

В. В. КОЗЬМИН,
И. В. КРОТОВ

ДЕЛЬТАПЛАНЫ

- УСТРОЙСТВО ДЕЛЬТАПЛАНА
- ТЕОРИЯ ПОЛЕТА
- МЕТЕОРОЛОГИЯ



Издание второе,
переработанное и дополненное

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР
1989

Рецензент канд. техн. наук *В. И. Канаев*

Редактор *В. Н. Ионов*

Художник *А. Б. Куликов*

Козьмин В. В., Кротов И. В.

К59 Дельтапланы.—2-е изд., перераб. и доп.— М.: ДОСААФ, 1989.— 272 с., 16 л. ил.

В пер. 1 р. 30 к.

Книга рассказывает не только о дельтапланерном спорте, но также об использовании мото- и дельтапланов в народном хозяйстве, о принципах конструирования этих аппаратов, о материалах, из которых они делаются, о влиянии состояния атмосферы на полет дельтаплана.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, опытных спортсменов и тренеров-дельтапланеристов, на руководителей кружков внешкольных учреждений по дельтапланеризму и проектированию сверхлегких летательных аппаратов.

К $\frac{420200000-086}{072(02)-89}$ 39—88

ББК 39.54
6Т5.1

ISBN 5—7030—0013—0

© Издательство ДОСААФ СССР, 1989

ВВЕДЕНИЕ

Дельтаплан — это сверхлегкий летательный аппарат (СЛА) с крылом треугольной формы, напоминающим своими очертаниями четвертую букву греческого алфавита — Δ (дельту). В Англии их называют «хэнгглайдер» (буквально — висяче планирующий), подчеркивая историческое происхождение от крыльев Либиенталя.

Первые аппараты, с которых началась популярность дельтаплана, были изготовлены австралийцами в 60-е годы. Они были небольших размеров, поэтому для полета требовались большие скорости. Для свободных полетов площадь крыла пришлось увеличить до 15—17 м², но аэродинамическая схема крыла осталась без изменений. «Классический Роголло» имел силовой каркас из четырех труб одинаковой длины и угол стреловидности в пределах от 50 до 45°. С этой типовой конструкции начались полеты на дельтапланах у нас в стране и за рубежом. Аэродинамическое качество крыла этого типа редко было более четырех, а скорость снижения составляла 2,5—3 м/с. Поэтому полеты на дальность или выигрыш высоты на этих аппаратах были невозможны, и соревнование шло лишь по продолжительности парения. Не уйдя далеко от парашюта (в то время крыло Роголло имело и второе наименование — «параглайдер» — планирующий парашют), он позволял довольно точно садиться в цель. Первые соревнования часто в свою программу включали полет на точность приземления.

По мере распространения дельтапланеризма в его ряды вливались новые молодые экспериментаторы, конструкторы, пилоты. Каждый из них пытался внести в конструкцию что-то свое. Не было пилота, который бы не считал себя разработчиком. Новые схемы рождались как с помощью научного подхода, так и методом «режь и пробуй».

Трудно сказать, какой путь более результативен, но на каждом из них были свои забавные истории. Так один из опытных пилотов приходил на полеты с большими ножницами и после каждого полета подрезал заднюю кромку, подходя таким «опытным» путем к оптимальной форме крыла. Ошибочность метода «урезания» пилот понял лишь тогда, когда половина купола была переведена в лоскутки лавсана.

Другой пилот, начитавшись в книгах по аэродинамике о преимуществах щелевого крыла, решил построить дельтаплан такого типа. Но он так затянул заднюю кромку, что аппарат со старта входил в отвесное пикирование. Только случай спас этого горе-конструктора от серьезной опасности.

Еще один «экспериментатор» долгое время облетывал неграмотно спроектированный аппарат. Он со старта сваливался в штопор, умудрялся садиться на каждый куст и дерево, росшие на склоне, зарываться с головой в снег, так что наверху оставались торчать только ноги. Но ни синяки, ни советы более опытных пилотов не заставили его признать свою ошибку.

Тем или иным путем, но совершенствование крыла Рогалло шло, и на смену первым дельтапланам пришли аппараты второго поколения.

Дельтаплан представляет безграничное поле для творчества и поиска совершенства. У нас в стране во многих городах существуют группы энтузиастов-конструкторов и отдельные талантливые разработчики, которые уже в течение ряда лет создают свои оригинальные модели дельтапланов с высокими летными характеристиками.

Так, широко известны работы мастера спорта ленинградца Владимира Михайлова.

Всегда отличались своеобразием и высоким аэродинамическим качеством разработки москвича Анатолия Рябцева.

Уровень работ клуба дельтапланеризма Черновицкого государственного университета позволяет приравнивать его к общественному конструкторскому бюро.

Научный подход к конструированию и оригинальность решений выделяют общественное КБ в Красноярске, возглавляемое Геннадием Коваленко. Постоянно идет на волне технического прогресса Сергей Казанцев, известный в стране и как пилот, и как автор совершенных конструкций. Трудно перечислить всех, кто этого заслуживает, так как в когорту конструкторов постоянно вливаются новые, молодые силы, а география технического творчества постоянно расширяется.

Остановив свой выбор на какой-либо принципиальной схеме крыла, нужно помнить, что первый аппарат должен быть, как правило, учебным. Мы советуем другим дельтапланеристам повторять лишь аппарат, построенный его создателем в количестве не менее четырех экземпляров и проверенный в полете опытными пилотами. Но независимо от того, какой схеме отдается предпочтение, конструкция аппарата должна соответствовать требованиям прочности и безопасности.

Сейчас среди дельтапланов главенствуют аппараты с плавающей поперечиной, которые дают пилоту ряд преимуществ в парящих полетах.

Завершающей и весьма ответственной стадией создания аппарата являются его летные испытания. Промышленные дельтапланы после разработки проверяют в специальных центрах, оборудованных стендами и аппаратурой. Причем опасные виды испытаний проводятся с использованием манекенов. В дельтаклубе аппарат любительской постройки испытывает с выдачей тех же гарантий пилот-эксперт, но тоже любитель, как и остальные члены клуба. Он проводит испытания в присутствии членов технической комиссии. Программа испытаний достаточно сложна: пилот должен оценить взлетные и посадочные качества аппарата по пятибалльной шкале.

Представляемый для испытаний в установленном полете дельтаплан должен быть полностью сбалансирован и обладать положительной устойчивостью на всем диапазоне скоростей. В технический паспорт аппарата заносится скорость полета с «брошенной» рукояткой управления, минимальная и максимальная достигнутые скорости, время разворота на 360° .

Главным для безопасности является проверка на антипикирующие свойства нового образца. За неимением специальных стендов их проводят на земле. Для проверки сначала балансируют ненагруженный дельтаплан так, чтобы точка подвески пилота приходилась на центр тяжести крыла. Затем испытание проводится на ровном месте при сильном ветре (скорость более 10 м/с) и отсутствии порывов. Один из испытателей держит аппарат в точке подвески пилота, а другой изменяет угол атаки крыла, установленного носом против ветра. Аппарат даже на малых углах атаки должен стремиться задрать нос.

Ряд испытаний надо проводить пилоту, снабженному спасательным парашютом, на значительных высотах. Такого требования пока нет в инструкции, но ведущие

пилоты уже давно свои новые спортивные модели про-
веряют в полете с хорошим запасом высоты.

Облет нового дельтаплана происходит поэтапно,
а иногда, если крыло с «норовом», требуется много вре-
мени, прежде чем он уверенно и надежно начнет летать.
Ведь и птицы не сразу начинают летать. Но после всех
сомнений, тревог, трудностей, а возможно, и синяков
наступает момент, искупающий все. Тот миг, когда дельта-
планерист может радостно воскликнуть: «Я лечу!»

Встречного Вам ветра и мягкой посадки!

Глава 1.

НЕБЕСНЫЕ ПЕРВОПРОХОДЦЫ

Легенды и мифы разных вре-
мен и народов рассказывают
о многочисленных попытках че-
ловека летать с помощью кры-
льев. Наиболее известна леген-
да об Икаре и его отце Дедале,
дошедшая до нас благодаря из-
вестному римскому поэту Ови-
дию, написавшему о ней в своих
«Метаморфозах».

Летали не только герои ле-
генд и сказаний. Дерзали и
простые смертные. Когда в
1161 году султан турок-сель-
джук Арслан II посетил в
Византии императора Эмману-
ила I Комнина, один турок пред-
принял попытку слететь с цир-
ковой башни. Вот как расска-
зывает об этом очевидец собы-
тия историк Никита Акоминат:
«Тогда на башню ипподрома
влез один сарацин, которого
вначале сочли скоморохом, и
заявил о своем желании пере-
лететь через ристалище. Вот он
показался на верху башни,
точно у старта, в очень длин-
ной и широкой одежде из бе-
лой ткани, широко раздутой
подшивными ивовыми пруть-
ями. Сарацин намеревался про-
плыть в этой одежде, раздува-
емой ветром, как судно на па-
русах. Все глаза были обраше-

ны на него, из толпы зрителей
его понукали возгласами: «Лети
же!» — и нетерпеливыми вопро-
сами, до каких пор он будет
изучать ветер на башне. импе-
ратор же посылал к нему, ста-
раясь удержать его от этой
отчаянной смелости. А он долго
стоял, испытывая ветер, и мно-
го раз взмахивал руками, как
крыльями. Когда ветер показал-
ся ему, наконец, благоприят-
ным, он воспарил и зареял в
воздухе, как птица, так что ка-
залось, что он летает. Но он
оказался еще несчастнее Ика-
ра: как тяжелое тело, он грох-
нулся наземь и испустил дух».

Эта древняя история поучи-
тельна и для наших дней. Не-
редко иной неопытный пилот
под давлением нетерпеливых
зрителей совершает необдуман-
ный шаг.

Подобного рода попытки
предпринимались и на Руси.
Историк авиации и воздухо-
плавания А. Родных опубли-
ковал в 1910 году рукопись
А. Сулакадзева, жившего в
конце XVIII — начале XIX ве-
ка. Она называется «О воздуш-
ном летании в России с 906 лета
от Р. Х.» и содержит некото-
рые сведения о попытках рус-

ских людей передвигаться по воздуху на построенных ими аппаратах.

В царствование Иоанна Грозного смерд Никитка сшил себе крылья, подобные птичьим, и совершил в Александровской слободе в присутствии царя несколько полетов. На что последовала следующая реляция Иоанна Грозного: «Человек не птица, крыльев не иметь. Аще же представит себя аки крылья деревянные, противу естества творит. То не божье дело, а от нечистой силы. За сие содружество с нечистою силою отрубить выдумщику голову. Тело окаянного пса смердящего бросить свиньям на съедение. А выдумку, аки дявольской помощью снаряженную... огнем сжечь». И покатила с эшафота голова дивная. И сожгли на костре не крылья деревянные, а мечту живую...

Петру I был чужд подобный консерватизм. Ему принадлежат прозорливые слова: «Мы, а наши правнуки будут летать по воздуху, аки птицы».

Историки свидетельствуют, что в 1729 году в селе Ключ, недалеко от Ряжска, один кузнец сделал крылья, надевая на проволочный каркас птичьего перья, и якобы летел до тех пор, пока не «спустился на кровлю церкви, но поп крылья сжег и его едва не проклял».

Случались полеты и на змеях. «1745 года из Москвы шел какой-то Каричивец и делал змеи бумажные на шестиках и прикрепил к петле. Под нею сделал седалку и поднялся, но его тело стало крутить, и он упал, ушиб ногу и более не поднимался».

Очевидно, создатель не учел требований, предъявляемых к устойчивости летательных аппаратов, что, впрочем, вполне извинительно, ибо подобные же промахи совершают иные конструкторы дельтапланов и сегодня.

Эти и другие многочисленные попытки летать, как правило, были обречены на неудачу. Авторы их или слепо копировали природу — крыло птицы, или экспериментировали, не изучив свойств среды, где происходит полет, не познав тайн самого полета.

История борьбы человека с земным притяжением, основанная на научном методе поиска решения проблемы, открывается именем гениального художника и ученого Леонардо да Винчи.

Пытаясь постичь тайну полета, Леонардо наблюдал и изучал парение птиц, анатомизировал их тела, строил летательный аппарат с машущими крыльями, ставил опыт с падающими телами, а также движущимися в воде и перемещаемыми в воздухе, готовился к тому, чтобы построить большой летательный аппарат. «С горы, получившей имя от большой птицы, — писал он, — начнет полет знаменитая птица, которая наполнит мир великой о себе молвой». (Имеется в виду гора вблизи Флоренции Чичеро — гора Лебеда, с которой, как говорит молва, одним из учеников Леонардо был совершен полет, закончившийся неудачно.)

Леонардо первым пришел к идее создания воздушного винта, и развивая ее дальше, из-

готовляет модель вертолета. Он решает не только проблему отрыва от земли, но и благополучного возвращения на нее в случае аварии. После него осталось более 8000 листов с эскизами, расчетами, расчленениями, которые до сих пор полностью не расшифрованы. Многие тексты Леонардо считаются утерянными. Один из них, имеющий отношение к нашему повествованию, был возвращен на родину великого итальянца благодаря нашему соотечественнику. Историю эту вполне можно назвать детективной.

Приключения начались сразу же после смерти Леонардо в мае 1519 года. Сундук, в который спрятал бесценные рукописи ученик и друг ученого Франческо Мельци, был укрыт так старательно, что его обнаружили лишь спустя полвека после смерти самого Мельци. Рукописи, извлеченные из сундука, стоявшего на пропыленном чердаке, сразу же стали предметом купли и продажи. Через 200 лет, когда наполеоновские армии завоевали Италию, бумаги Леонардо в счет контрибуции были отправлены в Париж. В 1815 году французы вернули рукописи в Италию, но часть из них осталась в Париже, в библиотеке Академии наук, в том числе и тетрадь на восемнадцати страницах в пергаментной обложке — «Кодекс о полете птиц». Как выяснилось впоследствии, «Кодекс» вскоре исчез, а точнее, его просто украли. Пропажу заметили лишь в 1848 году. Ученые забили тревогу, и вскоре вор был найден. Им оказался граф

Гильельмо Либри, страстный книголюб, частенько уединявшийся в библиотеке Академии среди пожелтевших фолиантов. Как оказалось, просвещенный граф был опытным и дерзким вором. Либри не явился на судебный процесс и был заочно приговорен к десяти годам тюремного заключения. Это, однако, не помешало ему продать украденную рукопись уже итальянскому графу Джакомо Манцони. После смерти последнего «Кодекс о полете птиц» в 1892 году приобрел на аукционе золотопромышленник Федор Васильевич Сабашников, старший брат известных русских книгоиздателей.

Сабашников издал рукопись на французском и итальянском языках, а оригинал вернул Италии. 30 мая 1894 года муниципальный совет города Винчи объявил Сабашникова своим почетным гражданином. Постановление совета звучало торжественно и трогательно: «Обсудив то обстоятельство, что всем этим знаменитый Федор Сабашников сделался как бы заслуженным членом общины, постановил поднести Федору Сабашникову почетное гражданство города Винчи».

В одной из рукописей Леонардо есть такие строки: «Человек содержит в своих мышцах силу, которая больше той, что необходима, чтобы носить свой собственный вес... Наблюдение и изучение парящих в небе орлов, идущих по морю кораблей, движимых наполненными ветром парусами, приводит к умозаключению, что человек может создавать искус-

ственные крылья, способные преодолеть сопротивление воздуха». Наше время подтвердило этот вывод ученого, сделанный почти пятьсот лет назад.

Решающий шаг в развитии безмоторного воздухоплавания сделал XIX век. И первым среди его представителей следует назвать сэра Джорджа Кейли, мелкопоместного барона из Йоркшира.

Свой основной тезис Кейли сформулировал следующим образом: «Поверхность под воздействием силы набегающего потока воздуха способна нести определенный вес». Этим было сказано все! Оставалось только теорию подтвердить практикой. Свои исследования он начал в 1799 году, а в 1804 году построил первый аппарат с крыльями в форме змея и крестообразным каркасом снизу.

С помощью самостоятельно разработанных методов расчета он определил, что крылу необходимо задавать определенный угол атаки, что изогнутый профиль дает большую подъемную силу и, наконец, что поперечная V-образность влияет на устойчивость.

После многолетних исследований и экспериментов в 1853 году Кейли наконец создал летательный аппарат. Полет решено было провести на буксире за лошадьми. Восемидесятилетний Кейли не чувствовал себя настолько крепким, чтобы выступить в роли пилота-испытателя. Он приказал лететь своему кучеру. Как свидетельствуют записи домашнего врача Кейли, кучер с большой неохотой стал выполнять приказание.

И после полета, который продолжался небольшое время и не доставив пилоту никакого удовольствия, он оставил аппарат, заявив: «Я приставлен к лошадям, чтобы ездить, а не летать».

Приближалось окончательное решение проблемы. И вторая половина XIX века показала это достижениями капитана Ле Бри, в 1867 году летавшего на планере с профильным крылом, француза Луи Пьера Мулльера, опубликовавшего в 1881 году труд под названием «Воздушная империя, или полет без машущего крыла».

В 1888 году в России вышла книга Николая Андреевича Арендта «О воздухоплавании, основанном на принципах парения птиц». Более 30 лет посвятил Н. А. Арендт экспериментам с планерами. «Если человек, — писал он в 1874 году, — не мог летать по воздуху при помощи крыльев за неимением достаточной силы, то почему же ему не подражать орлу, умеющему летать без затраты собственной силы?» (Арендты — выходцы из Скандинавии; голландски аренд — орел. Дядя Н. А. Арендта находился у постели смертельно раненого Пушкина, облегчая страдания великого поэта в последние часы его жизни. А правнук Н. А. Арендта, продолжая дело, начатое его прадедом, летает сейчас на дельтаплане.) Письменный доклад симферопольского врача «Об одном нормальном аэроплане» четырежды ставился на заседаниях французского общества воздухоплавания, но автор не имел

возможности приехать на заседания.

Чуть позже к таким же выводам приходит сэр Х. Максим. Вот его записи: «В парящем полете птиц нет никакой магии. Бесперывно перемещаются в атмосфере воздушные массы. Хлодный воздух опускается к земле, расширяется, нагреваясь, и снова поднимается вверх. Птица отыскивает эти восходящие воздушные массы и использует их, чтобы удерживать свою высоту без затраты энергии».

Если становление теории связано в первую очередь с именем Кейли, то практическое ее воплощение принадлежит немецкому инженеру, исследователю, конструктору и пилоту — Отто Лилиенталю.

Еще в школьные годы в Померании Отто вместе с братом Густавом начал опыты с моделями планеров. Они любили наблюдать за полетами птиц, особенно аистов. В отличие от большинства современников, которые просто указывали на общие принципы птичьего полета, братья открыли определенные закономерности и их соотношения. Они установили, что именно делает птица со своими крыльями: как она изменяет в полете размах крыла для повышения устойчивости или прогиб крыла для увеличения или уменьшения подъемной силы в конкретной полетной ситуации. Результатом наблюдений стала разработка теории полета, которая лежит в основе современной аэродинамики. В 1889 году Отто Лилиенталь опубликовал книгу «Полет птиц как основа

искусства летать», которая стала в конце XIX столетия настольной книгой всех увлеченных идеей полета.

Свой первый аппарат Лилиенталь построил в 1891 году. Для каркаса он использовал, подобно своему предшественнику XII века, ивовые прутья, к которым крепились пропитанная хлопчатобумажная ткань. Аппарат весом 20 кг имел площадь 18 м², размах крыльев 7 м. Пилот до плеч продевал руки в отверстие в крыле и держался за поперечный брус. В полете он висел на двух параллельных брусках, проходивших у него под мышками. О. Лилиенталь совершил свыше 2000 полетов, некоторые на высотах более 20 м и дальностью до 400 м. 9 августа 1896 года при испытании новой модели он завис, потеряв управление, и упал на землю с высоты примерно 15 м. Бесстрашный авиатор умер на следующий день, но прежде чем уйти из жизни, он произнес свои бессмертные слова: «Необходимо приносить жертвы».

В знак признания его заслуг перед авиацией одна из основных характеристик крыла — взаимосвязь коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления — носит название поляры Лилиентала.

Работы замечательного немецкого исследователя высоко ценил Николай Егорович Жуковский. Осенью 1895 года он встречался с Лилиенталем и присутствовал на его полетах. Вот его впечатления об этом: «Прикрепив на ноги резиновые подошвы и резиновые наколен-

ники, Лилиенталь смело бросается со своей горки и несется, маневрируя в воздухе и крича сверху наблюдавшим его зрителям: «О, как это прекрасно!» Лилиенталь весь проникнут убеждением, что первое решение воздухоплавательной задачи будет парение людей наподобие орлов. Для этого нужно, чтобы образовался воздухоплавательный спорт, подобно велосипедному. Нужно, чтобы при больших городах были устроены конусообразные холмы (около 50 м) с отлогими скалами (до 20°), на которых любители спорта могли бы упражняться в летании».

Подарок Лилиенталья — один из его аппаратов (единственный сохранившийся до наших дней) — хранится сейчас в музее Н. Е. Жуковского в Москве. На родине ученого создан музей его имени.

«Отец русской авиации» Н. Е. Жуковский также заинтересовался вопросами непосредственного полета человека и доказал возможность таких полетов. Выступая в 1898 году на съезде естествоиспытателей и врачей в Киеве, Николай Егорович сказал: «Глядя на летающие вокруг нас живые существа: на стрижей и ласточек, которые со своим ничтожным запасом энергии носятся в продолжение нескольких часов с быстротой, достигающей 50 м, и могут перелететь целые моря, на орлов и ястребов, которые описывают в синем небе свои красивые круги с неподвижно распростертыми крыльями, на неуклюжую летучую мышь, которая, не стес-

няясь ветром, бесшумно переносится во всевозможных направлениях, мы невольно задаемся вопросом, неужели для нас нет возможности подражать этим существам? Правда, человек не имеет крыльев и по отношению веса своего тела к весу мускулов он в 72 раза слабее птицы; правда, он почти в 800 раз тяжелее воздуха, тогда как птица тяжелее воздуха только в 200 раз. Но я думаю, что он полетит, опираясь не на силу своих мускулов, а на силу своего разума». Закончил он свою речь пророческими словами: «...новый век увидит человека, свободно летающего по воздуху!» Великий ученый имел при этом в виду аппараты типа дельтаплана.

Внесший большой вклад в развитие отечественной авиации Алексей Владимирович Шиуков (Шиукашвили) был первым, кто совершил в нашей стране успешный полет на балансирующем планере собственной конструкции в начале века. Аппарат пятнадцатилетнего гимназиста представлял из себя небольшой планер-биплан площадью 18,75 м², размахом 6,5 м, весом 60 фунтов (24 кг). Материал — бамбуковые палки и полотно. Полеты проходили на склонах горы Махати под Тифлисом.

Сообщения газет и слухи о «возмутительных, неблагоприятных летных фокусах» грузина-гимназиста разгневали попечителя учебных заведений. Он вызвал отца Алени и потребовал: «Не дело учащимся заниматься полетами. А по-сему — или гимназия, или цир-

качество в воздухе!» Отец Шиукова выбрал второе. Выпускные экзамены Алексей сдал экстерном.

Следует подчеркнуть, что царский режим неблагоприятно относился к отечественным авиаторам. Летать даже на небольших склонах можно было лишь с разрешения и в присутствии полицейских. Характерен диалог, происшедший в Государственной думе 18 февраля 1910 года по вопросу о летании. Депутат Маклаков (левый): «В то время, как все страны полетели на аэропланах, когда частная предприимчивость приняла в этой области участие, у нас что в этом отношении есть? Еще ни один человек не летает, а уже правила полицейские против употребления аэропланов изданы (рукоплекания слева), уже есть надзор за этим!»

На это депутат Марков (правый) ответил: «Напрасно член Думы Маклаков возмущается, что в России никто еще не летает, а правила об авиации уже установлены. Что же тут дурного? Понятно, что прежде чем пустить людей летать, надо научить летать за ними полицейских». (Рукоплекания справа.)

В 1976 году Шиуков, которому шел тогда девятый десяток, присутствовал на тренировках московского клуба «Дельтаплан» в Тушино, живо интересовался устройством крыла Рогалло и даже примерялся к нему. «Легкий аппарат. Пожалуй, я и сейчас могу летать», — пошутил Алексей Владимирович.

Родившаяся в начале века

моторная авиация пленила всех энтузиастов воздухоплавания, и на время древняя мечта человека свободно парить в небе подобно птице почти забылась. Ей остались верны лишь отдельные группы. Среди них были и ленинградские рабочие с завода «Красный выборжец».

Зимой 1929 года в планерном кружке при заводе был построен планер парусного типа весьма простой конструкции. Каркас планера состоял из четырехметровой бамбуковой палки, выгнутой в виде полоза, к которой на одну треть длины от носа крепилась пятиметровая поперечина тоже из бамбука, имевшая V-образный изгиб. Пилот сидел на крыле и управлял планером в полете с помощью двух треугольных полотнищ. На испытаниях планер при тихом ветре поднимался на высоту до 6 м и держался в воздухе 2,5 мин, пролетая за это время более 150 м. Между этим аппаратом — «парусным планером» ленинградских рабочих — и современным дельтапланом существует очень большое сходство. Этот летательный аппарат (рис. 1) более чем на два десятилетия опережает изобретение профессора Рогалло.

Американец польского происхождения Френсис Мелвин Рогалло вписал свое имя в анналы истории полетов на балансирующих планерах не как пилот, а как автор «змея», форма которого стала самой популярной для сверхлегких летательных аппаратов.

