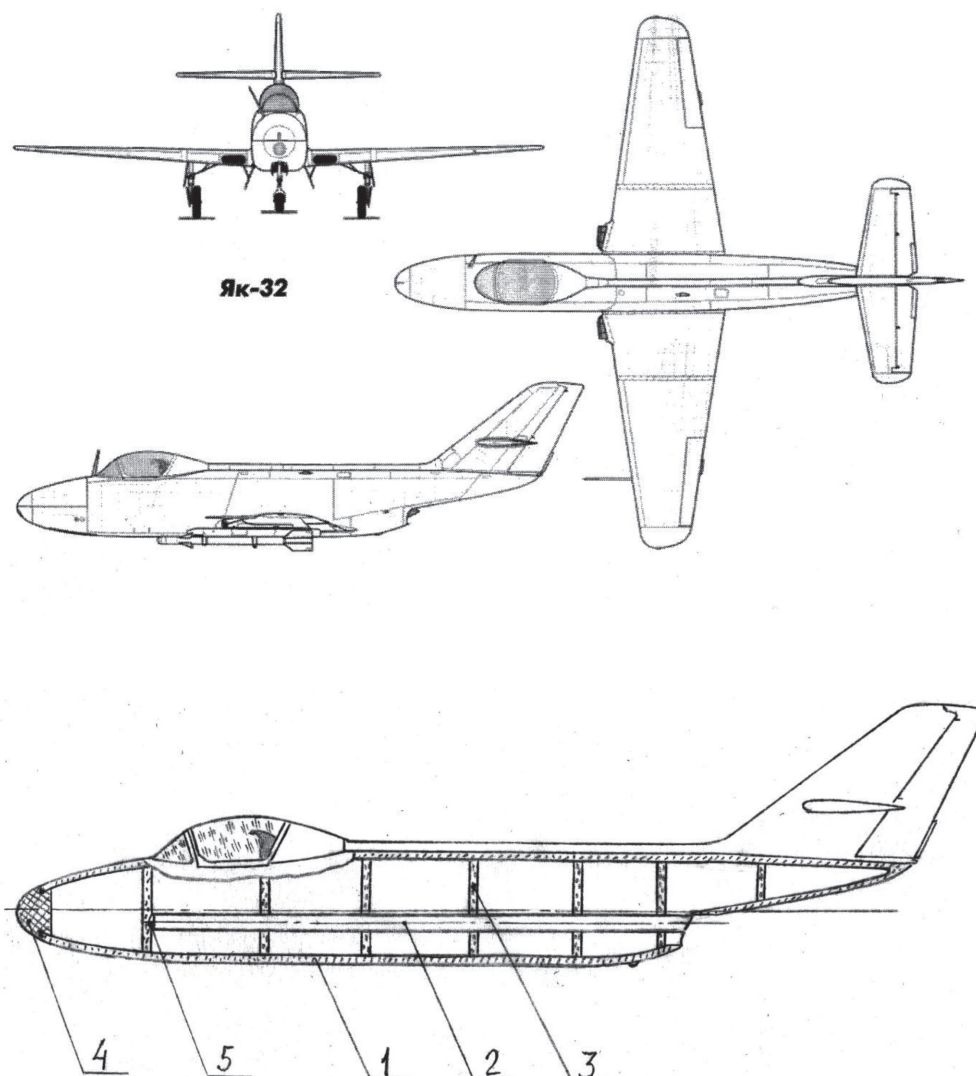


Рис. 1. Летящая модель-полукопия реактивного спортивно-пилотажного самолета Як-32 (1960 г.): 1 – формованная обшивка двойной кривизны из пенолиста; 2 – бортовой приемник пневмоимпульса; 3 – шпангоут из пенолиста; 4 – амортизирующий носик из резиноподобного материала; 5 – заглушка бортового приемника пневмоимпульса.