Молодым инженером пришел в 1936 году Рогалло в научный

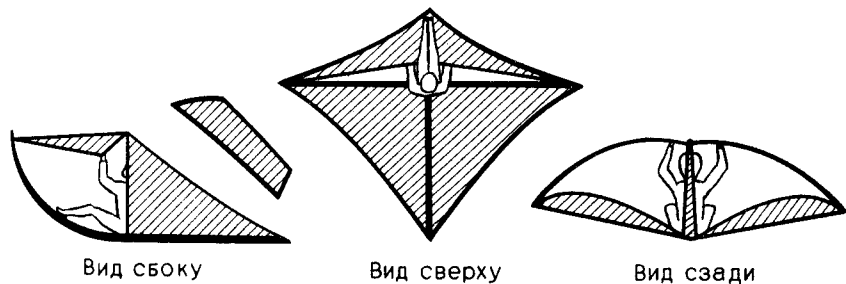


Рис. 1. Дельтаплан, созданный рабочими «Красного выборжца» (1929 г.)

центр, носящий имя одного из пионеров авиации Лэнгли, и начал работать в группе испытаний в аэродинамической трубе. В середине сороковых годов он вместе со своей женой занимался исследованием свойств воздушных змеев. В 1951 году на основании этих работ он получает патент на изобретение — «змея Рогалло», представлявший собой крыло треугольной формы.

Почти десятилетие к изобретению никто не проявлял интереса, хотя супруги продолжали развивать свою идею и получили еще ряд авторских свидетельств. Так было до тех пор, пока Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства США (НАСА) не объявило конкурс на лучшее средство приземления космических аппаратов. Рогалло принял в нем участие и победил. Его «змея», переименованный сотрудниками НАСА в «крыло Рогалло», подвергся всесторонним проверкам. Его продували в аэродинамической трубе, сбрасывали с грузом с разных высот, буксировали за вертолетом с

посадочным модулем космического аппарата «Джемини». Все подтверждало приемлемые аэродинамические характеристики крыла (рис. 2), однако, в конце концов, из-за ненадежной работы системы раскрытия предпочтение было отдано традиционному средству приземления — парашюту.

Обратил внимание на крыло Рогалло и Пентагон. В течение нескольких лет ряд американских фирм вели испытания и исследования гибкого крыла по заказам армии и ВМС США. Исследования и разработки шли по различным направлениям. Испытывались свободно несущее крыло с надувными балками, буксировочные варианты, радиоуправляемые модели, пилотируемые моторные варианты.

Проведенные исследования показали возможность применения крыла в военных целях. Было доказано, что с его помощью можно транспортировать на буксире военную технику и снаряжение, перебрасывать через линию фронта диверсионные группы и грузы. Фирмой «Райан», принимавшей

участие в исследованиях, по заказу ВМС было создано радиоуправляемое крыло с двигателем, несшее в качестве полезной нагрузки разведыва-

тельную аппаратуру. Запуск аппарата производился с помощью специальной установки. Окончательные результаты этих работ, поглотивших из

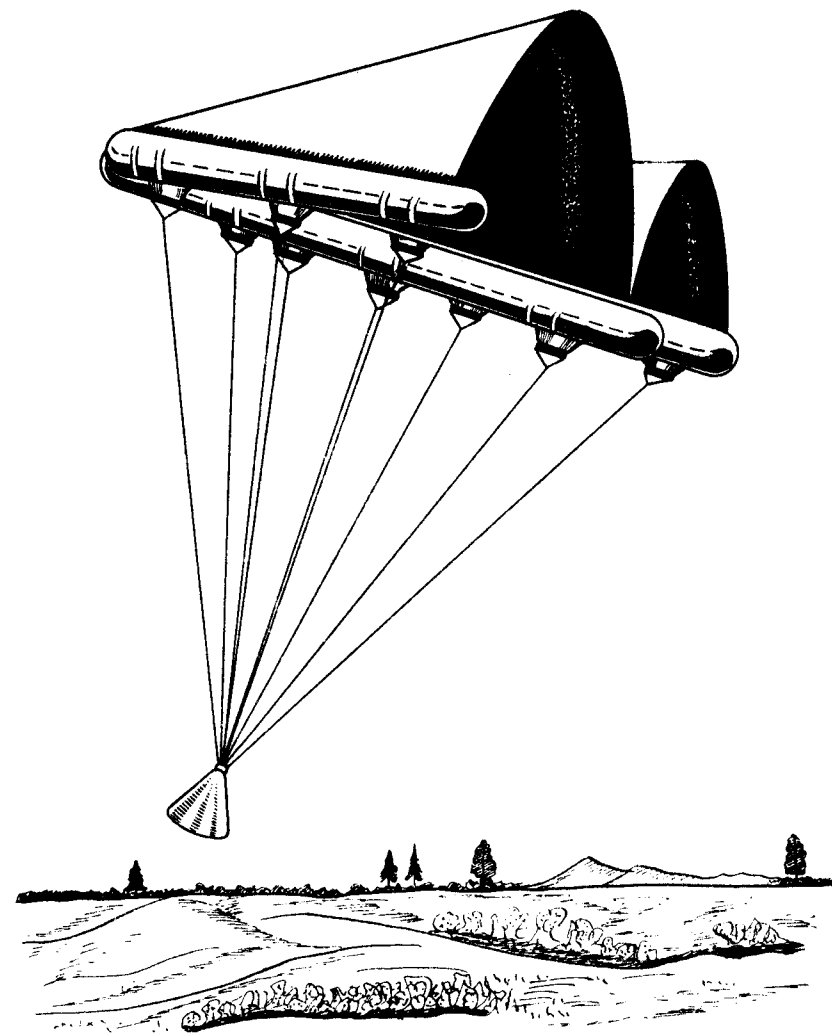
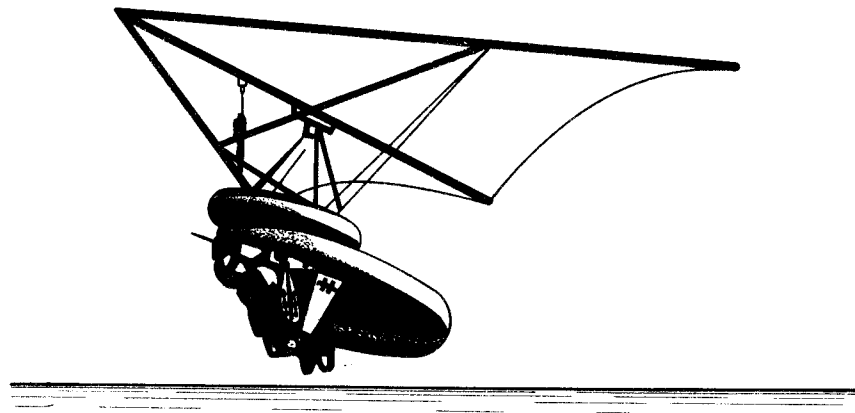
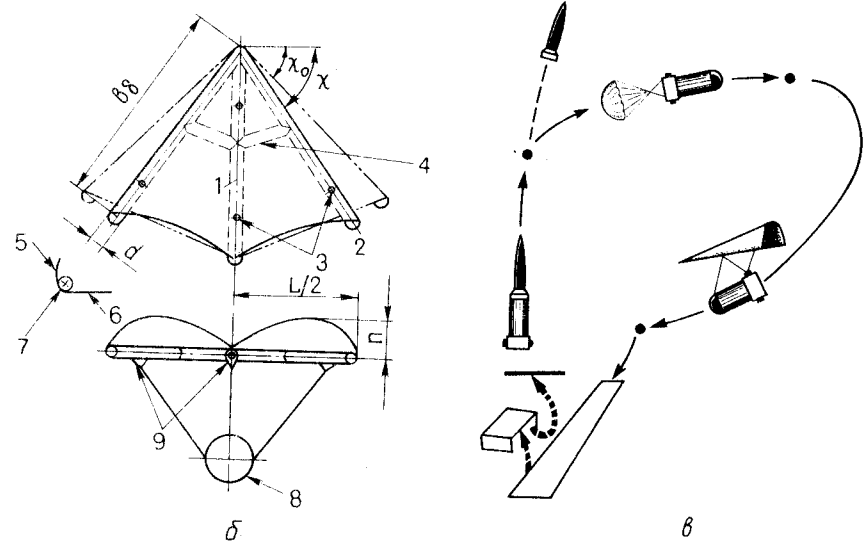


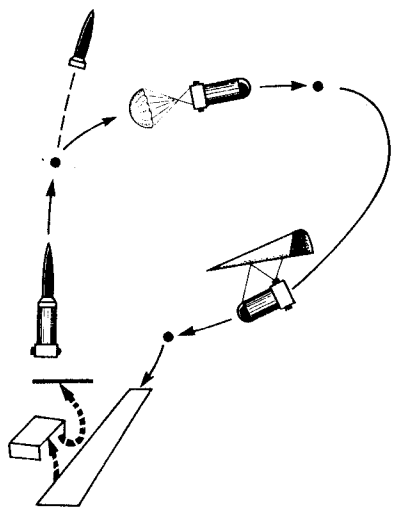
Рис. 2. Испытания крыла Френсиса Рогалло с моделью космического аппарата «Джемини»



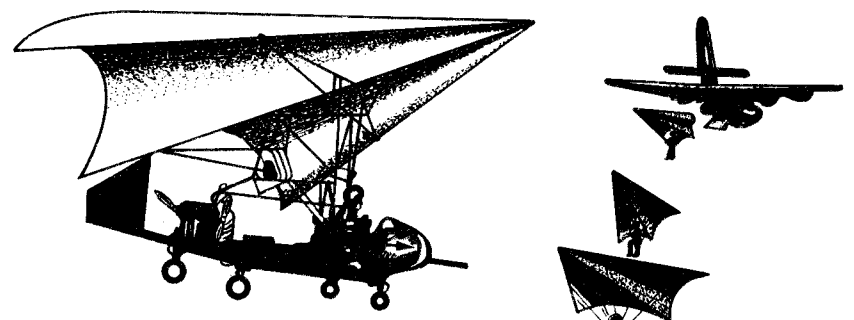
a



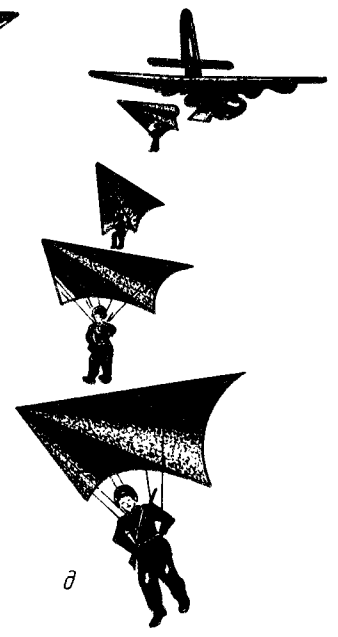
б



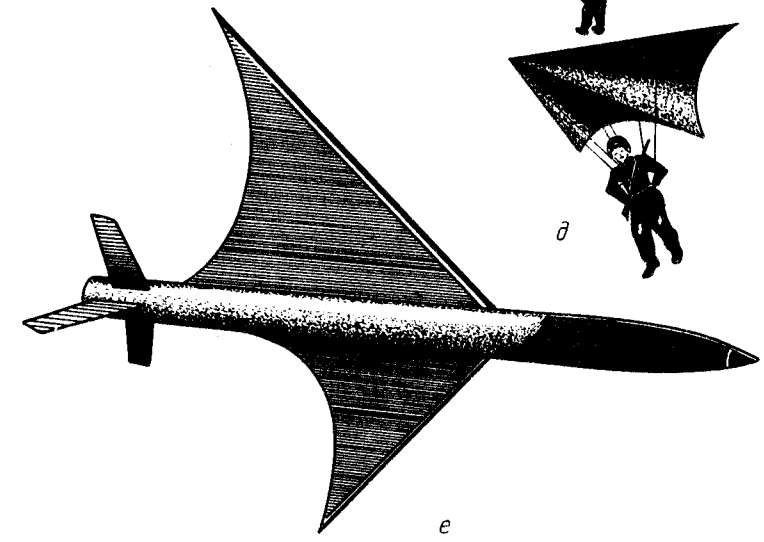
в



г



д



е

Рис. 3. Варианты прикладного использования крыла Рогалло:
 а - аварийное средство спасения пилота; б - принципиальная схема гибкого крыла для возвращения на Землю ступени ракеты-носителя; в - средства спасения ступеней ракет; г - разведывательный аппарат (по данным иностранной печати); д - десантирование техники и людей; е - планирующая ракета на мембранном крыле; 1 - центральная балка; 2 - боковая балка; 3 - места присоединения несущих тросов; 4 - раскос; 5 - оболочка; 6 - трос; 7 - боковая балка; 8 - полезный груз; 9 - места крепления несущих тросов; l_8 - длина боковой балки; χ - стреловидность крыла по передней кромке; l - диаметр балки; $L/2$ - полуразмах крыла; n - купольность.

казны США десятки миллионов долларов, оказались скрытыми в анналах Пентагона (рис. 3).

Хотя исследования по применению крыла Рогалло в военных целях не привели в то время к практическим результатам, эти работы оказали услугу становлению нового вида спорта. Ведь ни одна фирма, производящая сегодня дельтапланы, не может выделить такие гро-

мадные суммы, чтобы досконально изучить свойства гибкого крыла.

Пока на американском континенте велись исследования военного-прикладного значения крыла Рогалло, по другую сторону Тихого океана, в Австралии, прыжками с песчаных дюн открывалась новая страница в истории дельтаплана.

Глава 2.

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕЛЬТАПЛАНОВ

Тысячи людей во всем мире увлекаются микросамолетами как самым демократичным видом авиационного спорта. Специалисты различных отраслей экономики ищут ему все новые и новые сферы применения. Однако безобидное на первый взгляд спортивное увлечение всерьез заинтересовало военных специалистов НАТО. «Мы должны заниматься ими. Они имеют будущее!» — заявил один из официальных представителей бундесвера, наблюдавший за полетами дельтаплана типа «Файербед» на одной из баз ВВС.

Военное применение

В июне 1983 года в Альтенштате состоялись показательные полеты полудюжины различных мотodelьтапланов. Пилоты выполняли полеты по треугольному маршруту с контролем времени прохождения поворотных пунктов. Затем, набрав максимальную высоту, совершали полеты с выключенным двигателем.

Что же побудило зарубежных специалистов по военной технике всерьез заняться изучени-

ем конструкций и возможностей дельтапланов? Как следует из сообщений печати, прежде всего то, что на сегодняшний день дельтаплан — это самый дешевый и легко управляемый летательный аппарат. Не случайно за рубежом дельтаплан называют «ультралегким» и «биллиглюфтваффе», то есть дешевым военным оружием.

И еще один важный момент. Говоря о применении дельтапланов в военных целях, подчеркивается скрытность их передвижения, возможность совершать полеты на очень малых высотах. Как утверждается в зарубежной печати, обычные радары дельтаплан почти не различают. В журнале «Драхенфлигер» описывается случай, когда один из пилотов на аппарате «Рейнджер-М» облетел вокруг антенны радарной установки, и ошеломленные операторы попросили его сделать это еще раз, так как на экранах приборов он не был замечен.

Высказываясь в пользу мотodelьтапланов и рекламируя их широкие возможности, зарубежные военные специалисты на страницах печати упоминают перелет американских пилотов Маккарнака и Нейели на од-

ном из таких аппаратов от Калифорнии до Атлантики. Во время этого перелета они успешно преодолели горы Сьерра Невада. Отмечается также, что после них было совершено еще несколько дальних перелетов. Приводится ссылка и на зарегистрированный неофициальный рекорд высоты на дельтаплане — 6469 м.

По мнению зарубежных военных специалистов, мотodelьтаплан является оптимальным индивидуальным средством транспорта для небольших подразделений, выполняющих локальную задачу, например, по захвату какого-либо объекта или проведения войсковой разведки. Сверхлегкие летательные аппараты, как моторные, так и планеры, на Ближнем Востоке используются для доставки разведывательных и диверсионных групп в тыл противника.

Работы по созданию военных мотodelьтапланов активно ведутся в США и других западноевропейских государствах — ФРГ, Франции, Великобритании, Италии.

В настоящее время сформулированы следующие основные требования, которым должен отвечать военный дельтаплан: минимальная площадь крыла 10 м²; длина разбега с горизонтальной площадки 20—30 м; скорость набора высоты не менее 1 м/с; скорость полета не менее 140 км/ч, чтобы при встречном ветре мотodelьтаплан мог обогнать джип; мощность двигателя не более 60 л. с. (44 кВт), предельно допустимый шум его работы 55 дБ. Полезная нагрузка (вооруже-

ние, боеприпасы, дополнительные баки для дальних перелетов) не менее 100 кг.

Кроме того, на дельтаплане должна быть обеспечена надежная теплоизоляция двигателя, экранирующая инфракрасное излучение; установлено минимальное количество металлических деталей (иначе он легко будет обнаруживаться радаром). Сборка и разборка аппарата должна осуществляться несколькими простыми операциями.

Однако, подчеркивается в зарубежной печати, в настоящий момент этим требованиям в полной мере не отвечает ни один из существующих дельтапланов.

Большинство дельтапланов, которые могут быть пригодными для применения в войсках, управляются, как большинство спортивных аппаратов, перемещением центра тяжести (балансирное управление). Но есть и такие, у которых установлены привычные для самолетов рули высоты и поворота (самолетное управление). Мотodelьтапланы имеют дюралюминиевый (или титановый) каркас и дакроновый купол. Имеются опытные образцы, в которых металл заменен на композиционные материалы с применением углепластика. Этим достигается не только повышение прочности конструкции, снижение ее массы, но и радиопрозрачность крыла, то есть неуловимость для радиолокационных станций слежения за воздушными целями.

В некоторых конструкциях используется жесткое крыло са-

молетного типа. Но вместе с ростом аэродинамического качества, как отмечают зарубежные военные специалисты, такие аппараты становятся дороже в изготовлении, сложнее в управлении и опаснее в полете.

Так как полеты на сверхлегких летательных аппаратах (СЛА) в войсковых условиях часто, видимо, будут совершаться ночью, то их планируется оснастить соответствующими приборами и аппаратурой. В одной из статей журнала «Драхен флигер» сообщается, что в арсенал средств дельтапланеристов-шпионов предполагается включить специальные очки, увеличивающие яркость и различаемость предметов ночью. По всей вероятности, это будет модификация миниатюрных приборов ночного видения (усилителей остаточного света), которые используются в настоящее время экипажами вертолетов бундесвера. Сообщается также, что разрабатывается электронный навигационный прибор, позволяющий пилоту ночью определять свое местонахождение по передвигающейся световой точке на карте.

В зарубежной печати сообщалось об испытаниях созданного западногерманскими конструкторами мотodelьтаплана «Файербед М1». В ходе этих испытаний при помощи лазерных рефлекторов, установленных на крыле аппарата, фиксировалась траектория полета. Совершались полеты по контуру с огибанием рельефа местности на минимальном удалении от поверхности земли. В на-

стоящее время этот дельтаплан получил официальный номер НАТО. Сейчас идет речь о закупке бундесвером 250 таких аппаратов, с тем чтобы все-сторонне испытать их в различных родах войск.

В армии США дельтапланы уже сейчас используются для связи и «тихой разведки». Военные специалисты США пытаются оснастить сверхлегкие летательные аппараты различного рода вооружением. Для этого на них устанавливаются консоли, к которым можно подвешивать малогабаритные ракеты, пулеметы и другое оружие.

Одним из образцов подобного мотodelьтаплана является аппарат ШР-10, предназначенный для ведения разведывательной аэрофотосъемки местности, пограничного берегового патрулирования, а также для доставки легких боеприпасов войсковым подразделениям, выполняющим специальные задания. Он может быть оснащен пулеметом, шестью ракетами класса «воздух — воздух» или «воздух — земля».

При его собственном весе 90 кг на нем можно перевезти груз весом до 180 кг.

Двухтактный двигатель мощностью 15 кВт потребляет за час работы 6,6 л горючего. Скорость полета изменяется в диапазоне от 15 до 128 км/ч. Обладая максимальным аэродинамическим качеством, равным 15 (а это K_{max} учебного планера), он может планировать с выключенным двигателем с высоты в 3 км на расстояние в 45 км. Примерно такие же характери-

стики имеет и мотodelьтаплан П-38.

Большие надежды специалисты фирмы «Айпер Форманс» США связывают с новым, пока еще не имеющим типового обозначения, мотodelьтапланом, который является вариантом уже зарекомендовавшего себя в спортивной авиации аппарата «Квиксильвер». Модернизируя его, конструкторы стремились предельно уменьшить собственный вес и максимально увеличить полезную нагрузку аппарата.

Но милитаристские круги НАТО не только уделяют большое внимание созданию разнообразных конструкций летательных аппаратов с высокими техническими характеристиками. В последнее время они приступили к созданию многочисленных частей и подразделений, снабженных микросамолетами. Так, по сообщению журнала «Лайф», по заказу Пентагона построено несколько тысяч сверхлегких летательных аппаратов, которые планируется использовать для ведения крупномасштабных операций в слаборазвитых странах. Вместе с тем следует отметить, что, обсуждая вопросы применения дельтапланов в военных целях, зарубежные военные специалисты подчеркивают и целый ряд факторов, сдерживающих широкое применение в войсках этих летательных аппаратов. В частности, указывается, что мотodelьтапланы в определенных условиях могут представлять хорошую мишень, к тому же полеты на них в значитель-

ной степени зависят от метеословий.

Так или иначе, но на эти спортивные аппараты надевают военный мундир уже сегодня.

Применение в народном хозяйстве

Раннее безветренное утро. На совхозном поле вместо привычного оглушающего грохота трактора слышится мерный стрекот воздушного винта. Почти утюжа землю на высоте одного метра летит над полем дельтаплан, за которым белым ковром стелется облако ядохимикатов. Вот дельтаплан делает плавный разворот над краем поля и прокладывает новую бороздку в воздушном просторе.

Через несколько часов, когда облако успело осесть миллионами мельчайших капель на каждый лист и стебелек посевов, ни одна гусеница не уцелела. Сверхлегкий летательный аппарат, оборудованный опрыскивающей системой, сделал то, с чем не мог справиться и многотонный трудяга вертолет. И работа была выполнена не только точно и аккуратно, но и раз в десять дешевле.

Создали этот аппарат красноярские студенты, они же принимали участие и в проведении эксперимента. А пилотировал мотodelьтаплан, оборудованный опрыскивающей аппаратурой, Геннадий Коваленко, научный руководитель студенческого КБ, доцент Красноярского политехнического института, кандидат технических наук, один из первых в стране дельтапланеристов.

Студенческое КБ имело богатый опыт строительства дельтапланов. С 1976 года велись разработки, изготовление и испытание спортивных дельтапланов. Красноярские крылья парили над белоснежными склонами пика Ленина, забирались в поднебесье в Крыму и на Кавказе. На своих аппаратах красноярские спортсмены успешно выступали на соревнованиях любых рангов. Разработки сибиряков неизменно отличал научно-профессиональный подход к самодеятельному творчеству. Основные конструктивные схемы рассчитывали и проектировали с помощью ЭВМ. Появились совершенно оригинальные конструкторские решения. На них получены авторские свидетельства.

В конструкции мотодельтаплана «Гриф-14» можно выделить две особенности, отличающие его от аналогичных аппаратов. Первое — это установка в центральной части крыла отрывной оболочки, которая автоматически занимает определенное положение в зависимости от характера обтекания крыла воздушным потоком. Это конструктивное решение расширило диапазон скоростей и повысило боковую устойчивость аппарата в режиме парашютирования. Второе — это упругая подвеска колес, демпфирующая вертикальные и горизонтальные боковые нагрузки, что позволило совершать взлет и посадку с неподготовленных площадок при боковом ветре до 5 м/с.

Этот аппарат стал первым сельскохозяйственным мотодельтапланом красноярских

студентов. Он был снабжен поршневым двухтактным двигателем типа ЧЗ-400 весом 37 кг и максимальной статической тягой 70 кг.

Техническая характеристика
«Гриф а-14»

Вес, кг:	
полный полетный	250
сухой	105
Запас горючего, л	18
Площадь крыла, м ²	15,6
Скорость, км/ч:	
максимальная	80
крейсерская	60
посадочная	36
взлетная	40
Радиус разворота (минимальный), м	20
Время полета (максимальное), ч	2
Длина разбега, м	20
Длина пробега, м	15

В 1985 году «Гриф-14», оборудованный подвесной опрыскивающей системой, получил первое трудовое крещение. Он с успехом обрабатывал посевы кукурузы и картофельные поля. Главное его достоинство состояло в том, что летал он на высоте, оптимальной для обработки, — 1—2 м, не допуская лишнего и бесцельного расхода химикатов, как это нередко случается при обработке угодий с самолета или вертолета.

В этом же году аппарат демонстрировался перед участниками Всесоюзного совещания по интенсивным технологиям в сельском хозяйстве.

Первая встреча с работниками полей, честно говоря, ни-

чего хорошего не сулила. Никто из них всерьез не верил, что «эдакий птеродактиль» управится там, где не очень успешно управлялась современная авиация. Наконец агроном решил: «Экспериментируйте вот на этом поле. Здесь уже вертолеты обрабатывали, но не помогло. Так что все равно, или гусеница сожрет, или вы уничтожите...»

Условия были таковы: поле площадью 35 га, гусениц рапсового пиллельщика от 100 до 1000 на 1 м².

Через 2 ч — всего 9 полетов и 8 промежуточных заправок химикатами — работа закончена. В успех не верил никто из сельских специалистов. На следующий день неохотно пошли они на поле для контрольного осмотра. Все гусеницы были уничтожены...

С июля по август 1986 года в совхозе «Солонцы», Емельяновского района, Красноярского края, было выполнено 102 полета с общим налетом 23 ч. Ширина обрабатываемой полосы зависела от высоты полета и изменялась от 10 до 14 м.

Обрабатывали аминной солью поле кукурузы — эффект 100 %-ный по всем сорнякам. Затем взялись за турнепс, корнеплоды которого поразил рапсовый пиллельщик. Площадь поля 48 га — эффект опять 100 %-ный. Потом вносили микроэлементы под огурцы, обрабатывали хомецином картофель, инсектином — капусту. Эффективность внесения активного вещества на поверхность листа при помощи дельтаплана всюду оказывалась заметно вы-

ше, чем при обработке вертолетами и самолетом.

Секрет такой эффективности обусловлен не только малой высотой рабочих полетов, но и влиянием крыла дельтаплана: возникает явление, именуемое «ультрамалообъемным опрыскиванием мелкодисперсными эмульсиями». Другими словами, циркуляция воздушного потока, возникающая вокруг крыла дельтаплана, втягивает в свое вращение и распыляемый раствор, автоматически создавая мелкодисперсное облако, которое плотным ковром ложится на обрабатываемую поверхность. Он него не спрятаться ни сорняку, ни вредителю. Подобный эффект есть и у самолетов и вертолетов. Только создаваемые ими зоны циркуляции в 2—2,5 раза больше. Поэтому нет той точности попадания, как у дельтапланов. Соответственно, больше и расход активных веществ, унос химикатов во внешнюю среду, что не отвечает требованиям ни экономической выгоды, ни экологической чистоты.

Уже не от одного специалиста, знакомого с работой красноярцев, можно услышать мнение: их результаты сделали бы честь даже солидному КБ, полагающему опытным производством. И огромный объем расчетов, изготовление техники и ее испытание — все это сделано энтузиастами.

И вот вопрос: а нужны ли в условиях высокоорганизованной науки и развитого производства эти мелкие КБ с кустарным производством. Действительно, красноярцы за зиму

сделали два летательных аппарата, чтобы испытать их в летний сезон, а крупному промышленному предприятию ничего не стоит сделать в тысячу раз больше. Но практика не дает однозначный ответ на этот вопрос. К примеру, учебно-тренировочному дельтаплану «красная цена» — 500 руб. А на крупном авиационном предприятии его стоимость, обремененная накладными расходами на содержание аппарата управления, технологических служб, вахтеров и т. д., вырастает в 2—3 раза.

Но завышенная стоимость — это еще полбеды. Может ли крупное предприятие оперативно откликаться на требования времени? Стоящая над предприятием разветвленная иерархическая лесенка и бесчисленное множество указаний и ограничений исключают такую возможность. Простейшее изменение конструкции в небольшом КБ занимает несколько часов. На предприятии любое «извещение на изменение» гуляет неделями. Эти рассуждения — не абстрактные мысли авторов. Зарубежная практика подтверждает — производство микросамолетов сосредоточено в маленьких фирмах. Почти каждый год фирма предлагает любителям новую модель. Был прецедент, когда крупная авиационная фирма взялась за выпуск дельтапланов. Но быстро оценив убыточность этого дела, она прекратила выпуск.

Осенью 1986 года красноярцы начали необычный эксперимент на севере края, в Заполярье, где уже чувствуется ле-

дяное дыхание океана. Целью его стала оценка возможности использования мотодельтаплана в интересах оленеводов и охотоведов в условиях тундры.

Геннадий Коваленко рассказывает: «За 6 ч Ан-2 доставил нас из Красноярска в город Туру. Оттуда вертолетом долетели до Туколана — места нашего базирования. Было около 4 ч дня, когда вертолет сел на берегу реки. Температура +10 °С. Тут же начали готовить технику к полету.

На следующий день провели на Ан-2 облет района предстоящих работ. Затем на лодках проплыли по рекам, осматривая возможные площадки для взлета и приземления. 15 сентября начались первые полеты.

«Базовый аэродром» — галечная коса протяженностью около 100 м, дальше — вода. Отрыв нормальный, но над водой попадаю в зону мощных восходящих потоков. Скороподъемность 3—5 м/с. Погода здесь коварна — буран налетел неожиданно. Все началось с маленького облачка над горизонтом. А затем буквально через несколько минут поднялся сильный ветер, стало темно, пошел снег.

Кабриотатор у нас открытый, и мотор стал барахлить. Пришлось пойти на снижение. На высоте 400 м снег прекратился. Приземлился снова на галечную косу... Так прошел первый контрольный полет. Он продолжался всего 1 ч.

Для хранения собранного дельтаплана построили чум — своеобразный ангар из палатки и жердей. И подготовка теперь

мотодельтаплана к полету сводилась только к заправке топливом и занимала не более 5 мин. Словом, все было готово к эксперименту.

Через несколько дней должен был начаться ход оленей. Он продолжается дня три. А задач немало: надо найти места расположения стад диких оленей, определить пути их миграции, оценить численность и половозрастной состав.

Я довольно быстро научился с высоты различать на местности оленей, — продолжает Геннадий. — Интересно, что домашние животные, например коровы, почти не реагируют на шум мотодельтаплана и пугаются лишь, когда аппарат проходит чуть не над их головами. Олени более чутки, важенки и сеголетки, то есть годовалые оленята, особенно пугливы. Зато вожаки стада — хоры — встречали дельтаплан, выставив навстречу мощные рога. Мы отработывали приемы нагона животных в нужном направлении. При высоте полета более 400 м олени не испытывают страха. При высотах от 100 до 300 м шум двигателя заставляет их бежать в обратном направлении. А при высоте менее 50 м они убегают от дельтаплана. Оказалось, что крыло играет как бы роль фокусирующего отражателя и за счет наклона крыла к горизонту звуковое воздействие опережает сам аппарат.

Поголовье таймырского оленя превысило 500 тысяч — оптимальную величину для этих просторов. Возникла необходимость точного учета и отстрела

определенного их количества каждый год. Всего сделали более 30 полетов с общим налетом 27 ч. По информации, полученной при облетах, было добыто 30 % от всей добычи за этот период в районе Туколана (площадь 260 км²).

О том, как остро нуждается народное хозяйство в мотодельтапланах, убедительно свидетельствует письмо директора совхоза «Путь Ленина» Алексея Михайловича Момота: «Случайно увидел по телевизору передачу об использовании в хозяйствах Кольского полуострова дельтапланов с двигателем. И мысленно представил эксплуатацию этого дельтаплана в нашем хозяйстве. Наш совхоз оленеводческий. Пять оленеводческих бригад расположены в радиусе 140 км. В зимний период стараемся вывезти на первоначальные базы необходимые продукты, горючесмазочные материалы, спецодежду. В летний период дорог практически нет. Очень часто в летнюю навигацию при доставке морем овощей, продуктов питания мы вынуждены заказывать спецрейс — вертолет Ми-8 для доставки в оленеводческие бригады порой 150 кг овощей, чая и т. п. Ежегодно затраты на авиацию составляют в нашем совхозе около 80 тыс. руб. Отсюда высокая стоимость оленины, неудовлетворительное обслуживание оленеводов.

Бывают потери оленей. Для их поиска снова заказываем вертолет Ми-8, так как другой вид авиации у нас в районе отсутствует. Поиски потеряв-

шихся оленей с помощью вертолетов малоэффективны, потому что летит Ми-8 высоко и скорость полета большая.

Практически ни в одном совхозе Магаданской области не используется дельтаплан с небольшим двигателем. И в целом нецелесообразные затраты исчисляются в миллионах рублей.

Товарищи!!! Окажите практическую помощь в решении этой проблемы. С использованием дельтаплана в условиях Севера мы вообще отказались бы от вертолетов и решили бы все трудноразрешимые проблемы, снизили затраты на ведение оленеводства, вылов лосося, заготовку сена и т. д. Прошу оказать помощь в приобретении этого вида транспорта.

Оплату гарантируем. Доставку берем на себя. Выполним любые гарантийные обязательства. С уважением А. М. Момот».

Комментарии, как говорится, излишни!

В течение ряда лет занимаются изучением проблем использования мотодельтапланов в народном хозяйстве студенты Московского института гражданской авиации. В студенческом КБ, возглавляемом Игорем Никитиным, создано несколько аппаратов, прошедших практическую проверку в полевых условиях. В 1982 году по договору с геологами они провели испытания мотодельтаплана «Поиск-1» на Колыме. Главной задачей была реальная проверка возможности дельтаплана садиться и взлетать с любой неподготовленной площадки, которую может выбрать с воз-

духа пилот. Более сотни полетов позволили прийти к положительному заключению о пригодности дельтаплана для геологов даже в трудных условиях Севера. Только как транспортное средство он позволяет повысить производительность изыскательских работ в 10—12 раз.

Но стало ясно, что конструкция нуждается в улучшении. Требовалось усилить отдельные силовые элементы, увеличить диаметр колес для лучшей амортизации при посадке.

Летом 1983 года испытания продолжились на Чукотке с новым мотодельтапланом «Поиск-2». Этот аппарат позволял поднимать не только пилота, но еще и пассажира или груз массой до 100 кг. На этот раз успешно были проведены аэрофотосъемки, транспортные и связные операции, оценивались возможности сброса грузов с разных высот и многое другое. Мотодельтаплан показал себя наилучшим образом.

В следующем году москвичи оборудовали свой летательный аппарат лавсановым бункером, куда засыпались гранулированные удобрения. Свои эксперименты они проводили над сельскохозяйственными угодьями в белорусском колхозе имени А. В. Суворова. Председатель колхоза А. А. Володько высоко оценил студенческие опыты, заявив, что подобные аппараты крайне нужны сельскому хозяйству, и он готов сделать все, чтобы СЛА хоть завтра появились бы в его хозяйстве.

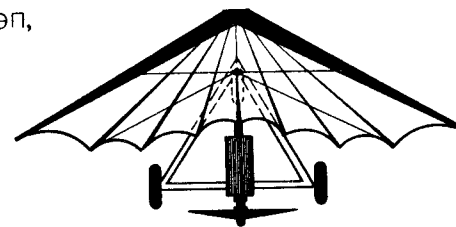
В 1986 году эксперименты в интересах геологов проводились

Аэросев,
внесение удобрений, обработка ядохимикатами сельскохозяйственных угодий.

Патрулирование, осмотр линий ЛЭП, нефтегазопроводов.

Перевозка людей и грузов.

Перевозка геологов, образцов проб, съемка местности.



Доставка почты, проверка линий связи.

Обслуживание заповедников, рыбоохрана, рыбозащита.

Аэрофотосъемка.

Ледовая разведка, обслуживание высокоширотных экспедиций.

Рис. 4. Возможные направления применения мотодельтапланов в народном хозяйстве

на севере европейской части страны — на Кольском полуострове. Основной задачей стало проведение магнитометрической съемки с целью выявления магнитных аномалий на закрытом растительностью склоне тундровой гряды. Испытания показали, что мотодельтаплан хорошо выдерживает требуемые параметры полета в период съемки, а полученные данные полностью совпадают с тем, что было получено при пешем прохождении маршрута. Однако темп съемки с дельтаплана в сотни раз выше.

Но, честно говоря, не это

вызывало восторг у геологов. Возможность быстро слетать из тундры на базу, чтобы нормально пообедать, не таскать за спиной тяжелый рюкзак по тропам, где то брод, то скалы, и получить другие вроде бы мелкие житейские радости — вот за что полюбили этот «воздушный мотоцикл». И нет ему конкурента как средству транспорта в далеких геологических партиях.

Проведенные работы позволили СКБ МИИГА составить схему возможного применения дельтапланов (рис. 4), а его руководителю И. Никитину,

обобщив результаты многочисленных экспериментов, успешно защититься и получить степень кандидата технических наук.

Подобные работы проводит отделение сверхлегких летательных аппаратов Киевского механического завода имени О. К. Антонова. Испытатель дельтапланов А. Клименко проводил облет нефтяных вышек на мотодельтаплане. Специалисты дали высокую оценку этой работе.

Простота пилотирования, надежность конструкции позволя-

ют найти дельтапланам самое широкое применение в народном хозяйстве. Обслуживание геологических работ, аэрофотосъемка и рекогносцировка местности, разведка, осмотр лесных массивов, охрана водосмов с ценными породами рыб и заповедников, транспортировка людей, грузов и почты в условиях бездорожья, сельскохозяйственные работы — далеко не полный перечень задач, которые способны выполнять сверхлегкие летательные аппараты.

Глава 3.

СПОРТИВНАЯ ОРБИТА ДЕЛЬТАПЛАНА

Рождение дельтаплана и первые рекорды

В начале 60-х годов научные и популярные издания всего мира пестрели сообщениями об испытаниях крыла Рогалло и его возможных перспективах. Первыми разглядели в крыле Рогалло спортивные возможности австралийские воднолыжники. Сделав уменьшенную копию космического крыла, они проверили его летные свойства на песчаных дюнах у океанского побережья. А затем, в 1962 году, стартуя с помощью водных лыж, начали буксировочные полеты за катером. Широкое распространение таких полетов связано с именем Билла Мойеса, который в 1963 году стал изготавливать и продавать «водные змеи». Сам Билл хорошо летал, на буксире за катером он набирал высоту в 300 м.

Такие же буксировочные полеты за катером на змеях различной конфигурации в эти годы проводились и у нас в стране. Красочные снимки смельчаков, несущихся под крылом за катером над водной гладью, — Александра Казенова из Саратова, Бориса Данника с Украины и других —

появлялись в наших журналах. Очевидцы рассказывают, как они наблюдали подобный полет на Пироговском водохранилище под Москвой. Пилот висел на руках на змее коробчатой конструкции и в случае опасности нырял с высоты прямо в воду.

Лишь в 1969 году стартующее с воды крыло Рогалло появляется в США. Его привозит туда Билл Беннет, сотрудник Мойеса. Через несколько месяцев после приезда Беннет совершает свой знаменитый полет вокруг Статуи Свободы на буксире за катером. Но увлечение буксировочными полетами на крыле Рогалло скоро уступает место новому спорту — дельтапланеризму. И невольным виновником этого стал Отто Лилиенталь.

Приверженцы свободного полета, немногочисленные последователи пионеров авиации XIX века, изобретая новые конструкции, совершенствуя аэродинамику крыла, нисколько не ушли от Лилиенталья в способе подвески пилота и в управлении: они так же висели на двух параллельных брусках и управляли аппаратом, балансируя нижними конечностями.

Австралийские летающие воднолыжники, не отягощенные бременем знаний классического балансирного полета, ввели в конструкцию крыла Рогалло два весьма ценных новшества: сиденье для пилота и треугольную рукоятку управления.

23 мая 1971 года в день рождения Отто Лилиенталя в Калифорнии происходила традиционная встреча воздухоплавателей, посвященная памяти предтечи современной авиации. В дискуссиях представителей двух направлений — традиционного балансирного планеризма и буксировочных полетов на крыле Рогалло — родилась идея объединить их в единой конструкции. Так родился дельтаплан. Впоследствии по предложению спортсменов и национальных федераций этот день стал международным днем дельтапланеризма, а 1971 год считается датой его рождения.

Первый старт с ног, с разбега, полагают, совершил американец Дейв Килборн. Ему же принадлежит и первый зафиксированный рекорд продолжительности полета, равный 1 ч 4 мин, совершенный 6 сентября 1971 года в Калифорнии близ Сан-Хосе. 7 сентября следующего года Боб Уиллз на аппарате «Дельта Уинг» в окрестностях Лос-Анджелеса пробыл в воздухе в течение 2 ч 16 мин. В декабре того же года он увеличивает свой результат до 3 ч 3 мин. 13 апреля 1973 года 19-летний Тони Колерич в местечке Торренс-Бич (Калифорния) на аппарате «Флекси-Флайер» парит в воздухе 3 ч 9 мин. Там же 15 июля Пэт

Конджюри на аппарате второго поколения — цилиндрическом Рогалло «Сигал-III» («Чайка-III») показывает время 3 ч 30 мин. А через несколько дней тоже на «Чайке-III» Майк Митчелл достигает продолжительности полета 3 ч 45 мин.

Но «лучшего пилота начала семидесятых годов», как называли спортсмены и журналисты Боба Уиллза, не так легко было победить. Он едет на Гавайские острова и 1 сентября, располагаясь на неудобном подвесном сиденье дельтаплана, парит на океанском бризе в течение 5 ч 6 мин. Боб вернулся домой, полагая, что при таком отрыве от соперников он может спокойно почивать на лаврах какое-то время. Однако уже через два дня Пэт Конджюри на «Чайке-III» в Палос Вердес превышает его результат — 5 ч 21 мин. Боб Уиллз не сдается и снова стремится на Гавайи. 15 сентября над 650-метровыми береговыми склонами острова Оаху, используя устойчивый бриз, он держится в воздухе 8 ч 24 мин. С этим результатом Боб Уиллз мог безмятежно жить до 17 мая 1974 года, когда Джон Хьюз на крыле, носящем имя соперника — «Уиллз Уинг», побил его рекорд, показав высокий результат — 10 ч 5 мин.

Казалось, что тяжелое и бессмысленное висение в воздухе в продолжение долгих часов достигло, наконец, своего предела. Но через шесть дней Харви Мелчер на Гавайских островах парит почти сутки — 20 ч 47 мин. Максимальная продолжительность полета в динами-

ческих потоках над океанским побережьем составила 32 ч. Сегодня подобное висение перестало носить престижный характер. «На Гавайях можно парить и на сундуке!» — говорят дельтапланеристы. Предметом азартной борьбы стали рекорды, установленные на материке.

Последний рекордный результат по продолжительности полета, показанный на материке, равен 11 ч 47 мин.

Максимальная продолжительность полета на европейском континенте равна 6 ч 6 мин. Установил ее летом 1980 года ленинградец Александр Владимиров во время полета над горой Юца вблизи Пятигорска. А первый наш рекорд по длительности парения, установленный в 1976 году, принадлежит Геннадию Коваленко из Красноярска. 9 мая 1977 года прославленный летчик Слав Топтыгин в Планерском над горой Клементьева парит на дельтаплане 2 ч 34 мин. Через год там же москвич Андрей Кареткин показывает время 4 ч 13 мин. Рекордное время парения для равнинных мест демонстрирует пилот Андрей Нестеров. В Москве, на Петровских горах, высота которых не превышает 50 м, при ветре 5—7 м/с он парил 2 ч 3 мин. Дельтапланеристам покорялось не только время, но и пространство. Уже в 1973 году пилоты начали осваивать термические потоки, набирая в них большие высоты. Так, 15 августа 1973 года Дик Айпер, стартовав с вулкана Халеакала на острове

Мауи (Гавайские острова) на аппарате «Флекси-Флайер», набрал за 20 мин высоту 2549 м.

Пионер дельтапланеризма Дейв Килборн первым начал старты с воздушных шаров. Набрав высоту 3500 м, он отцепился от шара и после непродолжительного свободного падения перешел в нормальный полет. Другой пилот, Дэннис Килберг, совершил старт с 5212 м вблизи Сан-Франциско на аппарате «Фантом-19 Кайт».

Полеты на дельтаплане совершены почти со всех доступных человеку вершин. 26 октября 1973 года, стартуя на лыжах, слетел с Монблана (4807 м) Руди Кишхази. Через 30 мин он приземлился в 25 км от горы. В 1974 году американец Майк Харкер едет в Японию, чтобы слететь с вершины Фудзиямы. Ему пришлось провести несколько дней на вершине, пока ветер не снизился до 10 м/с. После этого полета Майк заявил корреспондентам: «Я бы слетел еще раз, если бы не надо было подниматься на вершину пешком».

Подъем — это самая неприятная и, пожалуй, самая трудная часть всей операции. Особенно, если речь идет о высочайших вершинах планет. Трудно было и нашим ребятам, впервые совершившим групповой полет с пятитысячника — Эльбруса. Рассказывает руководитель экспедиции мастер спорта по альпинизму ленинградец Виктор Овсянников: «В августе 1977 года, в третий раз за лето поднявшись на Эльбрус, мне удалось совершить с него первый полет на дельта-

плане. Это была разведка, которая позволила летом 1978 года провести в Приэльбрусье так называемую «школу горных полетов». Завершилась она групповым полетом с вершины Эльбруса сразу пяти пилотов. Все прошли курс альпинистской подготовки, а затем несколько дней ушло на тренировочные полеты. Во время одного из них, потревоженные незваными пришельцами, в небе появились орлы. Приблизившись к дельтаплану Олега Батырова, они, видимо, изучали, агрессивны ли большие белые птицы или нет... Затем мы перебазировались на «Приют-11» — самую высокогорную гостиницу мира (4200 м). Началась тяжелая работа — подъем дельтапланов на вершину. В первый день мы поднялись до скал Пастухова (4800 м), во второй — до седловины Эльбруса (5200 м). До вершины оставалось 430 м, но все настолько устали, что, вернувшись на «Приют-11», решили на следующий день устроить отдых. 9 августа в 2 ч ночи 9 участников «школы» вышли на штурм двуглавого великана. Без груза до седловины дошли легко. Дальше пилоты взвалили на плечи рюкзаки с дельтапланами (около 20 кг), а помощники — с куполами и остальным снаряжением (около 10 кг). Теперь каждый шаг дается с большим трудом. Дышать нечем. Давление здесь вдвое меньше нормального. Делая на каждый шаг 4—5 вдохов, медленно продвигаемся вверх. Через каждые 100—200 м — отдых. Подгонять ни-

кого не надо — все выкладываются из последних сил. Некоторые ложатся отдыхать прямо на снег, но минут через пять сами поднимаются и снова идут и идут к вершине. Ребята сделали то, на что едва ли можно было рассчитывать. Из девяти поднявшихся на вершину шесть человек впервые приехали в горы. Наградой всем была великолепная панорама Кавказа, открывшаяся сверху.

Оставляем в туре свою записку и начинаем сборку аппаратов. Большую помощь оказывает вспомогательная группа. После окончания работы каждый проверяет дельтаплан товарища.

Старт в двух метрах ниже вершины. Небольшой встречный ветер, и мы решаем стартовать с ног. Сообщаем по радию готовность к полетам наблюдателям на «Приют-11».

Я стартую первым. Через четыре шага отрываюсь от земли. Следом за мной в течение минуты взлетают Саша Амбуркин, Миша Котельников, Володя Граф и Олег Батыров. Всех после старта немного поднимало вверх. Затем метров через сто делали плавный разворот влево и ложились на курс. Двоих стартовавших за мной я хорошо видел. Третьего разглядеть было уже трудно, но я нашел его тень на снегу. Расстояние между аппаратами было около двухсот метров. Убедившись, что все стартовали нормально, я успокоился и только тогда смог наслаждаться самим полетом.

Приближается «Приют-11». Вижу, как ниже меня Котельни-

ков, снижаясь кругами, идет на посадку. Недалеко от «Приюта-11» приземлился и Батыров. Снизу слева меня обгоняет Амбуркин и кругами начинает спускаться в Баксанское ущелье на поляну Азау.

Сверху ущелье кажется глубоким узким каньоном, так что трудно даже поверить, что дельтаплан может кружиться внутри него. Поляна Азау — наша основная посадочная площадка — выглядит меньше пятикопеечной монеты, а многоэтажная турбаза — не более спичечного коробка. Вслед за Амбуркиным на Азау приземляется Граф. Он летел выше всех нас, и наблюдателям казалось, что он, перелетев Кавказский хребет, улетел в Сванетию. Предположение, заставившее всех поволноваться, объяснялось просто: темно-зеленое крыло Володи пропало из наблюдения, слившись с темным фоном ущелья.

Имея запас высоты даже над верхними краями ущелья, я решил лететь дальше и приземлиться на одну из заранее намеченных запасных площадок. До Терскола я летел над левым краем ущелья и лишь после него вошел в ущелье. Промелькнули внизу Чегет, Иткол. Воздух стал теплее. Пролетев около километра за Иткол, возвращаюсь и, сбрасывая восьмерками и кругами высоту, захожу на посадку на стадион турбазы «Иткол». Стадион пуст, если не считать коров, галопом разбежавшихся в разные стороны. Сажусь рядом с футбольными воротами. Жарко, снимаю очки, плем. Плотный воздух и

запах трав просто опьяняют. Смотрю на часы — полет продолжался полчаса».

Становление нового вида спорта сопровождалось не только спортивными достижениями. Известный греческий пилот Янис Томас решил слететь на дельтаплане со всемирно известных сооружений: Акрополя в Афинах, Биг-Бена в Лондоне, Эмпайр стейтс Билдинг в Нью-Йорке и других подобных «стартовых площадок». С Эйфелевой башней у него вышла заминка. Всяческие авиаспортивные эксперименты на башне запрещены. Чтобы выполнить намеченное, Янису пришлось взлететь, разогнавшись на длинном тросе за машиной. Затем, отцепившись от троса, он облетел на высоте 300 м шпиль башни.

Надо отметить, что полеты с больших высот требуют не только хорошей альпинистской и физической подготовки. Большая разреженность атмосферы (на высочайших вершинах мира давление воздуха в два-три раза меньше нормального) создает известную опасность для человека: ведь дельтапланерист не пользуется кислородной маской. Кроме того, взлет представляет известную сложность, так как, стартуя с ног, необходимо набрать увеличенную на этих высотах скорость. Но спортсменов не останавливают трудности. Полеты на сегодня уже совершены со многих высочайших пиков земли. Для горных полетов разрабатываются специальные легкие (весом от 7 до 12 кг) аппараты, просто и надежно собираемые даже в экстремальных условиях.

Иногда задают вопрос: «Зачем нужны эти полеты, если они столь сложны и опасны?» Известен случай, когда дельтапланерист быстро доставил в долину из горного селения, дорога в которое была завалена снегом, больного ребенка, нуждавшегося в срочной медицинской помощи.

Альпинисты мечтают о легком и портативном аппарате, который бы позволял им при необходимости быстро вернуться на базу. Одним словом, эти полеты, которые сейчас носят пока только спортивный характер, без сомнения, принесут практическую помощь и пользу людям.

Дельтапланеризм

По инициативе известной английской спортсменки Энн Уэлш Международная авиационная федерация на своем заседании 27 сентября 1974 года официально признала дельтапланеризм в качестве нового вида авиационного спорта и создала при ФАИ Международную комиссию по свободному полету СИВЛ (CIVL). Президентом комиссии был избран Дан Пойнтер, автор первой достаточно глубокой и полной книги о дельтапланеризме. В марте 1975 года в Кессене, в Австрии, состоялся неофициальный чемпионат мира по дельтапланерному спорту, в котором участвовало 300 спортсменов из 20 стран.