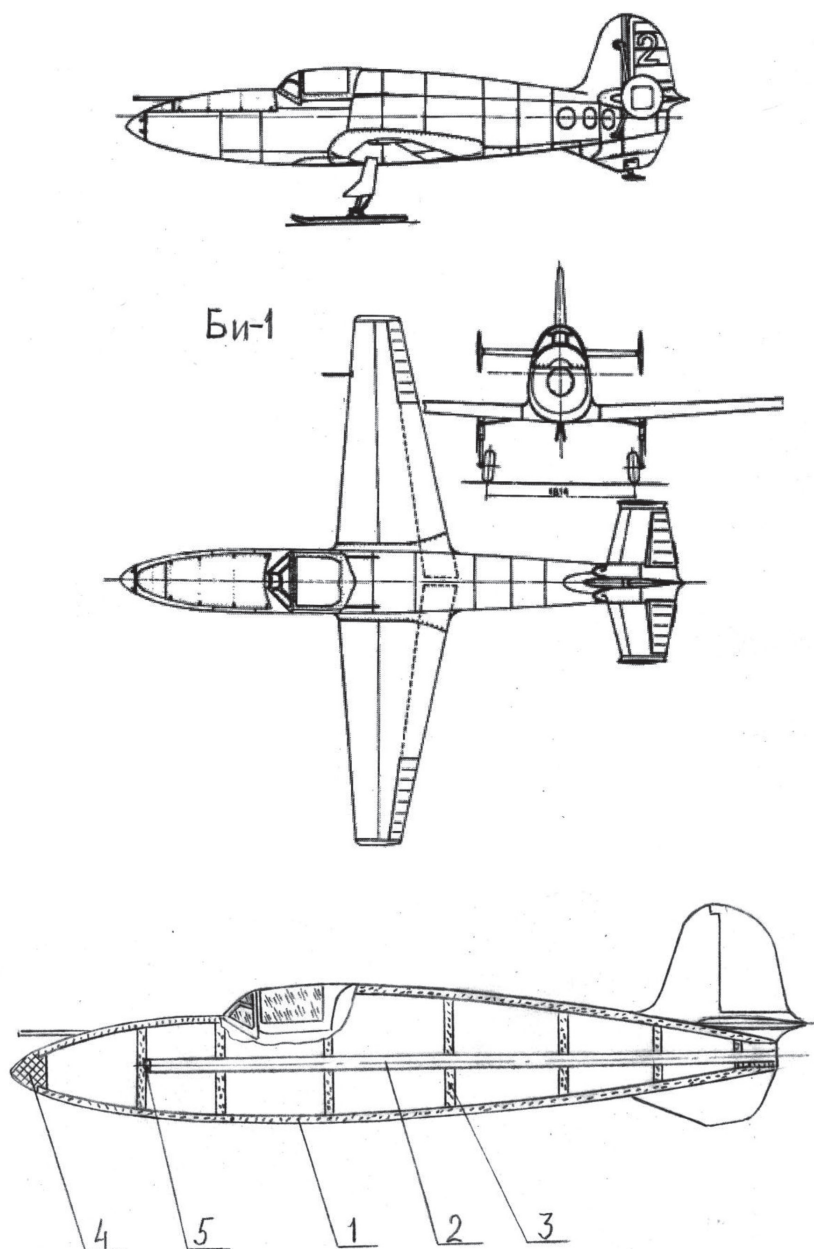


Рис. 2. Летящая модель-полукопия советского самолета с ракетным двигателем Би-1 (1941 г.): 1 – формованная обшивка двойной кривизны из пенолиста; 2 – бортовой приемник пневмоимпульса; 3 – шпангоут из пенолиста; 4 – амортизирующий носик из резиноподобного материала; 5 – заглушка бортового приемника пневмоимпульса

Для изготовления агрегата модели, например – фюзеляжа, изготавливается мастер – модель фюзеляжа и с неё снимается разъемная, из 2х половин, формообразующая матрица из стеклопластика. В матрице производится формование оболочек двойной кривизны 1 из пенолиста («потолочки»). Такое формование производится после нагрева заготовок из пенолиста в кипящей

жидкости и укладке их в разъемную формообразующую матрицу. Каждая из заготовок укладывается в свою половину матрицы, обеспечивая плотное прилегание к её внутренним поверхностям. Обрезаются излишки пенолиста, соединяются и скрепляются половины матрицы, охлаждая в ней заготовки. После охлаждения матрицы с заготовками, разъединяются её половины

и извлекаются из их внутренних полостей отформованные оболочки 1. Полученные оболочки 1 и внутренние поверхности матрицы протираются насухо и в них снова размещаются отформованные оболочки 1. Внутри одной из половин отформованных оболочек 1 устанавливаются заранее заготовленные шпангоуты 3 из пенолиста на синтетическом клее согласно конструктивно-силовой схеме агрегата (фюзеляжа). После установки шпангоутов 3 и некоторого отверждения клея, на края обшивок двойной кривизны 1 и не покрытые клеем обводы шпангоутов, наносится синтетический клей. Обе половины матрицы, с натягом, соединяются между собой. Последующее

полное отверждение клея дает возможность получения окончательной конфигурации агрегата (фюзеляжа). По завершении процесса отверждения клея, половины матрицы разъединяются, и из них извлекается готовый отформованный фюзеляж с конструктивно-силовым набором внутри.

Более подробно с данной технологией, можно ознакомиться в журнале *Современные наукоемкие технологии*. – 2015. – № 4. – С. 78-83; Воронков Ю.С., Воронков О.Ю. АГРЕГАТЫ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ ИЗ ЛИСТОВОГО ПЕНОПЛАСТА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И АВИАМОДЕЛЕЙ

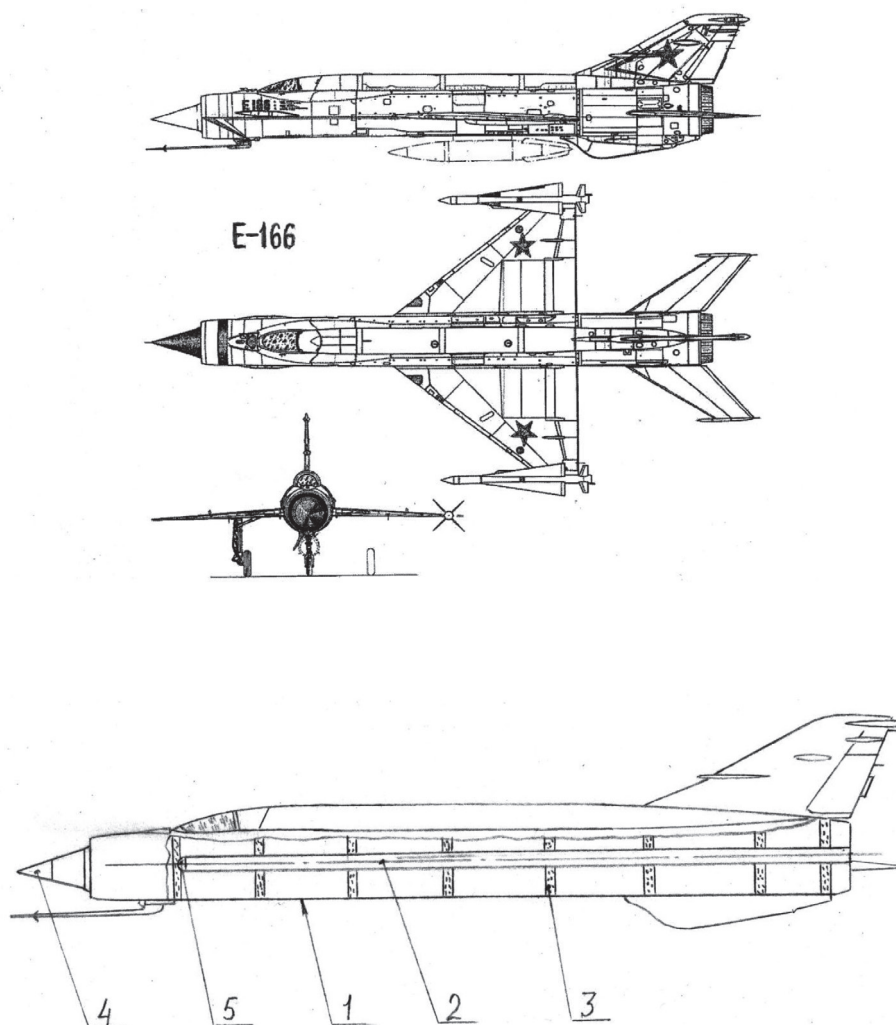


Рис. 3. Летящая модель-полукопия советского сверхзвукового самолета перехватчика Е-166 (1961 г.): 1 – обшивка из синтетической пленки типа «Астролон», «Винипроз», рентгеновская ацетатцеллюлозная пленка, применяемая в медицине, чертежная бумага типа «Ватман ВК»; 2 – бортовой приемник пневмоимпульса; 3 – шпангоут из пенолиста; 4 – амортизирующий носик из резиноподобного материала; 5 – заглушка бортового приемника пневмоимпульса



Рис. 4. Пусковая трубка для модели-полукопии однодвигательного самолета

Внешнюю стеклопластиковую поверхность такого агрегата с внутренним подкрепляющим слоем из пенолиста, можно получить следующим образом. На предварительно покрытые разделительным слоем (воск, специальная мастика) внутренние поверхности матрицы, выкладывается, на эпоксидном связующем холодного отверждения, отожженная стеклоткань

$\delta = 0,03-0,05$ мм в один, или два, слоя.