На всемирной встрече дельтапланы второго поколения обладали значительными преимуществами

перед другими конструкциями, поэтому Международная федерация в первую очередь сочла необходимым провести классификацию аппаратов, чтобы спортивный успех в основном зависел не от техники, а от мастерства пилота. По этой классификации все конструкции разбивались на три класса. Первый класс имел строгие ограничения по размерам каркаса и купола и практически объединял аппараты первого поколения. Ко второму классу относились дельтапланы с гибким крылом, имеющие балансирное управление, без ограничительных требований к конструкции. В третий класс входили любые конструкции, позволявшие совершить старт с ног.

В том же году молодая федерация произвела подсчет своих приверженцев. Всего было зарегистрировано 40 475 аппаратов и 39 620 пилотов. В последующие годы численность энтузиастов росла в геометрической прогрессии, особенно после налаживания промышленного производства дельтапланов, годовой объем которого стал измеряться миллионами штук.

В начале сентября 1976 года в Кессене, эмблема которого стала сейчас международной эмблемой дельтапланеризма, состоялся первый официальный чемпионат мира. В нем приняли участие 145 спортсменов из 26 стран. Спортсмены соревновались в точности приземления и продолжительности полета. Новый кодекс ФАИ отменил прежние рекорды по высоте точ-

ки старта и продолжительности полета и одновременно четко регламентировал правила установления рекордов на выигрыш высоты и дальности полета. Мировые рекорды регистрировались по дальности полета по прямой, а также на выигрыш высоты и абсолютную высоту (прил. 1).

Второй чемпионат мира, намечавшийся в ЮАР, благодаря принципиальной позиции руководства международной федерации и лично президента Дана Пойнтера, не поддавшихся нажиму со стороны расистов, был отменен.

Вскоре было решено проводить чемпионаты мира раз в два года. Очередной чемпионат состоялся во Франции под Греноблем в июле — августе 1979 года. Организаторы чемпионата — министерство по делам молодежи и спорта и национальная федерация — хорошо подготовились к его проведению. Место посадки и предварительной проверки дельтапланов было оборудовано всем необходимым, вплоть до трибун для зрителей, выездных кафе и павильонов дельтапланерных фирм, торгующих рекламной продукцией, спортивной экипировкой, снаряжением, приборами и другой дельтапланерной атрибутикой.

Спортивные упражнения отличались большим выбором: заданная продолжительность полета, пилотажный комплекс, кросс кантри, открытая дальность и другие. Такое разнообразие упражнений говорило лишь о неясности спортивных критериев оценки мастерства

в новом развивающемся виде спорта. Аппараты первого класса оказались не только конкурентоспособными в сравнении со вторым классом, но зачастую обходили его по результатам. Третий класс участвовал только в показательных полетах.

Стремительное развитие дельтапланеризма (рис. 5) привело к тому, что ФАИ изменило принятую классификацию, оставив всего два класса: первый класс — дельтапланы с балансирным управлением, второй класс — разрешается аэродинамическое управление. Лучшим дельтапланом чемпионата был признан дельтаплан «Атлас» французской фирмы Ля Мойетт.

Независимо от спортивных достижений для определения уровня мастерства пилота ФАИ учредила три вида значков.

Бронзовый значок присваивается пилоту, если он выполнит следующие нормативы:

полет на расстояние не менее 2 км, завершающийся нормальной посадкой в радиусе 25 м от цели;

пять полетов продолжительностью не менее 5 мин каждый с посадкой в цель с теми же условиями.

В международных соревнованиях имеют право участвовать лишь те, кто заслужил этот значок.

Нормативы на получение серебряного значка:

полет на дальность не менее 50 км;

выигрыш высоты не менее 1600 м;

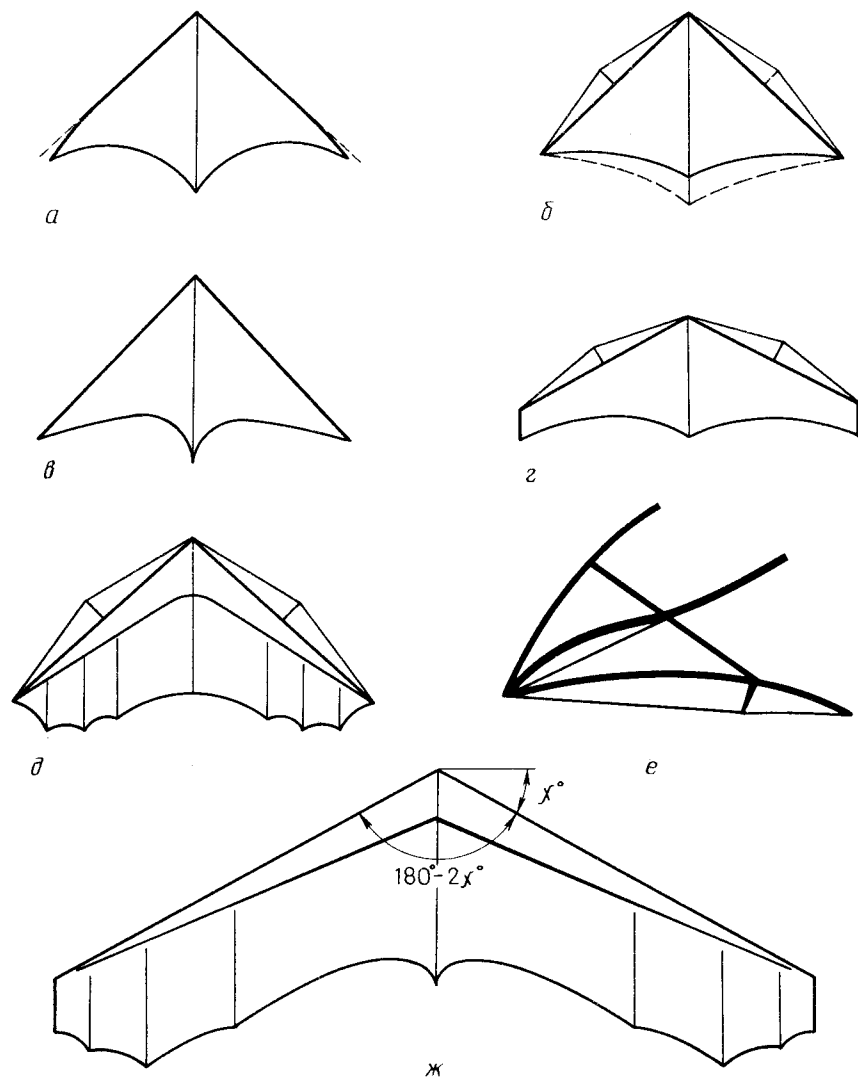


Рис. 5. Развитие конструкции дельтаплана:

a — совершенствование формы задней кромки купола; *b* — увеличение удлинения крыла; *v* — развитие концевых частей крыла; *z* — введение концевых хорд; *d* — появление радиальных латных окончаний; *e* — введение S-образного профиля по корневой хорде; *ж* — уменьшение угла стреловидности и появление частично объемного профиля

полет продолжительностью не менее 5 ч.

Для получения золотого значка необходимо совершить полет на дальность в 300 км или полет до цели с возвращением или по треугольному маршруту протяженностью 200 км. В связи с тем, что претендентов на золотой значок долгое время не находилось ни в одной стране, с 1984 года этот норматив с 300 км уменьшили до 200.

ФАИ решила первые 50 золотых и серебряных значков вручать пилотам непосредственно от Международной федерации, а имена их обладателей занести в реестры истории. Бронзовые значки вручаются национальными федерациями.

На звание первого рекордсмена мира также долгое время не было претендентов. И им оказался спортсмен отнюдь не юношеского возраста — 58-летний Джордж Уоррингтон. Он добился рекордных результатов как на аппарате первого класса, так и на жесткокрылом «Митчелле Уинге». Вот его рекорды мира:

полет на выигрыш высоты (первый класс) — 3566 м;

полет на открытую дальность (второй класс) — 153,61 км;

полет до цели (первый класс) — 153,61 км;

полет до цели с возвращением (второй класс) — 76,38 км.

Некоторые из этих рекордов, установленных дельтапланеристом 10 лет тому назад, частично держатся до сих пор (прил. 3).

Отдельно регистрируются ре-

корды среди дельтапланов первого и второго классов (гибких и жестких крыльев), одно- и многоместных аппаратов, а также мужские и женские.

Над родными просторами

В нашей стране первый дельтаплан был построен студентами Черновицкого университета в 1971 году. Студенты-физики Владимир Тюменцев, Анатолий Коркач и их товарищи с 16 апреля следующего года начали регулярные полеты в Карпатах. Вслед за ними в Ленинграде, Томске и Красноярске появились первые, еще несовершенные крылья, которые давали их создателям больше сияющих и шипек, чем радости свободного полета. Дельтаплан, и сейчас еще представляющий для специалистов во многом загадку, тогда был для спортсменов «вещью в себе». На первых пилотов смотрели, как на безумных чудачков, а каждый полет представлял определенную степень риска.

Вехой в развитии отечественного дельтапланеризма стал полет в январе 1974 года с горы Чегет (4100 м) москвича Михаила Гохберга. Участвуя в совместном советско-французском научном эксперименте, он познакомился в Париже с чемпионом мира по водному змею Бернаром Денисом. Опытный воднолыжник, Михаил быстро освоил старты на буксирном, а затем и на свободном аппарате. Он одним из первых совершил полеты в Альпах, стартовав со снежных склонов с помо-

шью лыж. Вскоре и наши самодельные разработки приблизились к уровню зарубежной техники. Во многом этому способствовали публикации, помещавшиеся в журнале ЦК ВЛКСМ «Техника — молодежи». Решающим шагом в становлении нового вида спорта стал проведенный в марте 1976 года в поселке Славское первый Всесоюзный слет дельтапланеристов. Он был организован по инициативе Рижского института инженеров гражданской авиации и журнала «Техника — молодежи». Слет собрал десятки спортсменов из разных городов страны.

Были на слете и казусы: кто сел на крышу горной хижины, кто, как птица, опустился на ветки.

Но главным итогом слета стало создание Всесоюзного оргкомитета, который взял на себя задачу организации и развития дельтапланерного спорта в нашей стране. Председателем оргкомитета был избран рижанин Виктор Ягнюк. В рабочие органы вошли Михаил Гохберг, Александр Дашивец, Анатолий Клименко, Сергей Казанцев и другие. С созданием комитета работа пошла быстрыми темпами и вширь, и вглубь. Техкомом комитета были разработаны чертежи первого учебно-тренировочного дельтаплана «Славутич». Сергеем Казанцевым выпущено учебно-методическое пособие по дельтапланерному спорту. Спортсмены в областях и республиках стали объединяться в клубы и секции.

В августе 1976 года прошел

первый Всеукраинский слет дельтапланеристов в Планерском (Коктебель). Его организаторы киевляне (все из КБ О. К. Антонова) пригласили своих коллег из 30 городов страны. Свыше ста энтузиастов нового вида спорта собрались в Крыму. Возраст участников был от 16 до 62 лет. 800 полетов совершили участники с горы Клементьева.

А в сентябре в Москве уже состоялись первые соревнования. Пилоты из Москвы, Ленинграда и Московской области — всего 12 участников — соревновались на дальность, продолжительность полета и точность приземления. Конечно, эти соревнования не идут ни в какое сравнение с нынешними сложными полетами. Но благодаря спортивному комментатору телевидения Владимиру Маслаченко, дававшему репортаж о ходе соревнований в программе «Время», на них собрались тысячи болельщиков. Холмы Крылатского были, как в театре, заполнены зрителями, подбадривавшими своими возгласами спортсменов. И с этих «крылатских стартов», как снежный ком разрастаясь, соревнования дельтапланеристов стали распространяться по всем уголкам нашей Родины.

Январские старты в Крылатском собрали уже 48 спортсменов из Москвы и Ленинграда, Курска и Красноярска, Брянска и Дубны. Вот журнальный репортаж с состязаний: «Состязания проходили в два этапа. Первый — отборочный. Пилотам предстояло лететь на продолжительность и выполнить

квалификационное упражнение. Второй день — финальные соревнования, упражнения на точность приземления. В финале принял участие 21 спортсмен. Короткий энергичный разбег, прыжок с отвесной кручи — и аппарат, набирая скорость, летит по прямой. Затем разворот на 90°, проход через ворота шириной 12 м и посадка в круг радиусом 12 м. В центре круга заветная цель — оранжевая мишень диаметром 10 см.

Перепад высот старта и финиша — 30 м. Для многих участников, уже летавших в горах, высота незначительная. Тем не менее краткость полета требовала от спортсменов точного расчета и мгновенной реакции. Самый юный участник соревнований 13-летний Дима Овсянников выполнил квалификационные упражнения для выхода в финал, и его полетами открывался каждый тур соревнований.

Победителем стал Андрей Кареткин, следующие места поделили Виктор Козьмин (Москва), Сергей Васильев (Ленинград), Михаил Гохберг (Москва). Эти полеты широко освещались не только нашим телевидением, но и тремя зарубежными телекомпаниями. Как впоследствии стало известно, французские и западногерманские телезрители высоко оценили и качество передач, и мастерство наших пилотов.

Традиционными стали соревнования на приз Крякутного, проводимые ежегодно рязанскими дельтапланеристами. Наиболее представительными были соревнования 1981 года.

9 команд из Москвы и Ярославля, Курска и Рязани, в том числе две команды Московской области, мужская и женская, прибыли на этот спортивный праздник. По традиции после соревнований, проходящих недалеко от города, лучшие пилоты совершают показательные полеты с высокого берега реки Трубеж прямо от белокаменных стен Рязанского кремля. В этот год лучшей оказалась мужская команда Московской области. А в личном зачете первенствовал В. Козьмин. Из девушек сильнейшей оказалась Л. Буканова, не уступившая в мастерстве многим мужчинам, участникам соревнований. Пилоты Н. Ралев и В. Янцев радовались не только спортивным результатам. Ими самими разработанные и построенные аппараты оказались не хуже зарубежных моделей (рис. 6).

В эти же дни на северо-западе нашей страны проходили соревнования, организованные ленинградцами, на «Приз Балтики». Этот красивый приз изготовили литовские умельцы. Полеты совершались со стометровых терриконов близ Кохтла-Ярве в Эстонии. Состязались спортсмены Белоруссии, Латвии, Литвы, Эстонии и Ленинграда. Первое место завоевал представитель Украины Е. Грищенко. (Этот способный спортсмен в дальнейшем завоевал титул чемпиона СССР, вошел в состав сборной страны, но затем погиб во время тренировочных полетов на Кавказе.) В командном зачете победили ленинградцы. Они летали на последних разработках своего

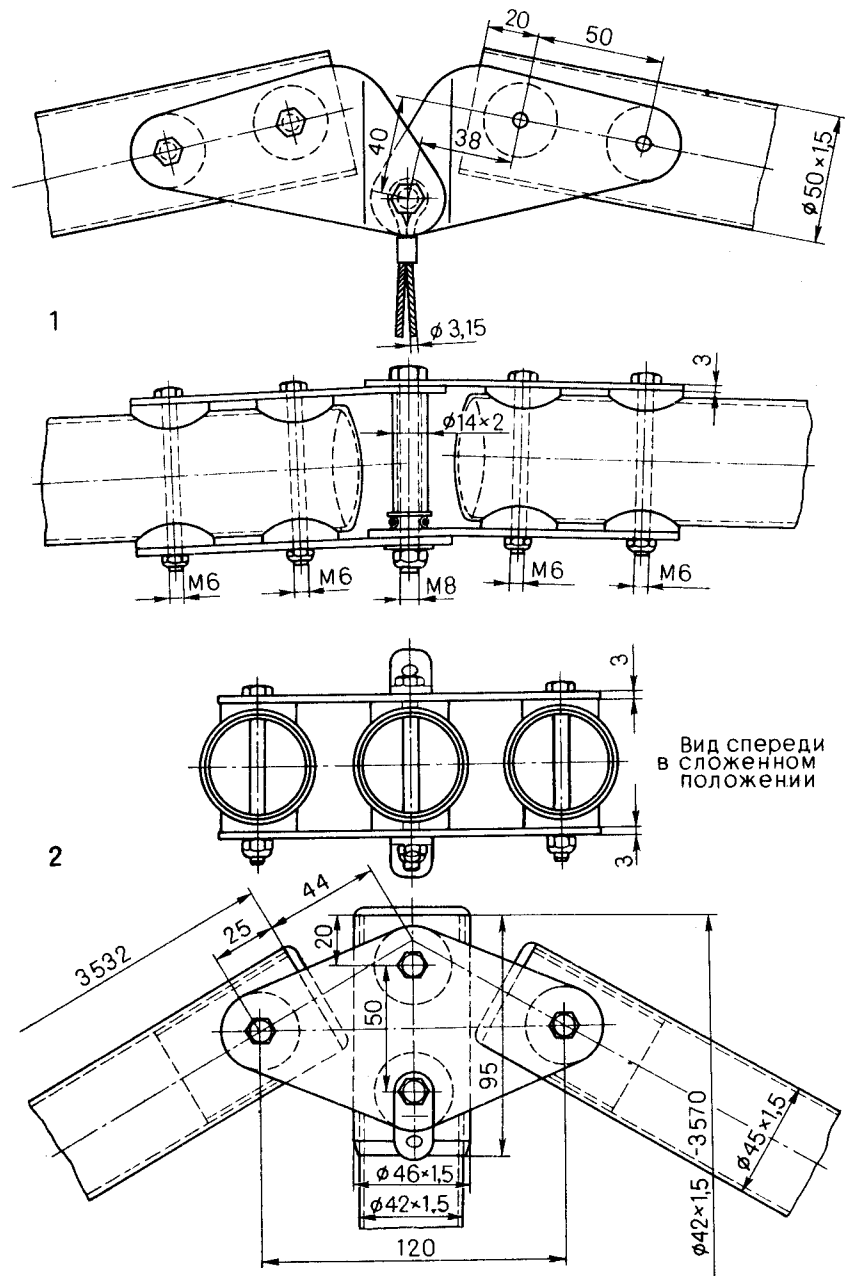
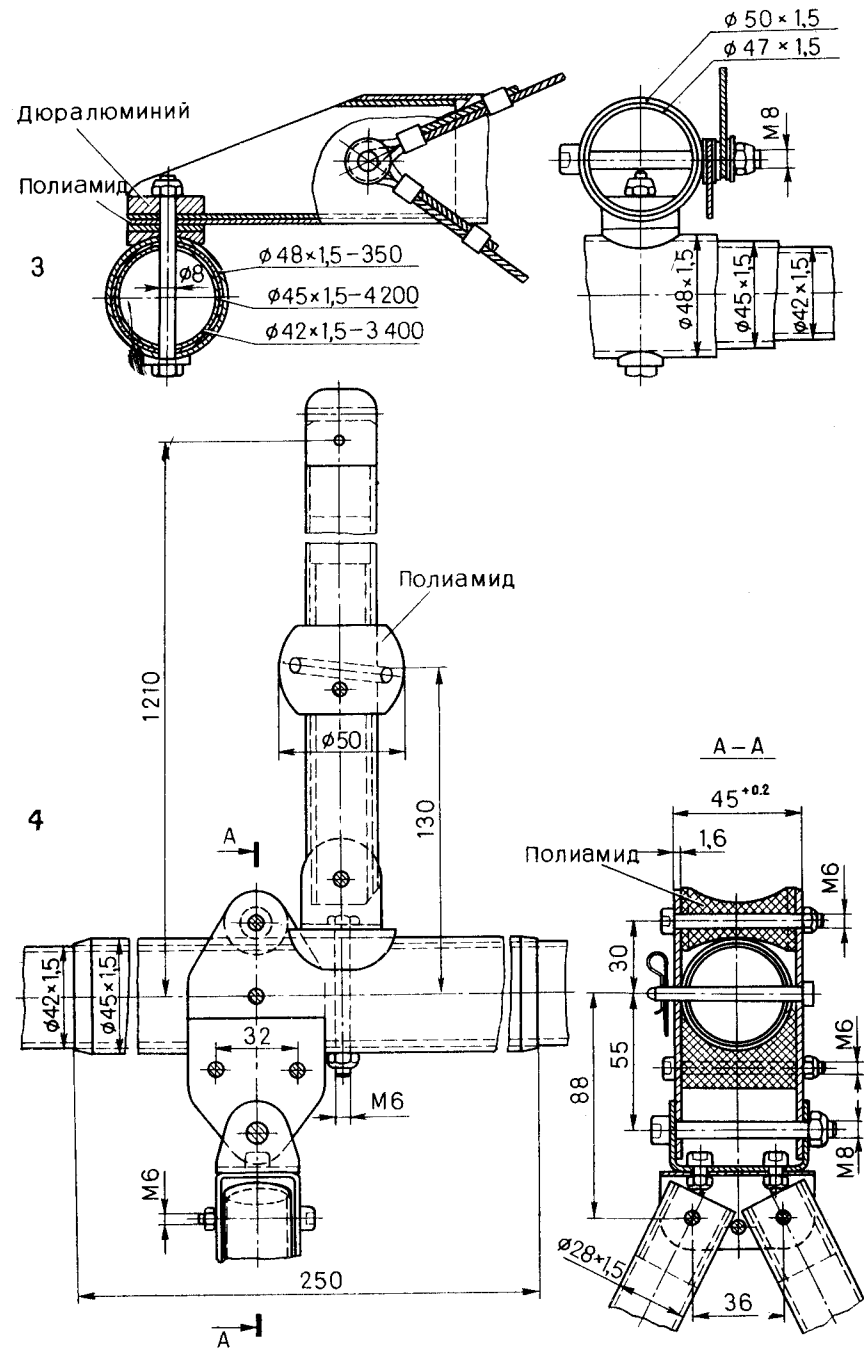


Рис. 6. Особенности конструкции современного спортивного дельтаплана:
 1 — узел плавающей поперечины; 2 — носовой узел; 3 — боковой узел; 4 — центральный узел



капитана В. Михайлова — аппаратах «Сокол-7» и «Сокол-8». Простым способом разработчик придал оптимальную для крыла эллипсоидную форму своим «соколам». И он не ошибся в ожиданиях. Его аппараты превзошли модели, построенные по зарубежным аналогам.

Эти и другие соревнования, проходившие на Урале и Кавказе, в Карпатах и на Алтае, в Крыму и Средней Азии, свидетельствовали о все возрастающей массовости нового вида спорта, его притягательности для молодежи и о растущем мастерстве наших пилотов.

После долгих обсуждений того, кто возьмет шефство над юной ветвью авиационного вида спорта, директивным указанием этот вид спорта поручено вести ДОСААФ. В декабре 1978 года на пленуме Федерации авиационных видов спорта СССР была образована Федерация дельтапланерного спорта. В следующем году Федерация была принята в состав Международной комиссии по свободному полету ФАИ, получив тем самым возможность полноценного участия в деятельности международных организаций по дельтапланерному спорту и выступлений на чемпионатах Европы и мира.

К моменту официального признания дельтапланеризма в его рядах насчитывалось около 10 тысяч спортсменов и 3 тысячи самодельных летательных аппаратов.

Первые годы были отданы разработке регламентирующих документов-наставлений по

производству полетов на дельтаплане, тактико-технических требований к аппаратам самодельной постройки, программы учебно-летней подготовки и других. С 1981 года согласно постановлению правительства должен был начаться серийный выпуск первого промышленного дельтаплана «Славутич-УТ». В этом же году решено было провести первый официальный чемпионат страны.

Торжественное открытие чемпионата состоялось 25 сентября 1981 года на центральной площади г. Кызыла — столицы Туvinской АССР. Десять флагов союзных республик полощутся на ветру. Сорок сильнейших спортсменов страны приехали в далекую Туву, чтобы оспаривать чемпионский титул.

В верховьях Енисея на южных отрогах Саян разместился дельтадром первого чемпионата. На вершине горы Бом, что в 18 км от Кызыла, приготовились к старту пилоты. Первое упражнение — максимальный облет двух вешек. Один за другим уходят в небо спортсмены. Вот пошел С. Казанцев из команды Узбекистана, потом литовский пилот А. Лекис, А. Кареткин из первой сборной России. Началась острая борьба, в которой победитель не был ясен почти до самого последнего старта. Первое упражнение вывело в лидеры А. Кареткина.

Второе упражнение — своеобразный воздушный слалом — облет вешек с посадкой в зачетный круг диаметром 50 м. Идет сложная психологическая борьба. В этом упражнении, как шутили спортсмены, «жад-

ность наказывается» — захочешь облететь лишнюю вешку, чтобы заработать больше очков, и можешь лишиться всего, не попав в зачетный круг.

Одни участники осторожничают: обойдя три вешки, сразу идут к финишу. Другие рискуют. Е. Гриненко выработал свою тактику: сначала сделал для надежности небольшой задел, обогнув три вешки, а в следующих турах пошел на пределе, и в итоге он — победитель в упражнении. У Кареткина второй результат, но по сумме он опережает Гриненко на 49,6 очка.

Третье, решающее упражнение — на дальность. У Кареткина маневренный «Атлас», но по скорости он уступал аппаратам соперников. Как назло, в первой половине дня, когда стартовал Андрей, был сильный встречный ветер. Результат Кареткина далек от предельных. Что покажут Гриненко, Нор-Аревян? Погода изменилась, и ветер стих. Судьба первого места решалась в последних стартах... Е. Гриненко показал лучший результат в упражнении, но по общей сумме отстал от лидера на 5 очков.

Первым абсолютным чемпионом страны стал Андрей Кареткин, а серебряным и бронзовым призерами Евгений Гриненко из сборной Украины и Дзарук Нор-Аревян из второй сборной России.

У А. Кареткина 1 октября в день торжественного закрытия первого чемпионата был двойной праздник: он получил медаль чемпиона в свой день рождения.