После неполного отверждения, «на отлип», эпоксидного связующего, в одну из половин матрицы вкладывается отформованный заранее агрегат и накрывается второй половиной матрицы, в которой, также, выложена стеклоткань на связующем. Обе половины матрицы фиксируются, между собой, крепежом. После окончательного отверждения эпоксидного связующего, внешняя поверхность изготавливаемого агрегата оказывается упрочненной стеклопластиком, при строгом соблюдении формы изделия.

Описание более сложного варианта модели-полукопии с пневмопуском

Предлагаемый вариант летающей модели-полукопии (рис. 5) содержит формообразующую оболочку из тонкого пластика 1, выполненную, например, методом вакуумного формования из упаковочного пластика толщиной 0,05 – 0,3 мм. Оболочка подкреплена согласно разработанной конструктивно-силовой схеме модели в необходимых местах жесткостями 2, выполненными также из тонкого пластика или пенопласта.

Внутри формообразующей оболочки 1 размещены телескопические наборы трубок 3, выполненные из пластика бесшовным методом (Фиг. 3). Они включают неподвижную охватывающую трубку 4, внутри которой на перегородке закреплены обратные клапаны 5 (Фиг. 4), выполненные из синтетического пленочного материала. Обратные клапаны 5 закрывают калиброванные отверстия 6, служащие для выпуска воздуха из камеры декомпрессии 7 в атмосферу. В центре крепления клапана 5 выполнено калиброванное отверстие 8 (Фиг. 7), которое служит для обеспечения плавного впуска воздуха во время полета модели в камеру декомпрессии 7. Калиброванное отверстие 8 меняет

свое проходное сечение или перекрывается полностью дозирующей иглой 9, имеющей резьбу микровинта, которая ввинчивается в резьбовую втулку 10. Изменение величины декомпрессии производится на земле путем ввинчивания или вывинчивания дозирующей иглы 9 ключом поворота иглы 11, размещенном на подвижной охватываемой трубке 12 (фиг. 3). Трубка 12, входящая в телескопический набор, находится внутри неподвижной трубки 4 и имеет пояса уплотнения 13. Упругий элемент 14 (например, пружина) размещен между перегородкой неподвижной трубки 4 и торцевой стенкой 15 подвижной трубки 12.

Внутри подвижной охватываемой трубки 12 (Фиг. 6) вставляется с возможностью перемещения и последующего отделения пусковая трубка 16, выполненная из алюминиевого сплава или пластика. Пусковая трубка 16 имеет кольцевые проточки 17 с радиальными отверстиями малого диаметра 18. Наружная поверхность пусковой трубки 16 покрыта эластичной полимерной пленкой 19 с низким коэффициентом трения типа фторопласта.

Формообразующая оболочка 1 выполнена из тонкого пластика методом вакуумного формования или отформована из пенолиста и имеет герметичные стыки 20 в соответствии со схемой технологического членения модели. Оболочка имеет полости 21, заполненные воздухом, или пористую структуру пенопласта 22.

Внутри формообразующей оболочки 1 размещено звукоизлучающее устройство 23 (например, электронное на базе микросхемы или аэродинамическое, действующее от набегающего потока воздуха), которое служит для сопровождения полета модели и ее обнаружения после приземления. Электронное звукоизлучающее устройство сопровождения и обнаружения 23 посредством упругой мембраны 24 (Фиг. 7) соединено с блоком включения 25, который размещен в неподвижной трубке 4.

Летающая модель-полукопия самолета имеет на своих несущих поверхностях отклоняемые элероны 26 (Фиг. 2), настраиваемые перед запуском модели.

Наружный конец подвижной трубки 12 снабжен балансирующим кольцом 27 (Фиг. 3), настраиваемым перед полетом.

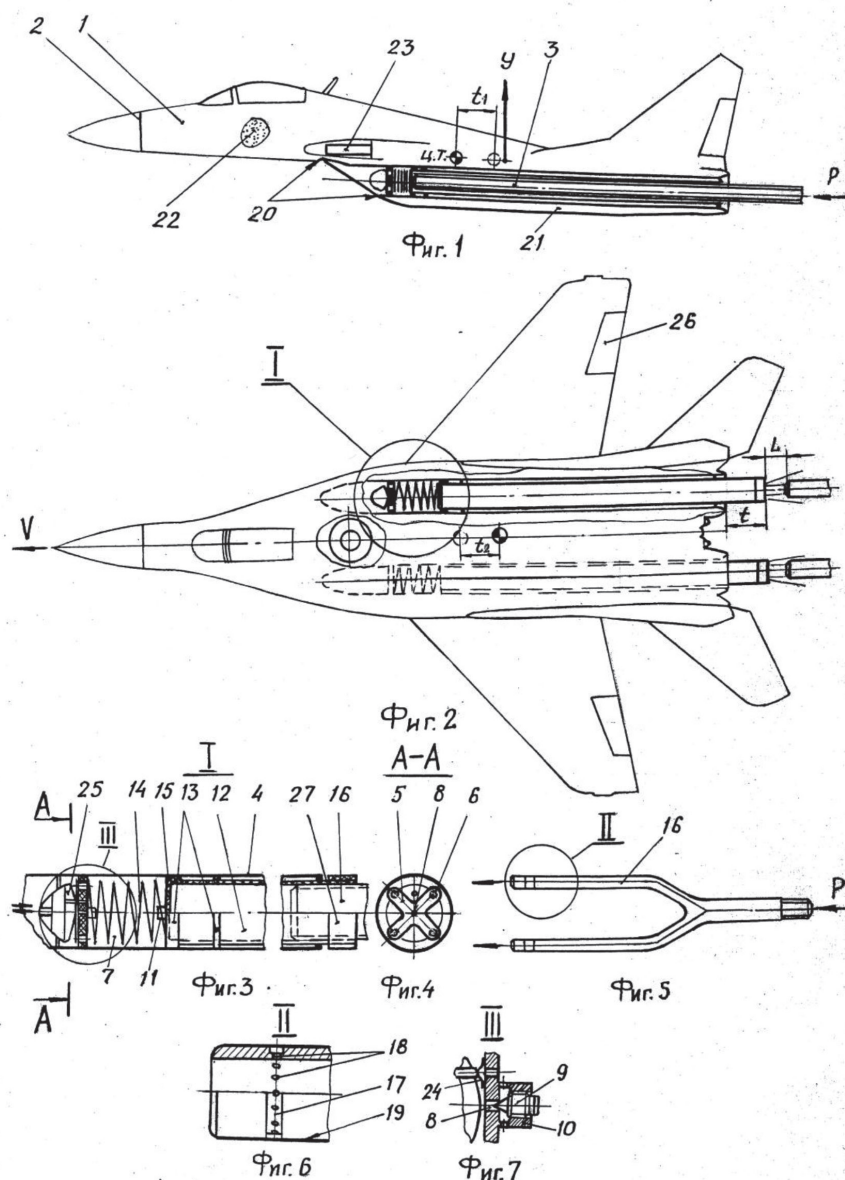


Рис. 5. Сущность предлагаемого технического решения поясняется чертежами: Фиг. 1 – вид сбоку летающей модели-полукопии реактивного самолета в момент действия стартового импульса. Фиг. 2 – вид сверху летающей модели-полукопии реактивного самолета во время полета. Фиг. 3 – устройство телескопического набора трубок. Фиг. 4 – сечение телескопического набора трубок по обратным клапанам. Фиг. 5 – схема пусковой трубки для двухдвигательного самолета типа МиГ-29, Су-27. Фиг. 6 – увеличенное сечение рабочей части пусковой трубки. Фиг. 7 – увеличенное сечение по дозирующей игле впуска воздуха

Работа модели-полукопии

Перед запуском модели Рис.5 (Фиг. 1) пусковые трубки 16 вставляются в её сопла, т.е. в подвижные охватываемые пусковые трубки 12 и перемещаются внутри подвижных трубок «до упора». При этом подвижные охватываемые трубки 12, перемещаясь внутри неподвижных охватывающих трубок 4, воздействуют на упругие элементы