Потом были другие чемпионаты страны, другие чемпионы — Сергей Казанцев, Евгений Гриненко, Игорь Соболев. Но особо нужно выделить чемпионат 1985 года, когда прыжки на дельтапланах уступили место протяженным маршрутным полетам, и наш дельтапланеризм приблизился к уровню международных соревнований. Связано это было в первую очередь с возросшим мастерством наших спортсменов и приходом к руководству Всесоюзной федерацией дельтапланерного спорта заслуженного военного летчика СССР генерал-лейтенанта авиации Алексея Анастасовича Микояна.

Этот чемпионат проходил на дельтадроме Ушкунур в предгорьях Алатау недалеко от Алма-Аты. Для полетов впервые был выделен коридор протяженностью 200 км. И хотя полностью использовать его спортсменам не пришлось, большинство полетов уже проходило на значительных высотах, на дальности, измеряемой десятками километров, с использованием на маршруте мощных термических потоков. Победителем в этом соревновании стал воспитанник Сергея Казанцева томич Александр Сутягин.

Александр отличается завидной стабильностью результатов. В следующем году он вновь подтвердил свой высокий класс, став и чемпионом России, и чемпионом страны.

Начатые на пятом чемпионате длительные маршрутные полеты дали свои плоды. Уже в следующем году появились первые рекорды страны на даль-

ность полета. Они были показаны на сборах сильнейших пилотов страны в Ямполе Винницкой области ранней весной: С. Игнатов (Москва) — дальность полета 109,8 км, И. Соболев (Куйбышев) — дальность полета до намеченной цели 87 км. И вскоре его улучшил В. Жеглов (г. Долгопрудный Московской области) — 102 км.

С 1985 года в Единой всесоюзной спортивной классификации в разделе «Дельтапланерный спорт» появились первые звания мастера спорта и кандидата в мастера. Кандидат в мастера спорта должен совершить полет на выигрыш высоты в 1000 м, полет на продолжительность не менее 5 ч и полет на дальность в 50 км, а по замкнутому треугольному маршруту 30 км. Для получения звания необходимо выполнить два из указанных в нормах упражнения.

Первым в стране звание мастера спорта СССР получил неоднократный чемпион страны спортсмен из Томска А. Сутягин.

В 1986 году сборная впервые участвовала в международных соревнованиях. Хотя на проходившем в Венгрии чемпионате Европы результат команды был далек от желаемого, польза от участия несомненная. Наши пилоты познакомились с ведущими пилотами мира, увидели, какую тактику они применяют, чтобы добиться успеха даже, казалось, при равных шансах на победу. Поняли, что нужно для успеха. Это была

хорошая школа. Будут ли сделаны правильные выводы из этих уроков?

Главное, что отличало победителей от остальных соперников, — их громадный налет: они провели в воздухе тысячи часов, причем летали и на свободных дельтапланах, и на моторных аппаратах. В воздухе они начинают чувствовать себя действительно как птицы.

Первым признаком, что урок не пропал даром, стал рекордный по дальности полет одного из участников чемпионата украинского спортсмена Анатолия Коркача. На майских сборах 1987 года в Ямполе он улетел на 190 км. Рекорд, правда, не был засчитан как официальный, так как Анатолий полетел без барографа. Но на ошибках учатся.

Будем ждать новых рекордов!

Выше, дальше, быстрее!

И вот первое знаменательное событие в истории ультралегких летательных аппаратов — официальный чемпионат мира. Он состоялся во Франции в августе 1985 года. Чемпионат продемонстрировал, какие поистине безграничные возможности таятся в этих сверхлегких — до 150 кг — микросамолетах.

Для полетов было выбрано обширное плоскогорье на юге страны. На соревнования прибыли 39 участников из семи стран. Все пестрое семейство летательных конструкций было разбито на две группы: класс А — аппараты с балан-

сирным управлением (мотор-дельтапланы) и класс Б — аппараты с аэродинамическим управлением по всем трем осям (самолетная схема). Взвешивание аппаратов проводилось накануне первых полетов. Одному из спортсменов, чей аппарат весил 151 кг, пришлось срочно отпилить часть топливного бака, чтобы облегчить свою машину до нормы.

На торжественном открытии в воздух поднялось 38 аппаратов участников (один из них был двухместный) и 4 аппарата с представителями прессы и телевидения. Репортажи с соревнования велись прямо в эфире, так сказать, прямо с места событий.

Первым из разыгранных упражнений стал «большой штурманский полет». С 25 л бензина в опломбированных баках пилот должен был облететь максимальное количество вещей-ориентиров. В качестве них использовались хорошо различимые сверху пересечения дорог, высокие сооружения. Контроль прохождения маршрута определялся по фотоснимкам, которые пилот должен был сделать с определенного ракурса, пролетая над ориентиром. Для многих участников это оказалось камнем преткновения — они заработали нули за ошибки при фотографировании. Полет должен был завершиться в объявленное перед стартом контрольное время. Прилет до или после контрольного времени наказывался штрафными очками. А если пилот приземлялся вне посадочного поля, то весь результат аннулировался.

Среди неудачников первого дня оказался 60-летний Г. Джакоб из ФРГ, старейший и пользовавшийся общим уважением участник чемпионата.

Любопытно, что в то время, как многие виды спорта «молодеют», в авиации спортсмены показывают завидное долголетие. В Австрии, к примеру, несколько лет подряд проходит розыгрыш Кубка Европы среди сеньоров — дельтапланеристов, как именуют старейших спортсменов. Участвовать в нем могут как мужчины, так и женщины, кому к началу соревнования исполнилось 50 лет. Старейший из сеньоров, доктор Отто Бауэр, занял на одном из соревнований пятое место.

Дельтапланеристы из Венгрии также устраивают такие соревнования. И это вполне закономерно. Ведь по современным меркам в 50 лет еще далеко до старости. Надо полагать, что и наши пилоты-долгожители могли бы принять участие в таких состязаниях.

Второе упражнение чемпионата — на экономичность. Пройти маршрут до поворотного пункта и обратно с минимальным расходом 25 л топлива — такова задача. Здесь проверяется как совершенство техники, так и летное мастерство спортсмена. Поворотный пункт выбирался каждым участником индивидуально. В этом упражнении посадка допускалась вне посадочной площадки, то есть результат засчитывался в случае приземления в любой точке маршрута. Для точного определения пройденной дальности выдавался

специальный паспорт на французском языке, который надо было заполнить при свидетелях, подтверждающих место финиша. Лучший результат, как и в первый день соревнований, показал пилот из команды ФРГ Иоахим Кренц. Он преодолел дистанцию в 506 км за 5 ч 15 мин на самолете ФК-6, израсходовав всего 20 л бензина.

Полет до поворотного пункта проходил у всех пилотов нормально, но на обратном пути не у всех хватало топлива дотянуть до намеченного финиша, и многих участников ждали забавные приключения.

Один из них (километров за 25 до финиша) обнаружил, что его топливный бак пуст. Уже подыскивая подходящее место для приземления, он увидел невдалеке дельтапланериста, парившего под облаком. Воспользовавшись неожиданной подсказкой, спортсмен ринулся к спасительному месту, и, набрав в восходящем потоке 1800 м, благополучно дотянул до основного посадочного места.

Другому пилоту, попавшему в подобную ситуацию, пришлось сесть у бензоколонки, где его встретили естественным вопросом: «Вам бензин?»

В этом туре слабо выступила команда США, летавшая на «Квиксильверах». Эти аппараты, лидирующие на мировом рынке СЛА, в соревновании уступили как французским «Сирокко», так и западногерманским аппаратам. «Квиксильверы» известны спортсменам с давних пор. С 1977 года они выпускались как безмоторные ап-

параты, а сейчас только с силовой установкой. Их годовой выпуск достигает 2 тыс. штук, а всего произведено на продажу свыше 15 тыс. аппаратов. Годовой доход фирмы составляет 10 млн долларов. На одном из этих аппаратов был совершен знаменитый перелет через Средиземное море общей протяженностью 800 км (с дозаправкой в воздухе от вертолета).

Третьим было комбинированное упражнение — скорость и экономичность. Первую часть маршрута требовалось пройти с максимальной скоростью, вторую — с минимальным расходом топлива. В классе А скоростная часть дистанции равнялась 74 км, в классе Б — 120 км. И. Кренц снова первенствовал в классе А: 21 л топлива на 500 км пути, максимальная скорость 110 км/ч. Оценки за первые три упражнения составляли 70 % суммарной, которую можно было получить за весь чемпионат. Остальные два упражнения не требовали много времени на свое проведение и поэтому сложилось мнение, что их можно выполнить одновременно с более сложными. Однако это сочетание, к сожалению, привело под занавес чемпионата к трагическому событию.

После трудного полета в тот же день выполнялось упражнение на точность приземления. Выйдя на высоте 150 м на посадочное поле, лидер чемпионата Кренц вдруг сорвался в штопор. После четырех-пяти витков его самолет упал на краю поля. Усилия врачей «скорой

помощи» оказались напрасными...

Анализ катастрофы показал, что аппарат был вполне исправен. Предположительно ее причиной стала ошибка самого Кренца, вызванная усталостью и стрессом.

Упражнение на точность приземления заключалось в том, что с высоты не менее 300 м с выключенным двигателем нужно войти в финишный створ и приземлиться на площадку размерами 25×100 м. В зависимости от точки касания оценка варьировалась от 0 до 50 очков (рис. 7).

Последнее, пятое упражнение чемпионата называлось «короче-короче». Здесь важно было продемонстрировать как можно более короткий разбег при старте и минимальный пробег на посадке. Длина разбега измерялась от линии старта до пролета над барьером высотой 1 м, а пробега — от пролета над таким же барьером до полной остановки аппарата (рис. 8).

Барьер обозначался нитью, маркированной разноцветными ленточками. Подобного соревнования еще не знала практика авиационных состязаний. Оно позволило продемонстри-

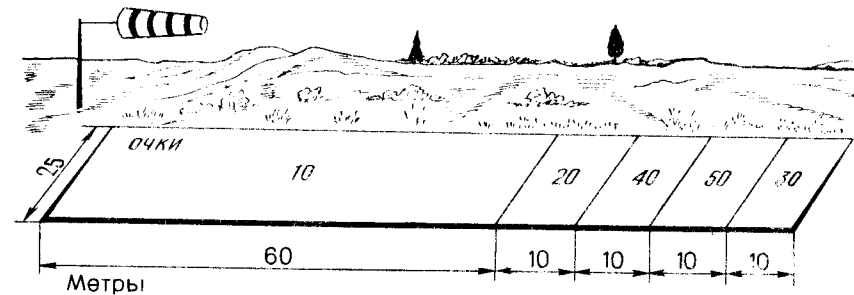


Рис. 7. Посадочная площадка для упражнения «точность приземления»

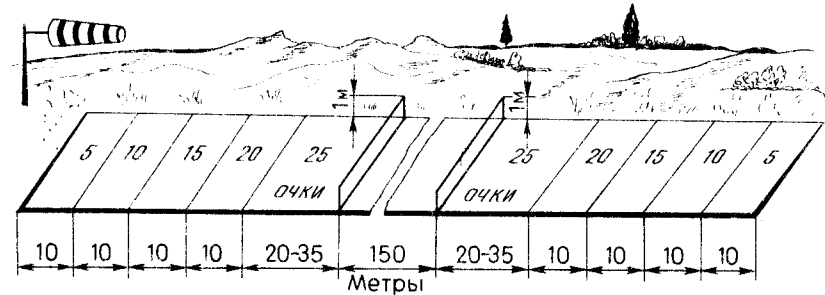


Рис. 8. Разбивка летного поля для упражнения «короче-короче» (длина полосы изменяется в зависимости от силы ветра)

ровать одно из главнейших достоинств микроавиации — возможность взлета и посадки на небольших площадках и, естественно, мастерства пилота в управлении аппаратом. Например, англичанин Боб Калверт четыре раза подряд показывал результат вдвое лучше достигнутого на таком же аппарате до этого другими пилотами. Здесь ему пригодился большой опыт полетов на планере (свободный дельтаплан — практически его разновидность).

Желание получить максимум очков любимыми средствами порой дорого обходилось участнику. Несколько пилотов «зависали» над полосой и.. грохались об землю. В итоге нулевой результат и необходимость ремонта аппарата. Правда, поврежденные элементы конструкции и даже весь планер (без двигателя) с разрешения судейской коллегии можно было заменить. Однако когда француз П. Ребейль перестарался — просто взял новый аналогичный аппарат, это заметили соперники из американской команды, и по их протесту Ребейля дисквалифицировали.

Участники соревнований показали удивительные результаты: максимальная дальность с 25 л топлива — 600 км; продолжительность полета с 25 л — 6 ч; наивысшая крейсерская скорость — 100 км/ч в классе Б и 97,1 км/ч в классе А; минимальная скорость — 39,09 км/ч; лучшая экономичность в крейсерском режиме — 4 л/100 км.

Статистика чемпионата приводит еще две впечатляющие цифры: общий налет 750 ч, протяженность всех спортивных трасс 44 476 км. Это и неудивительно, ведь большинство участников соревнований имеют на своем счету тысячи часов налета на моторных и безмоторных аппаратах. Это профессиональные пилоты — испытатели фирм-производителей сверхлегких летательных аппаратов, пилоты микросамолетов, используемых в сельском хозяйстве, для аэрофотосъемки и т. д.

Лучшим микросамолетом чемпионата был ФК-6 аппарат производства ФРГ, обладавший аэродинамическим качеством, равным 21. Присутствовавший на соревновании конструктор заявил, что это первая модель, а последующие разработки почти вдвое превосходят по качеству представленную. Среди серийных СЛА доминировали французские «Сирокко», в которых удачно сочетались как высокие летные характеристики, так и легкость управления. При длительных маршрутных полетах это давало значительные преимущества. Ряд конструкций был специально доработан для чемпионата с целью быстрой сборки и разборки аппарата.

Крылья мотодельтапланов отличались усилением как каркаса, так и обшивки крыла.

Аэродинамическое качество аппаратов было в пределах от 6 до 15. Масса многих аппаратов вплотную приближалась к 150 кг.

Двигательные установки ха-

рактеризовались большим разнообразием, но в основном использовались моторы «Ротекс», отличающиеся высокой надежностью и приемлемыми эксплуатационными характеристиками.

Из всех спортсменов только Кренц имел бортовую ЭВМ, которая помогала ему выбирать оптимальные скорости, контролировать расход топлива.

Большинство аппаратов было оборудовано кабиной или обтекаемой гондолой, что создавало определенный комфорт пилоту. Лишь один спортсмен стартовал с ног на дельтаплане, имевшем небольшой мощности двигатель. Преимущество он никаких не получил, но в полете ему приходилось труднее всех.

Чемпионат дал обильную пищу для размышлений конструкторам, спортсменам и организаторам соревнований. Его опыт лег в основу нового раздела спортивного кодекса ФАИ, посвященного микроавиации. С 1 января 1986 года в многочисленное семейство спортивной авиации вошел новый класс (класс Р) — сверхлегкие летательные аппараты.

«Одно- или двухместный самолет, имеющий сухой, пустой вес, не превышающий 150 кг, и площадь крыла в квадратных метрах не менее чем вес, деленный на десять ($G/10$), и в любом случае не меньше чем 10 м^2 » — так определяет микросамолет Кодекс.

Микроавиация делится на три подкласса: самолеты наземного базирования, гидросамолеты и амфибии. На сегодня

основную массу микросамолетов составляют аппараты первого подкласса. Но уже появились и гидросамолеты. У них есть свои достоинства. Так, полную загадок бразильскую сельву можно исследовать только с помощью такой микроавиации. Западногерманская научная экспедиция планирует пройти всю Амазонку на сверхлегком летательном аппарате, снабженном поплавками.

Кодекс ФАИ назвал и рекорды, которые официально регистрировались в новом классе спортивной авиации. Это полеты на дальность без посадки по прямой или по замкнутому маршруту. Дальность с выключенным двигателем с высоты не более 1000 м. Дальность с ограниченным запасом — до 10 л топлива. Кроме того, могут устанавливаться рекорды максимально достигнутой высоты полета над уровнем моря, а также скорость подъема, то есть время набора высоты в 3 и 6 тыс. м.

Утверждены первые официальные рекорды (прил. 4).

Все претенденты на звание рекордсмена должны учитывать следующие требования правил: при рекордной попытке на аппарате обязательно должен быть установлен барограф;

взлетный вес аппарата, включая вес пилота, топлива и оборудования, не должен превышать 300 кг;

дозаправка на земле или в воздухе запрещается.

Новый рекорд должен превышать предыдущий по дальности на 1%, а по высоте на 3%.

Погрешности измерений по

дальности не должны быть больше 0,5 %, а по высоте 1 % от измеряемой величины.

Сброс балласта или других предметов в полете не разрешается.

Для микросамолетов-амфибий существует условие — в рекордной попытке они должны совершать старт с суши и садиться на воду.

Для классификации пилотов СЛА по уровню мастерства введены три значка ФАИ: бронзовый, серебряный и золотой «Колибри».

Претендент на первую степень должен совершить 50 полетов, пробыв в общей сложности в воздухе более 20 ч, продемонстрировать трижды точную посадку в круг радиусом 10 м (одну — с высоты 300 м с выключенным двигателем в круг радиусом 20 м) и, кроме того, совершить два полета по

треугольному маршруту протяженностью 75 км.

Серебряный «Колибри» вручается пилоту, совершившему 200 полетов с налетом более 100 ч, умеющему садиться с выключенным двигателем с высоты 300 м в круг радиусом 5 м и совершившему четыре маршрутных полета с дальностью по 150 км каждый.

Высшей награды удостоивается тот, кто имеет налет 300 ч, принимал участие в двух национальных или международных соревнованиях, совершил в течение недели маршрутные полеты суммарной дальностью более 500 км. К тому же он должен быть рекордсменом страны и совершить на гидросамолете два полета дальностью по 75 км.

Имена первых 50 обладателей золотого «Колибри» будут занесены в реестры ФАИ.

Глава 4.

ПОЧЕМУ ОН ЛЕТАЕТ

Дельтапланеристы это место называют склон. Но все основные события происходят выше склона — на вершине горы. И именно здесь собирается наибольшее количество зрителей. А собственно склон — это тот участок горы, над которым скользят разноцветные крылья, обходя бьющиеся на ветру флажки, обозначившие трассу.

И, оказавшись на этой горе, не случайный зритель, а человек, мечтавший о мире дельтапланеризма или просто любознательный, желающий понять то, что здесь происходит, услышит много новых слов, не зная смысла которых, трудно проникнуть в суть происходящего. В первую очередь, это слова из мира аэродинамики. Не пугайтесь этого слова. Учебники по аэродинамике действительно содержат много формул и уравнений, да к тому же иногда записанных в векторной форме. Но в основе их лежат классические законы Ньютона, которые все знают со школьной скамьи. Эти законы гениальны, а потому просты. Итак, смело в путь!

Обтекание. Мы стоим на холме, и нас обдувает веселый ветер соревнований. А когда мы

плывем, нас обтекает вода. Мы привыкли к тому, что нас обтекает среда, в которой мы движемся, или она движется на нас (ветер, течение реки).

Если внимательно посмотреть на дельтаплан, то окажется, что он состоит из деталей различной формы. Давайте мысленно внесем эти детали в поток воздуха, каждую по отдельности. Их будет обтекать воздух, но воздух прозрачный, и мы ничего не увидим. А если в этот поток добавить цветного дыма? Вот тогда нашему взору откроется удивительный мир вихрей. При этом за каждой формой тела будут создаваться свои неповторимые вихри.

Попробуйте сами поддержать на сильном ветре листы фанеры, сложенные каплей, свернутые цилиндром или просто поставьте их поперек потока воздуха (рис. 9). Та сила, которой вы будете сопротивляться, держа эти предметы, и будет аэродинамической силой. И она тем больше, чем больший вихрь образуется за этим телом. Вот здесь мы и узнаем, что такое удобообтекаемое и неудобообтекаемое тела. Первое — это капля, второе — лист фанеры, поставленный поперек потока

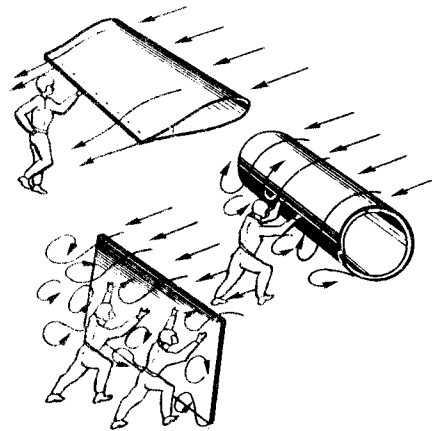


Рис. 9. Обтекание тел разной формы, удобообтекаемое и неудобообтекаемое тела

(аэродинамики называют его пластинкой). На дельтаплане большинство деталей имеют удобообтекаемую форму, а к неудобообтекаемым телам относится лишь тело самого пилота. Итак, аэродинамика изучает взаимодействие между воздухом и движущимся в нем телом.

Дельтапланы в сравнении с большой авиацией летают на малых скоростях. Они по скорости и высоте полета ближе к птицам, чем к авиалайнерам. Поэтому нас будет интересовать аэродинамика малых скоростей, которая отличается от аэродинамики планера и тем более самолета. По исследованию полетов планеров и самолетов имеется богатейший материал, но, несмотря на это, перед гибким крылом подчас даже признанные авторитеты классической аэродинамики разводили руками. Временами дельтаплан становится таким же не-

послушным, как и майский жук, который, как известно, если бы подчинялся классическим законам аэродинамики, то не смог бы летать. Однако ряд классических закономерностей присущи птицам и летающим насекомым, авиационным моделям и мембранному (гибкому) крылу, древним птеродактилям и современным сверхлегким летательным аппаратам.

Немного классической аэродинамики. Взаимодействие потока воздуха с телом зависит не только от размеров, формы тела и его ориентации в потоке, но и от скорости потока и плотности воздуха, которые принято обозначать V и ρ .

В расчетах форма тела учитывается безразмерным коэффициентом C . Чем тело больше, тем за ним будет больше вихрь. Поэтому в формуле присутствует габаритный размер (как правило, площадь S). Аэродинамические силы пропорциональны площади тела. Если мы возьмем плоскую пластинку и будем ее положение изменять в потоке, то воздействие потока будет меняться. Оно зависит от угла атаки α . А сила R и будет полной аэродинамической силой. Если разложить эту силу по направлению потока воздуха и по нормали к нему, то полная аэродинамическая сила геометрически разложится на силу лобового сопротивления X и подъемную силу Y , а формулы этих сил имеют вид:

$$X = C_x \rho \frac{V^2}{2} S \quad \text{и} \quad Y = C_y \rho \frac{V^2}{2} S.$$

Но все таинства, связанные

с образованием подъемной силы и лобового сопротивления, происходят в пограничном слое. Пограничный слой — это тонкий слой заторможенного воздуха, образующийся на поверхности тел, обтекаемых его потоком.

В существовании пограничного слоя легко убедиться: пыльца на крыльях насекомых, в том числе бабочек, не сдувается встречным потоком воздуха, пыль на лопастях вентилятора, которая остается при вра-

щении его лопастей, крупинки смерзшегося снега, медленно ползущие под действием вибрации по поверхности летящего самолета, хотя за бортом на стоящий ураган. Толщина пограничного слоя у элементов конструкции дельтаплана и других сверхлегких летательных аппаратов в среднем составляет $\delta = 2 - 12$ мм. На поверхности крыла толщина пограничного слоя непрерывно возрастает по направлению к его задней кромке (рис. 10).

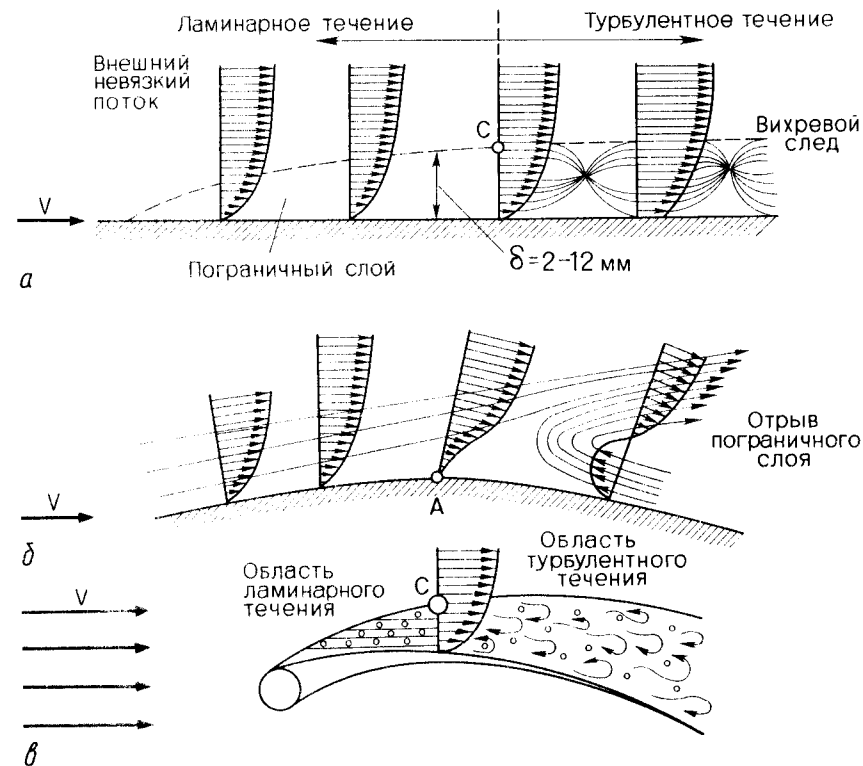


Рис. 10. Профили скоростей и линии тока в области пограничного слоя:

а — переход ламинарного течения в турбулентное и образование вихревого следа; б — отрыв пограничного слоя в точке А и образование обратного течения (сравните обтекание); в — переход ламинарного течения в турбулентное и образование вихрей на крыле дельтаплана

Скорость у самой поверхности тела равна нулю из-за прилипания воздуха к обтекаемой поверхности. Чем больше расстояние от поверхности, тем больше скорость (внутри пограничного слоя). За его пределами скорость потока будет равна скорости вдали от тела.