14 и сжимают их. Одновременно через калиброванные отверстия 6 из декомпрессионных камер 7 стравливается в атмосферу воздух. После прекращения движения охватываемых трубок 12 внутри охватывающих трубок 4 сжатые упругие элементы 14 стремятся перемещать подвижные трубки 12 в обратном направлении. Но им препятствует разрежение в камерах декомпрессии 7, обеспечиваемое клапанами 5, которые

перекрыли калиброванные отверстия 6 и отсекали, таким образом, подачу воздуха в камеру декомпрессии 7. Выравнивание давления при этом возможно только через калиброванные отверстия впуска воздуха 8. Величина сечения калиброванных отверстий 8 влияет на скорость перемещения подвижных охватывающих трубок 12.

Для запуска модели-полукопии реактивного самолета, пользователь берет в руки источник сжатого воздуха (например, вело или мотонасос), к которому герметично подсоединены пусковые трубки 16, т.е. в это время модель «надета» на пусковые трубки 16.

Одной рукой пользователь удерживает корпус насоса, другой резко перемещает шток насоса, создавая внутри его избыточное давление. Производится импульсная подача сжатого воздуха через пусковую трубку 16 в охватываемые пусковые трубки 12, и давление воздуха отбрасывает охватываемые пусковые трубки 12, а вместе с ними и модель вперед, сообщая ей большую скорость. При этом пусковые трубки 12 смещают центр тяжести модели на расстояние $t1$ Рис.5 (Фиг. 1), обеспечивая более переднюю центровку модели.

В момент подачи стартового импульса Р, часть воздуха воздействует на упругие пневмомембраны 24, соединенные с блоком включения 25 электронного звукоизлучающего устройства 23 сопровождения полета и обнаружения после посадки, и запускает устройство в работу. Летящая модель отделяется от пусковых трубок 16, совершая полет со звуком, имитирующим звук реактивного самолета Рис.5 (Фиг. 2), на расстояние L со скоростью V.

В полете Рис.5 (Фиг. 2) энергия, запасенная в упругих элементах (пружинах), перемещает подвижные трубки 12 внутри неподвижных трубок 4 в течение определенного времени, задаваемого расходом воздуха, поступающего внутрь декомпрессионных камер 7, через калиброванные отверстия впуска воздуха 8. При этом пусковые трубки 12 смещают центр тяжести модели на расстояние $t2$ Рис.5 (Фиг. 2), обеспечивая более заднюю центровку модели.

Перемещение подвижных трубок 12 в процессе полета модели равноценно перемещению её центра тяжести. Это приводит, в конечном счете, к изменению траектории полета модели. В полете аппарата меняется его угол тангажа, и при достаточном запасе кинетической энергии, сообщенном стартовым импульсом воздуха, модель-полукопия самолета способна выполнять фигуры высшего пилотажа в вертикальной плоскости.

Настройка времени перебалансировки модели в полете

Время перебалансировки модели в полете может задаваться на земле перед полетом Рис.5 (Фиг. 3). Для этого необходимо подвижную охватывающую трубку 12 утопить (переместить) внутрь неподвижной охватывающей трубки 4 и плавно повернуть до попадания ключа поворота дозирующей иглы 11 в шлиц дозирующей иглы впуска воздуха 9. После попадания ключа в шлиц дозирующей иглы впуска воздуха 9 поворотом подвижной охватывающей трубки 12 дозирующую иглу впуска воздуха 9 приближают или удаляют, меняя сечение калиброванного отверстия впуска воздуха 8. Ввинчивая дозирующую иглу 9 по часовой стрелке – уменьшают сечение отверстия 8, вывинчивая дозирующую иглу 9 против часовой стрелки – увеличивают сечение отверстия 8. Изменение сечения отверстия впуска воздуха 8 меняет расход воздуха и соответственно скорость перебалансировки модели в полете.

Для обеспечения возможности маневрирования модели относительно продольной оси и в горизонтальной плоскости она снабжена свободно отклоняемыми элеронами 26. Элероны имеют шарнирную навеску, могут отклоняться вверх-вниз на угол до 15° и в полете сохраняют заданный на земле угол наличием фрикционных фиксаций в шарнирах.

Для правильного подбора центровки модели на её подвижной 12 или неподвижной 4 трубках имеется балансирующее кольцо 27, масса которого подобрана опытным путем.

Формообразующая оболочка

В данном варианте формообразующая оболочка 1 выполнена методом вакуумного формования с необходимыми жесткостями 2, по периметру замкнута герметичными стыками 20. В оболочку 1 герметично вставлены неподвижные охватывающие трубки 4. В целом, формообразующая оболочка 1 представляет собой замкнутый «объем», заполненный воздухом 22 с очень незначительным избыточным давлением. Избыточное давление, предназначенное для формообразования, обеспечивает защиту модели от разрушения при её ударе о землю в момент неудачного приземления. При ударе такой оболочки о препятствие, её поверхность слегка деформируется, поглощая энергию удара, часть её передается воздуху, содержащемуся внутри оболочки и прежняя форма вновь восстанавливается. Такая конструкция оболочки модели обеспечивает безопасность окружающих зрителей и самого пользователя, что особенно важно при эксплуатации модели в густонаселенных местах и местах массового отдыха людей, особенно детей.

№ п/п	Наименование модели-полукопии	Длина мм.	Размах мм.	Масса г.	Нагрузка на крыло г./дм ²	Площадь крыла дм ²	Площадь Оперения дм ²	Общая площадь дм ²	Нагрузка на общ. пл.г./дм ²	Дальность Планиров.
1	«Стриж»	234	135	13	23,2	0,56	0,16	0,72	18,0	55
2	«Утка»	330	400	22,3	7,0	3,2	0,6	3,8	5,9	70
3	«Ястреб»	300	220	20	15,5	1,29	0,33	1,62	12,3	88
4	«Е-166»	400	182	30	22,7	1,32	0,42	1,74	17,2	35
5	«Е-152М»	400	182	43,5	33	1,32	0,42	1,912	22,8	30
6	«МиГ-9»	138	140	7,3	18,3	0,4	0,08	0,48	15,2	25
7	«МиГ-15»	250	245	9,3	8,3	1,12	0,18	1,3	7,15	70
8	«Би-1»	260	252	14,0	10,2	1,06	0,2	1,26	11,1	37
9	«Як-32»	310	292	11,8	8,6	1,37	0,3	1,67	7,1	60
10	«Дисколет»	245	275	18,0	6,67	2,7	-	2,7	6,67	40



Рис. 6

Выводы

Полеты таких малоразмерных моделей, судя по дальности планирования, протекали с довольно низким аэродинамическим качеством К (таблица), но среди всех испытанных моделей, выделялась модель самолета «Ястреб», которая имела треугольное в плане крыло с довольно острой передней кромкой. Это конструктивное решение позволяло турбулизовать пограничный слой воздуха на крыле, обеспечивая закритический режим его обтекания.

Как показали проведенные испытания, классические аэродинамические компоновки для летающих объектов таких размерностей при использовании в Микро – БЛА, не пригодны, поэтому поиск нетрадиционных технических решений для летающих микрообъектов продолжается.

Описанные способы изготовления малоразмерных летательных аппаратов с пневмо-

пуском, летающих на малых числах Рейнольдса, могут быть использованы для серийного и массового производства летающих моделей и игрушек из листового пенопласта, обеспечивают точность изготовления оболочек и возможность стабильного сохранения конфигурации поверхностей двойной кривизны.

Список литературы

1. В.А. Заворотов «От идеи до модели», Москва, «Промсвещение» 1988 г., стр. 50 – 54.
2. Журнал «Крылья Родины» №9, 1980 г. стр. 33.
3. «Летающая игрушка-полукопия самолета с пневмопуском» Решение о выдаче патента на изобретение № 95101755/12 (003168) от 03.02.1995 г., авторы Воронков Ю.С., Воронков О.Ю.; А 63 Н 27/00.
4. Патент РФ №2162428 от 09.07.1998 г. В 64 С 33/02.
5. Материалы Благотворительного общества научно-технического творчества и экологии «Ювенал» города Таганрога.
6. Воронков Ю.С., Воронков О.Ю. Агрегаты двойной кривизны из листового пенопласта для беспилотных малоразмерных летательных аппаратов и авиамоделей. Журнал Современных наукоемких технологий. – 2015. – № 4. – С. 78-83.