Силы и моменты, действующие на дельтаплан в полете. Силы принято раскладывать по осям, а действие моментов рассматривать вокруг этих осей. Правая прямоугольная система координат — это три оси, начало которых находится в центре масс аппарата. Положительное направление оси x будет направлено по вектору скорости полета, оси y перпендикулярно к оси x вверх, а ось z направлена перпендикулярно к плоскости, в которой находятся оси x и y вдоль правого крыла.

В полете на дельтаплан действуют только две силы: аэродинамическая сила R и сила веса G . Первая приложена в центре давления, а вторая — в центре массы аппарата. Центры давления и масс в общем случае не совпадают. Но как известно из механики, для любого установившегося движения необходимо равновесие сил. Такое равновесие удобно рассмотреть, сведя все силы в одну точку. Теперь разложим каждую из этих сил на две силы, направленные по траектории планирования и перпендикулярно к ней. Разложим силу R на подъемную силу Y , направленную перпендикулярно к пути, и силу лобового сопротивления X , направленную в противополо-

ложную сторону пути движения аппарата. Поэтому если быть математически точным, то ее надо писать со знаком —. Слагаемые силы G — силы G_x и G_y — равны по величине и противоположны по направлению силам X и Y (рис. 11).

Надо помнить, что хотя сила Y и называется подъемной силой, но она не уравновешивает весь вес, а только одну его составляющую. Сила X уравновешивает ту составляющую силу веса, которая иногда называется маршевой силой и направлена по вектору скорости поступательного движения дельтаплана или другого планера. Таким образом, движущей силой является составляющая веса G_x , возникающая вследствие движения по траектории, наклоненной к горизонту. Если планирование установившееся, то должно выполняться условие $R=G$; кроме того, для подъемной силы и лобового сопротивления имеется при планировании соответственно:

$$Y_{пл} = G \cos \theta = G_y$$

$$\text{и } X_{пл} = G \sin \theta = G_x,$$

где θ — угол планирования.

Варьируя угол атаки крыла α , изменяют соотношение между $Y_{пл}$ и $X_{пл}$, то есть меняют аэродинамическое качество крыла K , а через него можно воздействовать на угол планирования θ , так как $\text{tg} \theta = \frac{1}{K}$.

Результирующую скорость планирующего полета $V_{пл}$ можно разложить на две составляющие: горизонтальную скорость V_x и скорость снижения V_y . Из

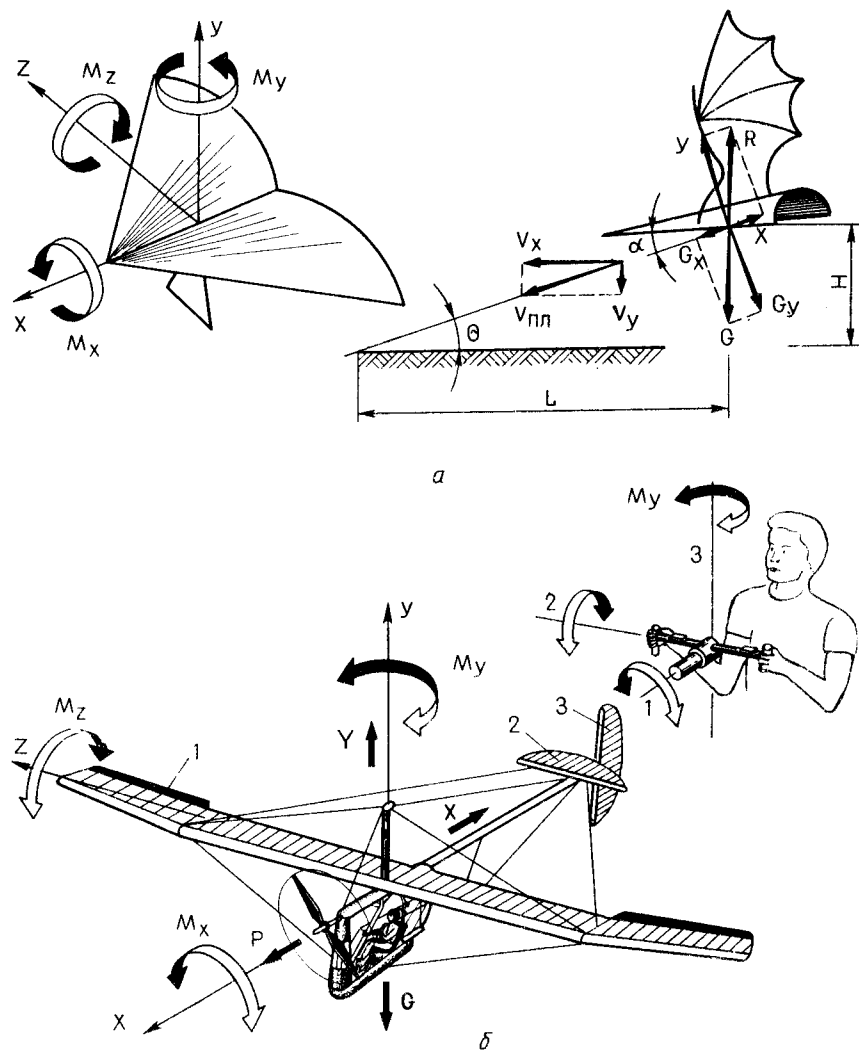


Рис. 11. Силы и моменты, действующие на дельтаплан в полете:

a — при планировании; b — при горизонтальном полете на мускулолете; 1 — элероны; 2 — руль высоты; 3 — руль направления; R — полная аэродинамическая сила; G — сила веса; M_z — момент вокруг оси z , изменяющий положение аппарата по тангажу; M_x — момент вокруг оси x , изменяющий положение по крену; M_y — момент вокруг оси y , изменяющий путевое направление — рыскание; P — сила тяги; Y — подъемная сила; X — сила лобового сопротивления

подобия треугольников легко получить:

$$V_x = V_{\text{пл}} \cos \theta \quad \text{и} \quad V_y = V_{\text{пл}} \sin \theta;$$
$$\frac{V_x}{V_y} = \frac{1}{\operatorname{tg} \theta} = K = \frac{Y}{X}.$$

Отсюда видно, что аэродинамическое качество — это отношение подъемной силы к лобовому сопротивлению аппарата.

Сила Z появляется только при криволинейном движении в горизонтальной плоскости.

Для моторного полета подъемная сила крыла Y полностью уравнивает силу веса G , а сила лобового сопротивления X уравнивается силой тяги P (см. рис. 11.)

Подъемная сила крыла. Проблема изучения подъемной силы имеет очень давнюю историю. Загадки полета птицы занимали умы ученых задолго до появления летательных аппаратов. Первая попытка исследования природы подъемной силы была сделана Леонардо да Винчи в 1505 году. Объясняя причину возникновения подъемной силы птицы, он считал, что из-за быстрых ударов крыльями воздух под ними уплотняется и поэтому поддерживает птицу. Эта гипотеза Леонардо да Винчи, основанная на сжимаемости воздуха, была ошибочной, так как применялась для полета с малыми скоростями, когда свойство сжимаемости воздуха практически не проявляется.

В 1852 году Магнус провел серию опытов для объяснения явления отклонения от вертикальной плоскости вращающихся артиллерийских снарядов. Он показал, что поперечная сила, вызывающая это откло-

нение, возникает из-за взаимодействия двух потоков воздуха: набегающего на снаряд и вращающегося вместе со снарядом. Это явление, получившее название эффекта Магнуса, было вновь исследовано Н. Е. Жуковским в 1902—1906 годах. В результате появилась работа «О присоединенных вихрях».

До середины XIX века научные исследования движения тела в воздухе касались только вопроса сопротивления, так как со времен Ньютона существовало мнение, основанное на ударной теории сопротивления среды, о невозможности создания достаточной для полета подъемной силы.

В 70-х годах прошлого века к проблеме подъемной силы обращается создатель первого в мире самолета капитан 1 ранга А. Ф. Можайский. Он избрал экспериментальный метод изучения проблемы — проводил опыты с летающими моделями, планерами, воздушными змеями. Эти исследования помогли А. Ф. Можайскому построить самолет, который по своей схеме оказался очень перспективным.

Экспериментальный путь исследования подъемной силы избрал и Отто Лилиенталь.

Проблема возникновения подъемной силы волновала и других исследователей. К. Э. Циолковский обращался к ней в работе «Аэроплан, или птицеподобная летающая машина» (1894 г.). Заслуга решения этой проблемы принадлежит профессору Н. Е. Жуковскому. Теория подъемной силы крыла была разработана им в 1906 году.

Аэродинамический принцип создания подъемной силы был изложен Н. Е. Жуковским так: «...двигаясь под малым углом к горизонту с большой горизонтальной скоростью, наклонная плоскость сообщает громадному количеству последовательно прилегающего к ней воздуха малую скорость вниз и тем развивает большую подъемную силу вверх при незначительной затрате работы на горизонтальное перемещение». Следовательно, для создания подъемной силы по этому принципу необходимо перемещение тела относительно воздуха.

Аэродинамический принцип создания подъемной силы используется при подъеме аппарата тяжелее воздуха, к которым относятся планеры и дельтапланы, самолеты и сверхлегкие моторные летательные аппараты, вертолеты и автожиры, летательные аппараты с машущими крыльями (ортоптеры и орнитоптеры).

Подъемная сила у моторного сверхлегкого летательного аппарата создается неподвижно закрепленным крылом. При поступательном движении аппарата крыло обтекается потоком воздуха. Из-за особой формы сечения крыла создается разность давлений под крылом и над ним, а в результате возникает подъемная сила. Для моторного аппарата перемещение в воздухе происходит под действием силы тяги, создаваемой силовой установкой.

Планеры, в том числе дельтапланы, создают подъемную силу так же, как моторные аппараты, неподвижно закрепленным

крылом, но так как они не имеют силовой установки, то могут только планировать или летать на буксире. При планировании они снижаются за счет силы веса (см. рис. 11, а) или набирают высоту за счет восходящих потоков воздуха.

Подъемная сила выражается формулой

$$Y = C_y \rho \frac{V^2}{2} S.$$

Подъемная сила появляется при обтекании не всех тел, а лишь тел с определенным профилем. Для крыльев дельтапланов должны применяться профили с хорошими летными характеристиками, создающими большую подъемную силу.

Зависимость коэффициента подъемной силы крыла C_y от угла атаки α . Из формулы для определения подъемной силы видно, что при неизменных ρ , S и V подъемная сила крыла будет пропорциональна только C_y . Но C_y зависит только от угла атаки $C_y = f(\alpha)$.

Опыты показывают, что на летных углах атаки зависимость $C_y = f(\alpha)$ выражается прямой линией (рис. 12).

При больших углах атаки линейная зависимость $C_y = f(\alpha)$ нарушается, коэффициент C_y увеличивается медленнее и после достижения максимума ($C_{y_{\max}}$) уменьшается. Угол атаки, при котором коэффициент C_y достигает максимума, называется критическим углом атаки $\alpha_{\text{кр}}$. На дельтапланах типа «Славутич УТ» критический угол атаки $\alpha_{\text{кр}}$ наступает около 45° . С увеличе-

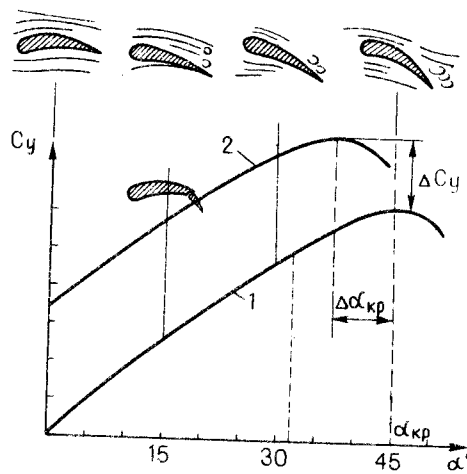


Рис. 12. Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки и обтекание профиля на различных углах: 1 — крыло без механизации; 2 — крыло с закрылком

нием удлинения крыла $\alpha_{кр}$ уменьшается.

Увеличение коэффициента подъемной силы крыла может быть достигнуто увеличением кривизны профиля. Вогнутость профиля позволяет значительно увеличить $C_{y_{max}}$ в отдельных сечениях крыла (рис. 13).

Силой лобового сопротивления приходится расплачиваться за подъемную силу крыла. Сопротивление тела зависит от его формы, плотности воздуха и скорости. Сила лобового сопротивления выражается формулой

$$X = C_x \rho \frac{V^2}{2} S,$$

где C_x — безразмерный опытный коэффициент, характеризующий форму тела;

$$S \text{ — площадь крыла, м}^2;$$

$$q = \rho \frac{V^2}{2} \text{ — скоростной напор, кг/м}^2.$$

Если считать, что плотность воздуха у земли постоянна, то площадь крыла — это конструктивная величина, и чем она меньше, тем меньше лобовое сопротивление. Но площадь крыла ограничивается допустимой удельной нагрузкой

$$p = \frac{G}{S_{кр}},$$

где G — вес аппарата с пилотом.

Коэффициент лобового сопротивления — это такая величина, на которую можно влиять, проектируя аппарат.

Сила лобового сопротивления складывается из профильного, индуктивного и волнового. Следовательно, и коэффициент лобового сопротивления тоже можно представить как сумму коэффициентов этих сил:

$$C_x = C_{xp} + C_{xi} + C_{xv},$$

где C_{xp} — коэффициент профильного сопротивления;
 C_{xi} — коэффициент индуктивного сопротивления;
 C_{xv} — коэффициент волнового сопротивления.

Волновое сопротивление специфично для сверхзвукового движения, которое связано с образованием ударной волны и конусов Маха. Для дельтапланов такие скорости недостижимы. Однако эксперименты по сбросу и продувкам мембранных крыльев в сверхзвуковом потоке воздуха проводились и

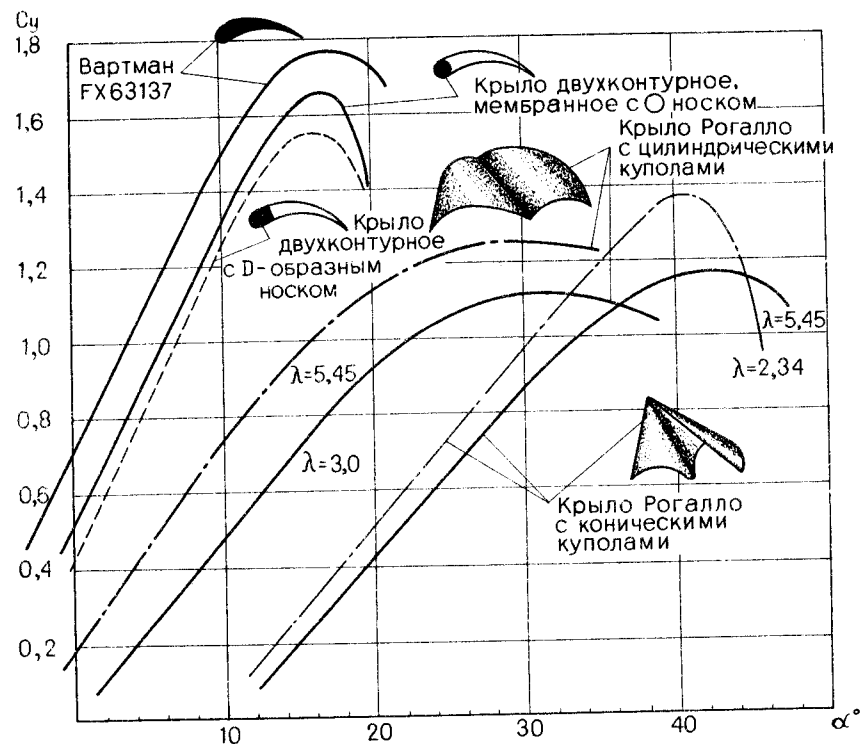


Рис. 13. Зависимость C_y от угла атаки α для различных аэродинамических профилей при числах Рейнольдса, соответствующих максимальному значению $C_{y_{max}}$

дали положительные результаты.

Профильное сопротивление вызывается неравномерностью распределения давления по поверхности тела и трением воздуха о его поверхность. Если пренебречь вязкостью воздуха и считать обтекание абсолютно плавным, то $X=0$, и тело не будет испытывать ни сопротивления давления, ни сопротивления трения (парадокс д'Аламбера-Эйлера).

При отсутствии вязкости и срывов потока можно было бы считать, что происходит так называемое теоретическое обтекание, когда струи потока плавно сходят с хвостовой части обтекаемого тела. При этом поток плавно расширяется в хвостовой части и полностью восстанавливается давление, действующее на носовую часть. Поэтому тело не испытывает разности давления. Но в случае реального обтекания ввиду на-

личия вязкости абсолютно плавного обтекания не может быть даже у хорошо обтекаемых тел с самой гладкой поверхностью. При расширении струек, обтекающих хвостовую часть, наблюдаются местные вихри. В результате этого давление в хвостовой части полностью не восстанавливается, то есть образуется зона разрежения, и тело испытывает не только трение, но и разность давления.

Таким образом, профильное сопротивление складывается из сопротивления трения и давления, а коэффициенты будут состоять из суммы

$$C_{x_p} = C_{x_t} + C_{x_d}$$

Сопротивление трения зависит от формы тела, скорости полета, температуры и шероховатости поверхности. Под шероховатостью поверхности обычно понимают наличие выступов или впадин, расстояние между которыми того же порядка, что и их высота и глубина. При ламинарном пограничном слое шероховатость не оказывает влияния на величину сопротивления трения, так как бугорки шероховатости обтекаются плавно, без образования вихрей.

При турбулентном пограничном слое влияние шероховатости проявляется тем раньше и сильнее, чем больше относительная шероховатость. При турбулентном пограничном слое сопротивление трения шероховатой поверхности в основном будет состоять из сопротивления давления обтекаемых потоком бугорков шероховатости.

Обрыв вихрей, образующихся при обтекании бугорков, способствует смещению точки перехода ламинарного слоя вперед и, таким образом, увеличению сопротивления трения. Пограничный слой в реальных условиях оказывается смешанным: на передней части он ламинарный, на остальной — турбулентный. Следовательно, надо стремиться, чтобы килы крыла и все обтекаемые детали имели бы минимальную шероховатость — максимальную чистоту поверхности.

Для хорошо обтекаемых тел сопротивление давления при малых скоростях полета составляет незначительную долю всего сопротивления. У плохо обтекаемых тел, создающих завихрение, сопротивление давления может составлять основную часть всего сопротивления. У поперечной балки сопротивление может составлять до 25 % от всего дельтаплана (без пилота).

Итак, профильное сопротивление подсчитывается по обычной аэродинамической формуле:

$$X_p = C_{x_p} \rho \frac{V^2}{2} S,$$

где

$$C_{x_p} = C_{x_t} + C_{x_d}$$

Дельтапланерист под крылом дельтаплана является неудобно обтекаемым телом. Правильно подобранная или спроектированная одежда поможет не только избежать травм, но и снизить аэродинамическое сопротивление этого «неудобообтекаемого тела». Каждый вид спорта, и дельтапланеризм в том числе, предъявляет свои специфические требования к

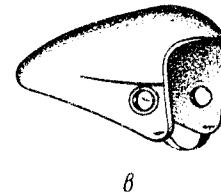
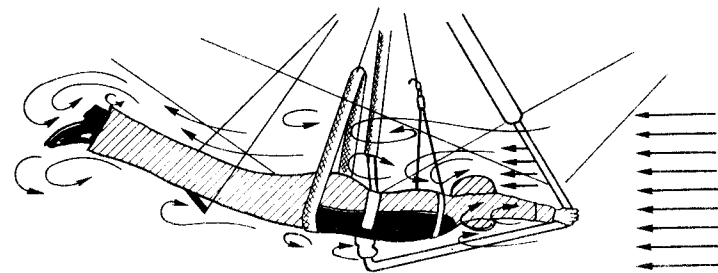


Рис. 14. Пути снижения лобового сопротивления дельтапланериста:

а — снижение лобового сопротивления за счет позы пилота в полете; б — тело пилота (неудобообтекаемое); в — килевидный шлем пилота, позволяющий снижать лобовое сопротивление а пилоте на 7 %

спортивной одежде для получения лучших спортивных результатов.

Аэродинамическое сопротивление дельтапланериста можно уменьшить тремя способами. Наиболее простым и обычным является изменение положения по отношению к набегающему потоку воздуха. Но современная подвеска пилота горизонтальная. Так что из этого способа уже взято все возможное (рис. 14).

Другим способом снижения лобового сопротивления является разработка одежды и снаряжения, придающих телу пилота обтекаемую аэродинамическую форму. Примером могут служить шлемы, которые по

форме напоминают фонарь кабины самолета. Применяемые в дельтапланеризме шлемы из других видов спорта, а также шлемы танкистов или пилотов реактивных истребителей и вертолетов могут быть безопасными, но оставляют желать много лучшего для создания меньшего лобового сопротивления (рис. 15).

Существует конструкция шлема с вмонтированными в него миниатюрными приемопередающими устройствами. Хотя дельтапланеристам выделены свои радиочастоты, но на официальных соревнованиях рация для пилотов пока запрещена, между тем нередко возникает острая необходимость в связи

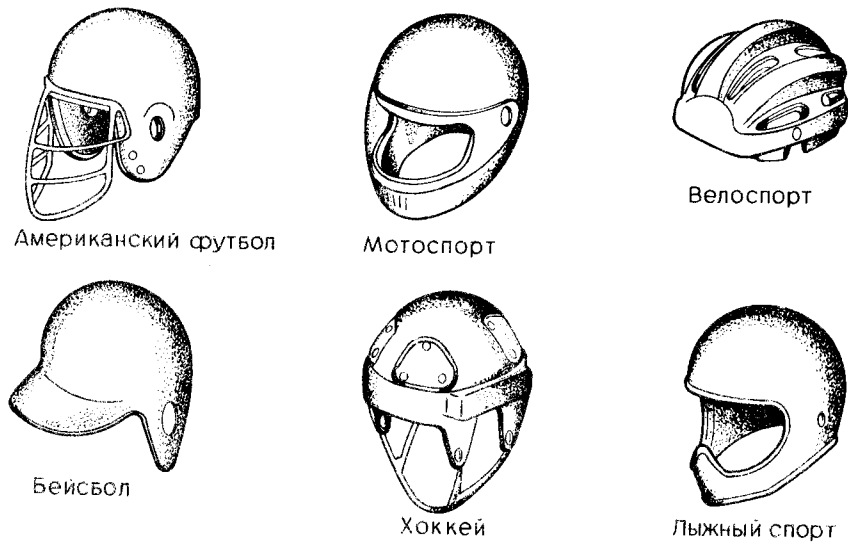


Рис. 15. Некоторые виды неудобнообтекаемых шлемов, применяемых в дельтапланизме для безопасности полетов (шлемы для хоккея и американского футбола рассчитаны на многократное противостояние ударным нагрузкам, остальные обеспечивают защиту от одиночного сильного удара)

пилота с руководителем полета или с тренером, особенно во время тренировочных полетов. При полетах на больших высотах, когда зрительная связь невозможна, при полетах вне прямой видимости только по радиосвязи можно передать грозное предупреждение или другую важную оперативную информацию. Так что действующий запрет радиосвязи на соревнованиях — дело спорное. Ведь пользуются же бегуны, лыжники подсказками своих тренеров на дистанции. Кстати, подсказкой может воспользоваться не любой спортсмен, а лишь пилот, отличающийся высоким летным мастерством.

Третий способ — это применение гладкой и плотно облегающей

одежды, снижающей до минимума трение при контакте с воздухом. Такие костюмы стали обычными в скоростных видах спорта, которые снижают сопротивление воздуха примерно на 10%. Ограничение может быть единственное: применение такой одежды не должно противоречить спортивным правилам.

Продувки показали, что основную долю аэродинамического сопротивления составляют складки свободно висящей одежды и длинные волосы. Даже грубые длинные носки могут увеличить сопротивление примерно на 1% по сравнению с голыми ногами. Замена грубой и свободно висящей одежды гладкой и плотно облегающей

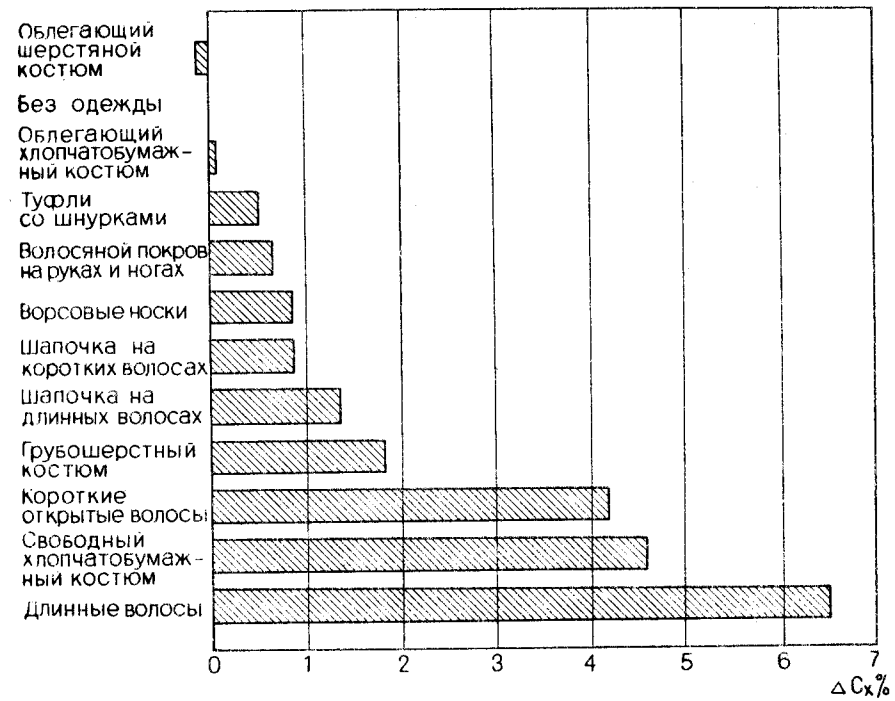


Рис. 16. Увеличение аэродинамического сопротивления дельтапланериста от различных типов одежды

щей тело может дать дополнительный выигрыш в 4% (рис. 16).

Древние греки на Олимпийских играх бегали без одежды, что позволяло улучшить спортивные результаты. Ворсинки облегающего шерстяного костюма снижают лобовое сопротивление пилота (по сравнению с обтекаемым телом без одежды), работая так же, как структура поверхности крыла у некоторых насекомых, предотвращая преждевременный срыв потока.

Снижение лобового сопротивления пилота-дельтапланериста даже на 2% (рис. 17) создает возможность опередить соперника на маршруте при прочих

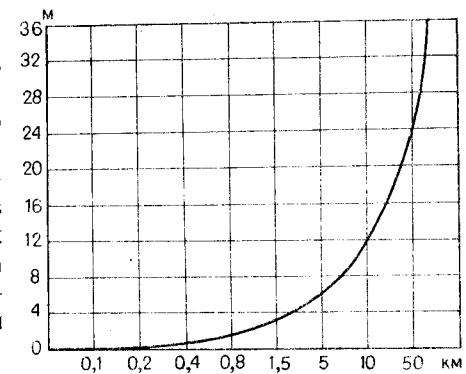


Рис. 17. График зависимости опережения (в м) от дистанции полета (в км) при снижении лобового сопротивления пилота-дельтапланериста на 2%

равных условиях. Разрыв возрастает с увеличением дистанции полета.

Требования безопасности полета и аэродинамика предъявляют достаточно жесткие требования к экипировке дельтапланериста. Среди нее основное — это подвесная система.

На сегодняшний день наиболее распространенное положение пилота в полете — горизонтальное, и для простых полетов оптимальной подвеской для такого положения будет подвеска типа «фартук». Она шьется из прочных материалов типа авиазента и ему подобного. Стропы, идущие к карабину, изготавливаются из высокопрочных капроновых ремней или тросов. Силовые элементы должны выдерживать десятикратную массу пилота. Подвеска должна быть комфортабельной, не сдавливать ремнями ноги и другие части тела как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. Силовые ремни нужно снабдить мягкими подкладками, предохраняющими тело от натирания.

Должна быть обеспечена невозможность выпадения пилота из подвесной системы. Известен случай, когда спортсмену, попавшему в пикирование, удалось встать ногами на трапецию и ухватившись руками за килевую балку, вывести аппарат из пикирования. Однако при этом он выпал из подвесной системы и повис вниз головой, удерживаемый лишь коленными обхватами. Судьба вторично смилостивилась над ним: он благополучно приземлился на крутой заснеженный

склон целым и невредимым. Очевидцы, наблюдавшие это необычайное зрелище, восприняли его совершенно хладнокровно, полагая, что это экстрапилот демонстрирует свое мастерство в воздушной акробатике.

Подвесная система должна позволять пилоту быстро при необходимости отсоединиться от аппарата. Уже неоднократно у нас в стране и за рубежом отмечались случаи посадки пилотов на воду, заканчивавшиеся трагическим исходом.

В ФРГ для пилотов даже проводились специальные тренировки в бассейне, где они должны были быстро отсоединиться от карабин, находясь в воде.

Стремя, применяемое в подвеске, позволяет пилоту найти в воздухе опору и более энергично управлять аппаратом. Самое трудное — это поймать стремя после старта. При разбеге оно мотается вниз, мешая разбежаться и отвлекая внимание пилота. Были испробованы различные способы разбега со стремяем. Его брали в зубы, держали при разбеге в руке, закрепляли на подвеске. Один из прижившихся методов — закрепление стремя на ноге с помощью резинового жгута.

Подвески, применяемые спортсменами для парящих полетов, стали более сложными (рис. 18), аэродинамически обтекаемыми и теперь полностью или частично закрывают тело пилота. Это так называемые подвески типа «кокон», «рыба» и т. д. Они создают сложности пилоту при старте, но это окупается в полете по-

вышением аэродинамического качества и комфортности. Здесь следует обратить внимание на один момент — после отрыва от склона пилот должен перевести аппарат в нормальный режим полета, а после этого уже влезать ногами в подвеску или застегивать молнию.

При сильном ветре и наличии помощника можно стартовать, уже находясь в горизонтальном положении в подвеске. Помощник или помощники в этом случае поднимают аппа-

рат вместе с пилотом за тросы и выталкивают его навстречу ветру.

Однако новые сложные подвески требуют еще конструктивного совершенствования, так как при попадании в опасные условия выбраться из них пилоту бывает достаточно сложно.

Помимо подвесной системы и шлема в обязательную экипировку спортсмена входят перчатки и ботинки для предохранения его от возможных

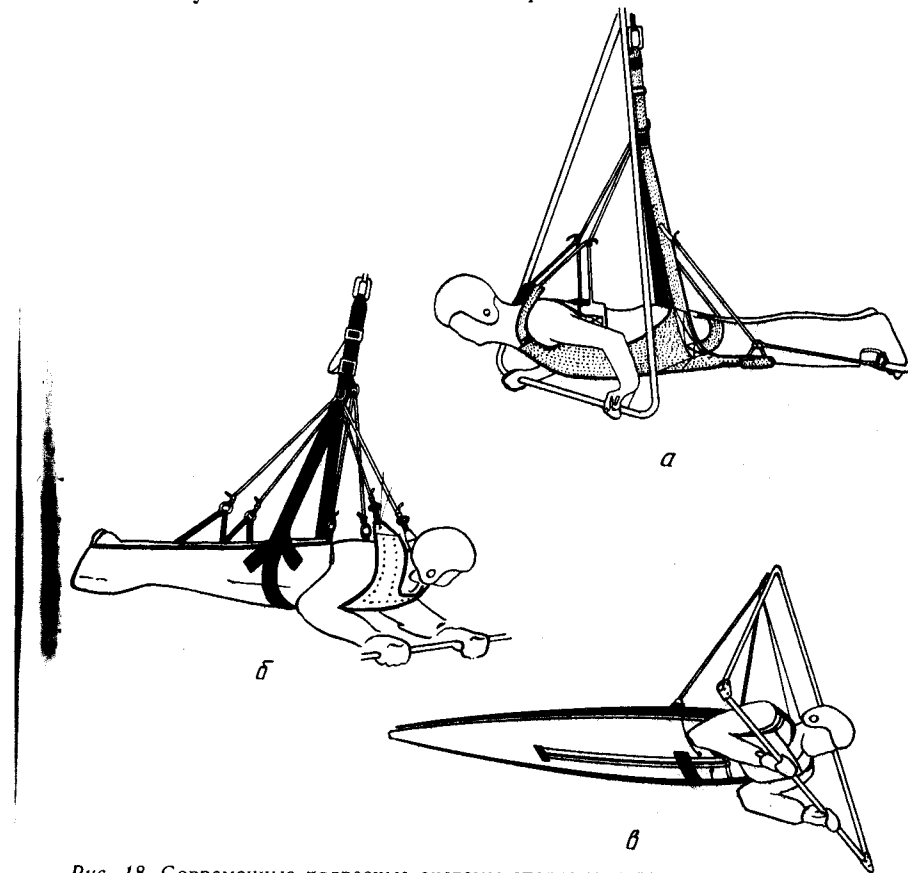


Рис. 18. Современные подвесные системы спортсмена-дельтапланериста:

а — простая и удобная в обращении подвесная система для тренировочных полетов; б — подвесная система для маршрутных полетов; в — подвесная система для спортсменов высокого класса, создающая полный комфорт и имеющая минимальное аэродинамическое сопротивление

травм при неудачных и аварийных посадках.

Для защиты рук удобны вратарские перчатки. Резиновые накладки на них предотвращают проскальзывание рукоятки управления.

Обувь пилотом выбирается по сезону. Но в любом случае она должна иметь толстую рифленую подошву, смягчающую при посадке удары и способствующую энергичному, без проскальзывания, разбегу на старте.

Могут пилоту пригодиться и очки. Зимой они защищают глаза от слепящего блеска снежного покрова. А летом нередко в воздухе носятся тучи различных мошек и просто пылин, попадание которых в глаза может серьезно отразиться на возможности пилотировать аппарат. Очки горнолыжников имеют небольшой коэффициент лобового сопротивления.

Индуктивное сопротивление крыла — это часть силы лобового сопротивления, вызванная наличием у крыла подъемной силы. Поток, отбрасываемый вниз, скашивается за крылом книзу. Так как подъемная сила крыла направлена перпендикулярно к набегающему потоку, то из-за наличия скоса потока она отклоняется несколько назад на угол $\Delta\alpha$. Вследствие этого образуется горизонтальная составляющая подъемной силы, направленная против движения, которая и равна силе индуктивного сопротивления крыла $X_i \approx Y\Delta\alpha \approx Y \frac{\Delta\alpha}{57,3}$.

Из этой формулы видно, что чем больше подъемная сила

крыла Y , тем больше и сила индуктивного сопротивления. Но от величины подъемной силы зависит и угол $\Delta\alpha$, он прямо пропорционален силе Y . Если это учесть, то станет ясно, что сила индуктивного сопротивления прямо пропорциональна квадрату подъемной силы. Сила индуктивного сопротивления крыла зависит еще от его удлинения. Если взять два крыла одинаковой площади, но с разным удлинением, то при равной подъемной силе у более узкого крыла (то есть с большим удлинением) поток воздуха скашивается на меньший угол. Подъемная сила пропорциональна массе воздуха, отбрасываемого крылом вниз в одну секунду, и скорости отбрасывания. Крыло с большим размахом охватывает более широкий поток и отбрасывает в секунду больше воздуха. Поэтому при одной и той же подъемной силе у него должна быть меньше скорость отбрасывания, а значит, на меньший угол отклонится назад и подъемная сила крыла. Меньше будет, следовательно, и индуктивное сопротивление. Таким образом, чтобы уменьшить индуктивное сопротивление, следует увеличивать удлинение крыла.

Зависимость коэффициента лобового сопротивления крыла от угла атаки. Коэффициент $C_x = C_{x_p} + C_{x_i}$. При этом коэффициент C_{x_p} мало зависит от угла атаки α . А коэффициент C_{x_i} в том диапазоне углов атаки, в котором зависимость $C_{x_i} = f(\alpha)$ сохраняет прямолинейность, зависит от C_y по закону квадратной параболы, так как

$$C_{x_i} = \frac{C_y^2}{\pi\lambda}$$

Таким образом, суммарная зависимость $C_x = f(\alpha)$ имеет вид квадратной параболы, сдвинутой по оси C_x вверх на величину C_{x_p} . При $\alpha = \alpha_0$, когда коэффициент $C_y = 0$, коэффициент C_{x_i} также равен нулю, то есть сопротивление крыла состоит только из профильного сопротивления: $C_x = C_{x_p}$. Такой случай возможен в полете с нулевой подъемной силой при отвесном пикировании.

На малых углах атаки основной частью сопротивления крыла является профильное сопротивление. По мере увеличения угла атаки доля профильного сопротивления в общем сопротивлении крыла уменьшается, а доля индуктивного возрастает и на больших углах атаки составляет основную часть сопротивления.

Сопротивление интерференции. Сопротивление всего летательного аппарата не равно сумме сопротивлений его отдельных частей. Это объясняется аэродинамической интерференцией, то есть взаимодействием потоков, обтекающих части летательного аппарата, расположенные близко друг от друга. На дельтапланах это явление особенно проявляется в зоне подвески пилота. Одной из причин возникновения сопротивления интерференции является разность скоростей струек, обтекающих смежные части из-за разной кривизны поверхности этих частей. В результате происходит резкое утолщение

струй и ранний отрыв пограничного слоя.

Некоторые особенности обтекания дельтаплана. Обтекание шара и аэродинамического профиля при различных числах Рейнольдса таково, что наблюдается парадокс Эффеля: с увеличением скорости потока лобовое сопротивление C_x падает. Но если поставить турбулизатор в виде кольца, то поток турбулируется, а сопротивление падает.

Непонимание этой двойственной роли турбулентности в установлении численного значения лобового сопротивления в разных ситуациях является причиной частых недоразумений. Если собственно крыло дельтаплана «летает» на числах Рейнольдса дозвуковой аэродинамики (закритическое обтекание), то поперечная балка, мачта, рукоятка, тросы и т. д. «летают» на малых числах Рейнольдса (докритическое обтекание), и здесь при конструировании аппарата можно существенно снизить его лобовое сопротивление, введя искусственную турбулизацию, которой достаточно широко пользуются в авиа- и ракетном моделизме, где переход ламинарного потока в турбулентный происходит уже при числе Рейнольдса, равном 10 000, соответствующем полету больших бабочек. А хорда крыла такой бабочки $b = 40$ мм, то есть близка диаметру поперечной балки дельтаплана. Поперечную балку, которая создает лобовое сопротивление, достигающее 25% от всего крыла (без пилота), де-

лать гладкой нецелесообразно. Шероховатость — это тоже разновидность турбулизаторов. Но лучше сделать турбулизатор в виде продольных нитей (нить № 4), которые турбулизировали бы поток. При этом турбулизированных нитей должно быть несколько с расчетом на все рабочие углы атаки (рис. 19). От числа Рейнольдса зависит и коэффициент подъемной силы (рис. 20).

Геометрия крыла. Под крылом понимается часть летатель-

ного аппарата, предназначенная для создания аэродинамической подъемной силы.

Мы знаем, что любое тело, в том числе и крыло дельтаплана, можно представить в трех проекциях. Поэтому геометрию крыла определяют формой профиля (видом сбоку), видом крыла спереди и сверху (в плане).

Профиль крыла и коэффициент C_y . Сечение крыла плоскостью, параллельной плоскости симметрии, и будет называться

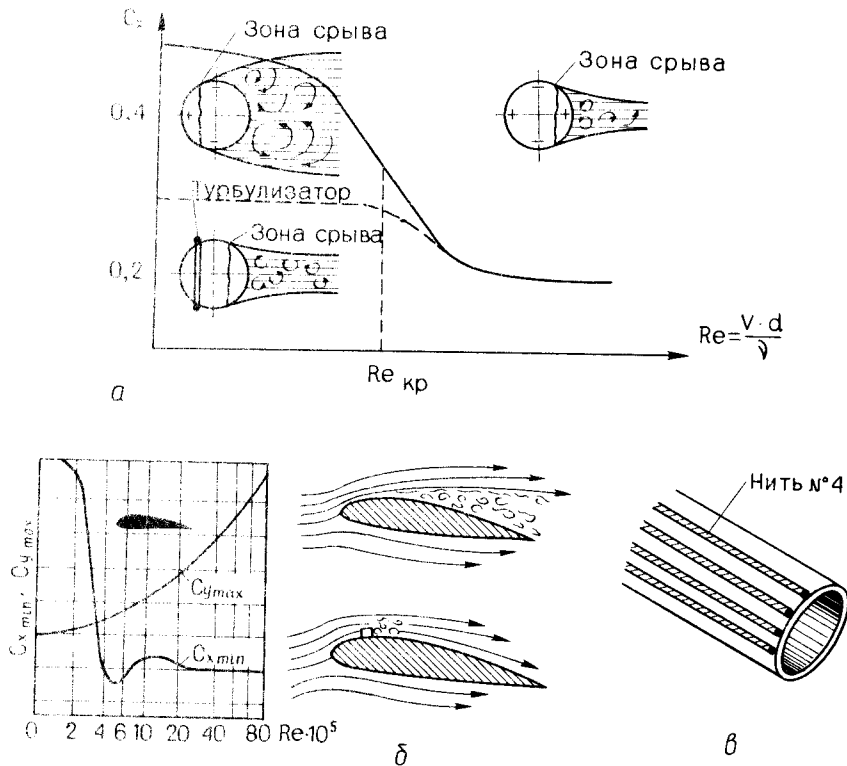


Рис. 19. Особенности обтекания частей дельтаплана на малых числах Рейнольдса: а — обтекание дельты; б — обтекание профиля крыла (использование турбулизатора на малых числах Рейнольдса); в — одно из возможных решений для получения турбулентного обтекания в зоне переднего борта.

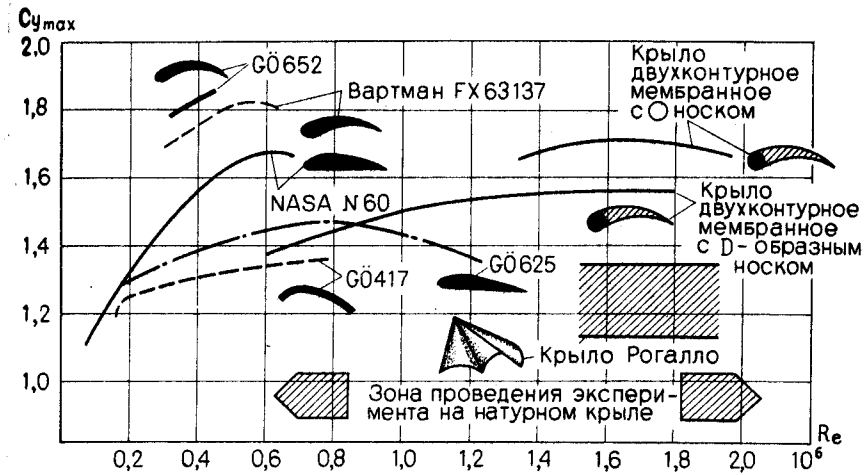


Рис. 20. Изменение $C_{y_{max}}$ для различных профилей в зависимости от числа Рейнольдса

профилем. У дельтапланов профили представляют собой изогнутую пластину. Форма профиля характеризуется хордой b . Хорда — это отрезок, соединяющий концевые точки профиля. Для профиля — изогнутой пластины — главным является относительная кривизна (вогнутость), которая обозначается буквой f .

Относительная кривизна профиля — это отношение стрелы прогиба средней линии профиля f_{max} к его хорде, измеряемое в процентах:

$$f = \frac{f_{max}}{b} \cdot 100 \%$$

От формы профиля зависят его аэродинамические характеристики. Поэтому разные по форме профили имеют разные области применения. Симметричные профили применяются главным образом для органов оперения. Выпукло-вогнутые

профили имеют большую несущую способность. Это теоретический профиль Н. Е. Жуковского, первых самолетов, некоторых современных дельтапланов и воздушных винтов. Несущая поверхность с таким профилем создает достаточную подъемную силу (или тягу) при малых скоростях полета. Двояковыпуклый профиль обеспечивает не только достаточную несущую способность, но и большую прочность и жесткость крыла. Плосковыпуклый профиль сохраняет преимущества двух последних, но, кроме того, очень прост при изготовлении. S-образные профили — самоустойчивые. Применяются на аппаратах схемы «летающее крыло». К этой схеме относится и дельтаплан. Ламинаризованные профили имеют большое значение абсциссы x_c , за счет чего удлиняется ламинарная часть пограничного слоя. Име-

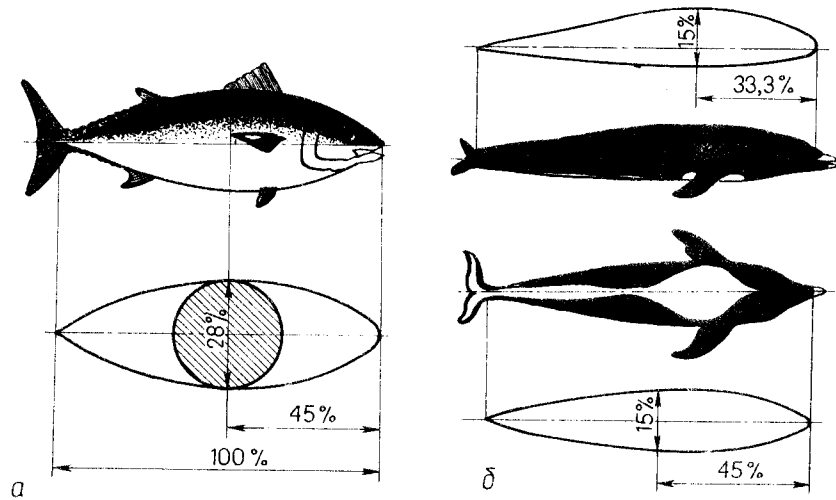


Рис. 21. Аэрогидродинамические профили в природе. Удобнообтекаемые тела: а — ламинизированный профиль, вид сбоку тунца обыкновенного (экстраполяция); б — несимметричный 15 %-ный профиль серии В ЦАГИ (вид сбоку китообразного дельфина) и симметричный 15 %-ный профиль NACA серии 55 (вид сверху)

ют большое значение C_y , но в относительно узком (расчетом) пределе углов атаки. Профили обратной кривизны испытывались в 30—40-е годы.

Теперь для создания аппаратов с солнечными элементами на крыльях вернулись к выпукло-плоским профилям. Они имеют преимущества плосковыпуклых профилей и недостатки (узкий диапазон углов α с большим C_y) ламинизированного профиля. Профили дельтаплана являются изогнутой пластинкой с утолщением в носовой части, но мембранное крыло должно иметь меньшее лобовое сопротивление, чем изогнутая пластинка, при равной шероховатости поверхности, согласно «парадоксу Грея».

Современные исследования утверждают, что все виды профилей имеют своих биологиче-

ских прототипов. Возможно, что если бы бионика, как наука, появилась раньше, то развитие профилей могло бы идти по пути меньших затрат (рис. 21).

У профиля дельтаплана — изогнутой пластинки — средняя линия совпадает с теоретическим контуром самого профиля. Чем меньше относительная кривизна, тем меньше сопротивление крыла. Крыло с малой относительной кривизной делают на дельтапланах, предназначенных для полетов на дальность, для прохождения заданного маршрута, там, где лобовое сопротивление играет основную роль. Но при таком профиле хуже несущие свойства.

Крылья с большой относительной кривизной обладают большим лобовым сопротивлением, но и большими несущи-

ми способностями. Они хорошо себя показали во время полетов в слабых восходящих потоках.

На корневой аэродинамической хорде (проходящей в плоскости килевой балки) есть точка, в которой условно приложена полная аэродинамическая сила. Эта точка называется центром давления летательного аппарата, место положения которой зависит от формы профиля. Но эта точка может менять свое положение в зависимости от угла атаки. Максимальная подъемная сила крыла будет тем больше, чем при больших углах атаки будет сохраняться плавное (безотрывное) ламинарное обтекание. А это зависит от выбранного профиля крыла (рис. 22).

Аэродинамические характеристики крыла дельтаплана

будут ухудшаться при отрыве пограничного слоя. Начало отрыва зависит от формы профиля крыла, углов атаки и чистоты поверхности. Отрыв пограничного слоя (а с ним и резкое увеличение лобового сопротивления) можно предотвратить искусственными мерами: вдуть в пограничный слой струю воздуха с повышенной скоростью, сообщая ему тем самым дополнительную кинетическую энергию.

На крыле дельтаплана этот принцип может быть реализован созданием щелей. Такое крыло называется щелевым или разрезным. По своему аэродинамическому принципу оно работает как концы крыльев птиц-парителей: каждое впереди стоящее перо для последующего, по самолетной или планерной терминологии, является пред-

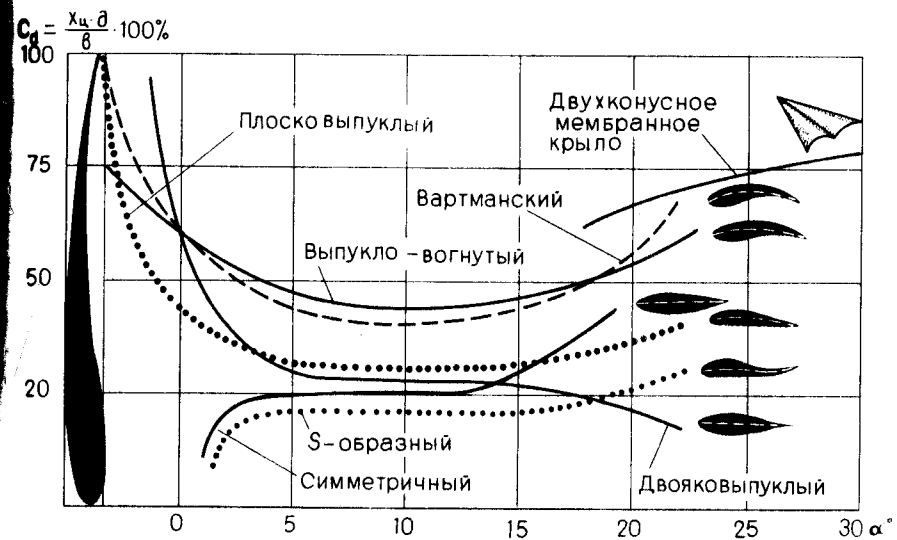


Рис. 22. Изменение положения центра давления в зависимости от угла атаки для различных профилей

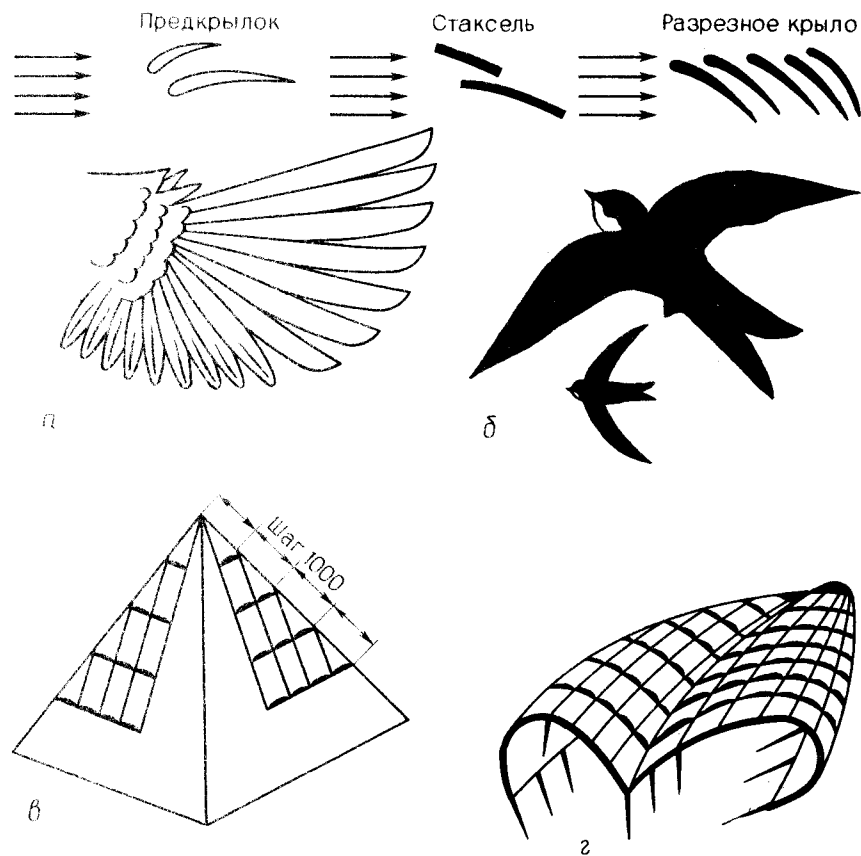


Рис. 23. Предотвращение срыва потока:

а — разрезное крыло из концевых перьев у гланя (мохноногий канюк); б — параболическая форма крыла в плане (у стрижей); в — разрезное крыло дельтаплана В. Пашкина; г — разрезное мембранное крыло «Ил».

крылком, а по терминологии Яхтененов — стакселем (рис. 23).

Один из способов предотвращения отрыва пограничного слоя заключается в применении такой формы профиля крыла, при которой точка минимума давления смещена к его хвостовой части (ламинаризованные профили). Носовая часть ламинаризованного профиля сильно вытянута, а хвостовая укорочена.

Крыло с ламинарным профилем должно быть выполнено с очень гладкой, тщательно отделанной верхней поверхностью. Поверхность крыла, выполненная с шероховатостями или неровностями, сводит ламинарные преимущества крыла к нулю.

Кроме сложности изготовления крылья ламинарного профиля имеют чисто аэродинамические недостатки. Ламинаризация пограничного слоя, соз-

даваемая ускорением частиц в носовой части, происходит лишь в ограниченном диапазоне углов атаки. Поэтому малое профильное сопротивление у них получается, пока C_y не превышает 0,4—0,6. При дальнейшем увеличении C_y возникает срыв потока с носика крыла, и профильное сопротивление резко возрастает. Ламинарный профиль использован во французском дельтаплане «Атлас», передняя кромка которого покрыта гладким обтекателем. Высокое качество аппарат имеет лишь в узком диапазоне скоростей, за пределами которого оно падает почти в 3 раза.

Крыло в плане и его обтекание. Обычно летательные аппараты мы узнаем в полете по форме крыла в плане. Форма крыла в плане имеет характерные размеры: размах крыла L , корневую хорду $b_{\text{корн}}$, концевую хорду $b_{\text{конц}}$, площадь S и стреловидность χ° . Стреловидностью крыла называется угол, образуемый при виде крыла сверху передней кромкой крыла и перпендикуляром к плоскости симметрии. В дельтапланеризме иногда стреловидность измеряют углом при вершине стреловидного крыла (материальным, конструктивным углом крыла), который обозначается γ . Поэтому угол при вершине стреловидного крыла γ равен $180^\circ - 2\chi$ и называть его углом стреловидности нельзя.

На проекцию крыла в плане (или ее чертеж) можно нанести кроме линии фокусов еще среднюю аэродинамическую хорду $b_{\text{ср}}$, которая равна хорде крыла

того же размаха, но прямоугольной формы в плане. Крыло характеризуется также безразмерными величинами: относительным удлинением λ , которое для прямоугольного крыла записывается как $\lambda = \frac{L}{b}$, а для крыла любой формы в плане

$$\lambda = \frac{L}{b} \cdot \frac{L}{L} = \frac{L^2}{S},$$

и сужением крыла η (которое записывается в виде отношения $\eta = \frac{b_{\text{корн}}}{b_{\text{конц}}}$). Формы крыльев в плане могут быть самыми разнообразными — от прямоугольного до дискового. Крылья дельтапланов на виде в плане, как правило, имеют стреловидность.

Обтекание стреловидного крыла отличается от обтекания прямого. Это происходит потому, что скорость набегающего потока раскладывается на нормальную к передней кромке крыла и касательную (вдоль передней кромки). При этом стреловидное крыло условно обтекается двумя потоками. На величину подъемной силы и сопротивление давления оказывает влияние только поток, нормальный к передней кромке, обтекающий крыло по профилю. Поток, касательный к передней кромке, на распределение давления не влияет. Подъемная сила и сопротивление давления у такого крыла меньше, чем у прямого, так как меньше величина нормальной составляющей скорости набегающего потока. А полная сила лобового сопротивления у стреловидного крыла примерно такая же, как у прямого, так как

уменьшение сопротивления давления стреловидного крыла компенсируется увеличением сопротивления трения от составляющей скорости вдоль передней кромки. Поэтому дельтапланеристы стремятся сделать крылья с наименьшим углом стреловидности.

Обтекание стреловидного крыла получается пространственным. Поэтому возникает перепад давления по размаху крыла. А это приводит к преждевременному отрыву пограничного слоя и падению подъемной силы. Следовательно, у стреловидного крыла меньше несущее свойство и, в частности, меньше значение $C_{y_{max}}$, чем у прямого. Преждевременный срыв потока на концах стреловидного крыла вызывает не только снижение $C_{y_{max}}$, но и нарушает устойчивость и управляемость аппарата.

Крылья обратной стреловидности имеют более равномерное распределение подъемной

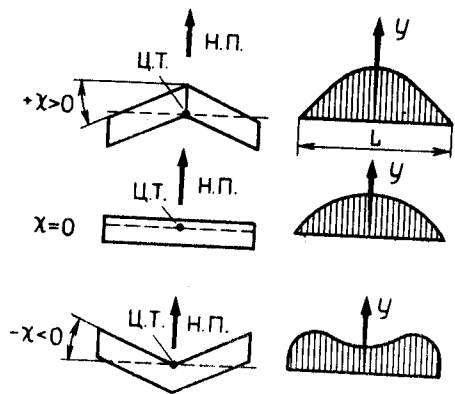


Рис. 24. Сравнительное распределение подъемной силы по размаху крыла для крыльев с различным углом стреловидности χ

силы по размаху крыла (рис. 24), что дает большие значения максимальной подъемной силы, но при этом создается более высокое индуктивное сопротивление по сравнению с эллиптическим крылом, у которого индуктивное сопротивление является наименьшим среди других форм крыльев.

Однако крылья парящих птиц часто имеют обратную стреловидность. Планеры с обратной стреловидностью профессора В. Н. Беляева показали очень хорошую устойчивость и управляемость, а поперечная управляемость была безукоризненная. После этого были сделаны выводы, что обратная стреловидность оказывает благоприятное влияние на оптимальную скороподъемность и маневренность. Среди дельтапланов схема крыла с обратной стреловидностью не получила широкого распространения.

Вид крыла спереди и поперечное V. Если дельтаплан летит на вас (вид крыла спереди), то хорошо виден излом, который называют поперечным V крыла. Угол поперечного V образуется линией фокусов и перпендикуляром к плоскости симметрии (рис. 25). Поперечное V называется прямым или положительным, если вершина угла, образованного левой и правой половинами крыла, находится внизу, и обратным или отрицательным, если вершина угла находится наверху. Для дельтаплана, как для любого другого летающего крыла, положительное поперечное V не создает боковую устойчивость, ухудшает поперечное управле-

ние и создает колебания по крену. Оно ухудшает маневренность при полете с разворотом. Это происходит с дельтапланом, у которого положительная стреловидность в плане. А она, в свою очередь, увеличивает реакцию крыла на момент вокруг оси x , создавая момент крена (M_x), где β —

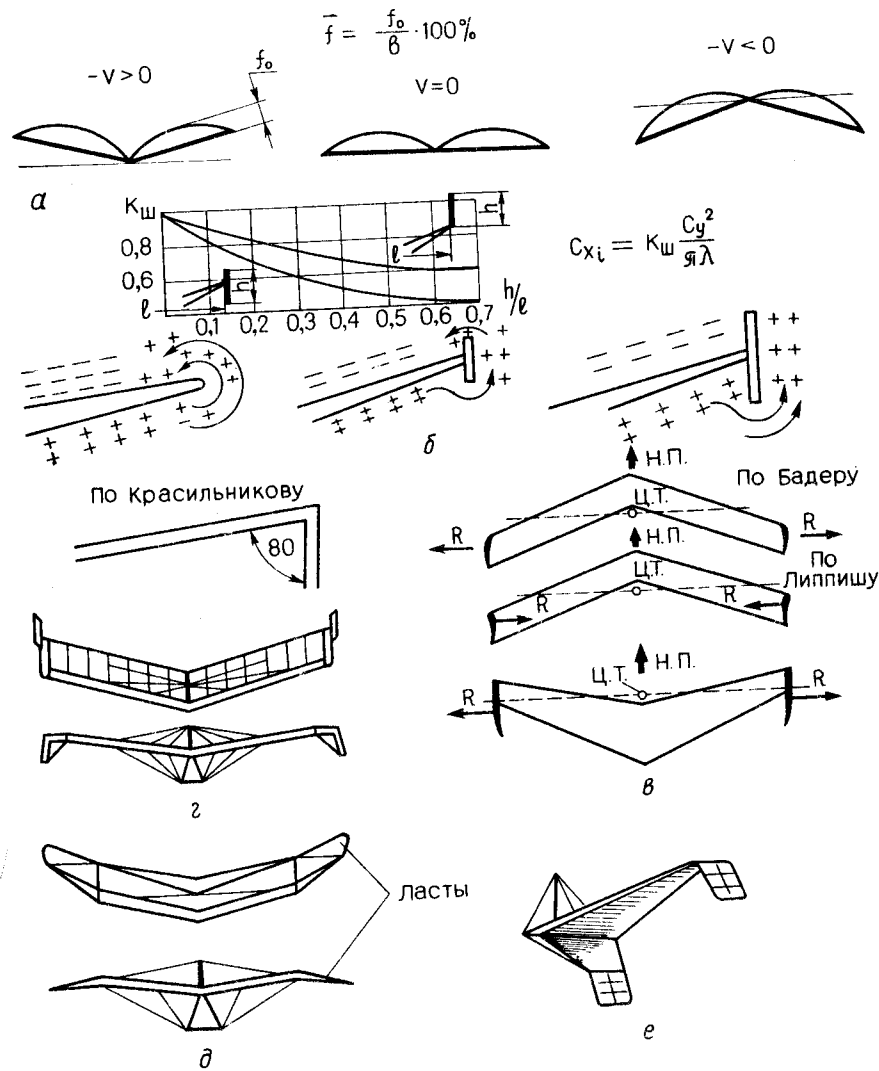


Рис. 25. Вид крыла спереди:

а - положительное и отрицательное V крыла; б - концевые шайбы на концах крыла; в - аэродинамические схемы концевых шайб; г - дельтаплан с аэродинамическими шайбами; д - ласты; е - дельтаплан с аэродинамическими шайбами

угол крена. Дельтаплан с отрицательной стреловидностью в плане, наоборот, потребует положительного V . Положительное поперечное V крыла создает боковую устойчивость, положительно влияет на летательный аппарат со стабилизатором и килем.

Положительное поперечное V и положительная стреловидность в плане, с точки зрения аэродинамики, аналогичны, поскольку создают момент крена при боковом скольжении. Но влияние положительного V на момент крена фактически одинаково при любых углах атаки, вплоть до критического. Положительная стреловидность крыла влияет на момент крена M_x прямо пропорционально подъемной силе и растет с увеличением угла атаки α .

Разумеется, желательнее иметь большую устойчивость, которая особенно необходима при посадке, а также при крене во время взлета или во время полета на углах атаки, близких к критическому. Отсюда положительная стреловидность в плане оказывается более предпочтительной. Кроме того, в случае положительного V возникает поперечная сила, которая противодействует боковому скольжению. А это, в свою очередь, воздействует на момент вокруг оси y (где γ — угол рыскания) M_y , который называют устойчивостью рыскания. Для компенсации этого момента необходима вертикальная площадь — киль. Положительная стреловидность в плане не только более эффективна в отношении влияния на летные данные,

но и не так ухудшает характеристики боковой устойчивости.

Влияние положительной стреловидности в плане порядка $2-3^\circ$ соответствует влиянию положительного поперечного V крыла около 1° . Эквивалентность в большой степени зависит от формы профиля, особенно от его кривизны. На современных дельтапланах положительное V не более 2° , у большинства — близко к 0 , но есть аппараты и с отрицательным V . Угол V крыла может быть непостоянным по размаху. Концам крыла можно придать отрицательное V — сделать «ласты». Но конструктивно выполнить не «ласты», а так называемые концевые «шайбы».

Концевые шайбы на концах крыльев. Вертикальные поверхности на концах крыла были предложены в 1897 году Ф. Ланчестером, чтобы уменьшить потери, вызываемые концевыми вихрями. В результате опытов установлено, что шайбы на концах крыльев, имеющие достаточно большие размеры, действительно могут уменьшить индуктивное сопротивление крыла. Ощутимый эффект дают лишь достаточно большие шайбы. Но сопротивление трения таких больших шайб будет с избытком возмещать уменьшение индуктивного сопротивления. Кроме того, концевые шайбы могут исказить поток у конца крыла и вызвать из-за образующегося диффузора преждевременный срыв потока: взаимное влияние интерференции крыла и шайб.

Исследования П. П. Красиль-

никова показали, что, наклоняя шайбу на 10° (то есть делая угол между ними и нижней поверхностью крыла 80° , а не 90°), можно увеличить как аэродинамическое качество, так и подъемную силу, а шайбы, установленные только на верхней поверхности крыла (кили), вызывают преждевременный срыв потока.

Плоскости концевых шайб могут быть непараллельны плоскости симметрии крыла, но их аэродинамические силы должны взаимно компенсироваться в прямолинейном полете. Необходимо, чтобы шайбы имели симметричный профиль или пластины. Скошенные шайбы могут улучшить характеристики боковой устойчивости как дельтаплана с прямой стреловидностью, так и с обратной. Если вогнутость шайб направлена наружу так, что аэродинамические силы направлены друг к другу, то они будут стремиться развернуть аппарат в направлении набегающего потока, улучшают демпфирование рыскания и увеличивают флюгерную устойчивость, но центр давления шайб должен находиться за центром массы аппарата. Более эффективны повернутые внутрь концевые шайбы на дельтапланах с обратной стреловидностью. Шайбы, поставленные на крыле с развалом, работают, по существу, так же, как положительная V -образность крыла.

На виде спереди у крыла дельтаплана хорошо видно наполнение купола n_0 . Величина наполнения купола, к сожалению, большинством дельтапла-

неристов измеряется технической величиной

$$\Delta\gamma = \frac{V_{\text{ср}} \cdot \gamma}{V}$$

Правильнее ее измерять в относительной величине наполнения купола \bar{n} , отнесенного к $b_{\text{ср}}^2$ в процентах:

$$\bar{n} = \frac{n_0}{b_{\text{ср}}^2} \cdot 100 \%$$

Относительное наполнение купола оказывает большое влияние на величину аэродинамического качества.

Схемы гибких (мембранных) крыльев. На сегодняшний день имеется несколько схем. Это крылья одно-, двух- и трехкупольные с коническими куполами, двухкупольные с цилиндрическими куполами и круглое одно- и двухкупольное крыло с куполами, образуемыми кривой второго и третьего порядка.

Аэродинамика двухкупольного конического мембранного крыла была первоначально исследована для спасения и посадки космического аппарата «Джемини». Особенностью этих крыльев были надувные балки — центральная продольная, поперечная и боковые (рис. 26) достаточно большого диаметра, чтобы обеспечить заданную жесткость конструкции.

Теоретическая (идеальная) кривая зависимости аэродинамического качества K от коэффициента подъемной силы C_u , $K=f(C_u)$ даже для крыла с боковыми балками, относительный диаметр \bar{d} которых равен $1,5\%$, меньше идеального случая в три раза (\bar{d} — это

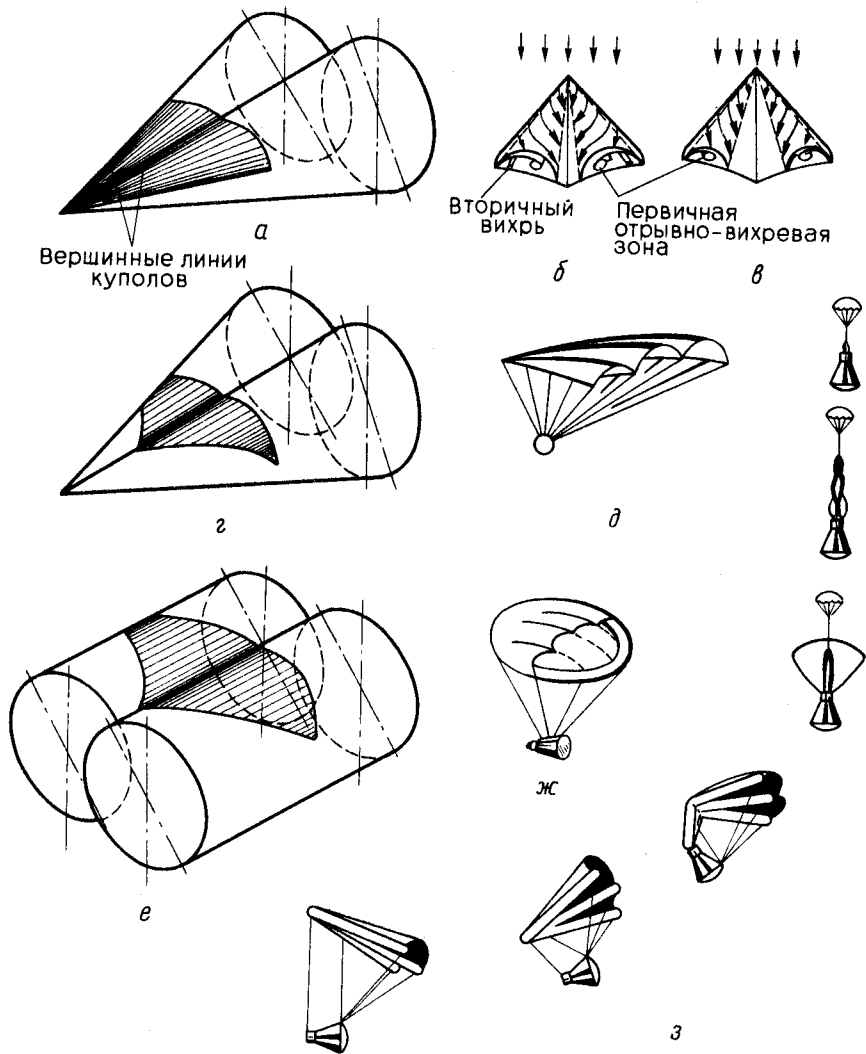


Рис. 26. Гибкие (мембранные) крылья:

а — коническое крыло (двухкупольное); б — безотрывное обтекание конического крыла и отрывно-вихревая зона при летных углах атаки; в — то же при угле атаки, близком к критическому; г — модификация двухкупольного конического крыла; д — трехкупольное коническое крыло; е — цилиндрическое крыло; ж — круглое крыло (схема М. В. Суханова); з — ввод в работу надувного мембранного крыла на космическом аппарате «Меркурий»

отношение диаметра балки d к $b_{\text{корн}}$):

$$\bar{d} = \frac{d}{b_{\text{корн}}} \cdot 100 \%$$

В диапазоне летных углов атаки ($\alpha = 20 \div 40^\circ$) зависимость $C_y = f(\alpha)$ для двухконусных крыльев практически линейная. Толщина боковых балок влияет лишь на величину наклона $C_y = f(\alpha)$ (с ростом d наклон C_y уменьшается) и не влияет на α_0 , но K при этом падает. Эластичность купола приводит тоже к увеличению наклона этой кривой. Испытания двухконусного крыла в аэродинамических трубах показали, что при симметричном обтекании на верхней поверхности крыла образуется интенсивная зона разрежения, которая возрастает с увеличением угла атаки. Пик разрежения располагается вблизи носовой точки при α , близком к 45° .

При больших углах атаки на верхней поверхности поток сходится от боковых кромок и килевой балки к вершинной линии купола, а затем свертывается, образуя отрывно-вихревое течение. Отрывные зоны представляют собой не что иное, как свернутые в вихревой жгут свободные вихри, образующиеся в пограничном слое крыла и отходящие от его поверхности. А это значит, что при летных (эксплуатационных) углах атаки возникающие свободные вихри на большей части местной хорды крыла прилегают к его поверхности, а на больших углах атаки они вызыва-

ют срыв потока и ограничивают летные углы сверху.

Современные дельтапланы ушли достаточно далеко от первоначальной схемы двухконусного мембранного крыла. Их конструкция, а следовательно, и аэродинамика стали приближаться к возможностям летучих мышей. Планирующий полет одного из видов африканских крыланов был исследован в режиме обращенного движения. После полугодовой тренировки самец этого вида был приучен к недолгим (от 5 с до 1 мин) полетам в сопле аэродинамической трубы открытого типа при различных скоростях потока и различных наклонах оси трубы к горизонту. Периоды планирующего полета регистрировались стереосъемкой. Поляра этого крылана оказалась близкой лучшим современным дельтапланам. Но и для лучших дельтапланов сохраняются в принципе те же явления, что и для двухконусного крыла, только сдвинуты границы верхнего и нижнего углов атаки.

Крыло современного дельтаплана не появилось на пустом месте. Схемы крыльев птеродактиля, летучей мыши, летающей машины Леонардо да Винчи, балансирного планера Отто Лилиенталя и современного дельтаплана, положенные рядом, составляют удивительную галерею единства природы и творения рук человека (рис. 27).

Мембранное крыло с цилиндрическими куполами имеет несколько лучшие аэродинамические характеристики, чем

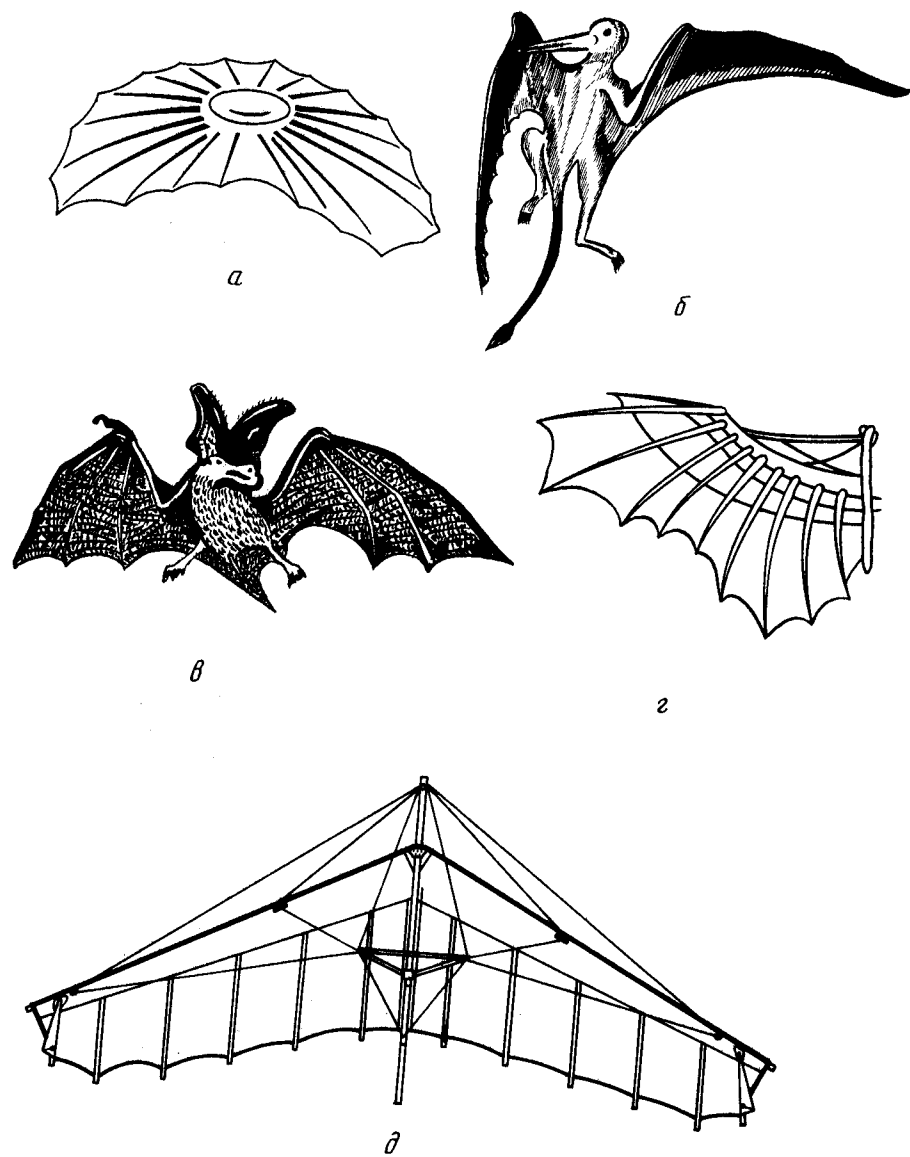


Рис. 27. Мембранные крылья, созданные природой и человеком:
 а — крыло семени дерева канония; б — крыло птеродактиля; в — крыло летучей мыши; г — проект летающей машины Леонардо да Винчи; д — крыло дельтаплана

с коническими. Но на них отсутствует естественная кривка крыла, поэтому цилиндрические крылья имеют худшие характеристики по устойчивости. При создании кривки крыло перестает быть чисто цилиндрическим и его преимущества по C_y и K_{max} пропадают, то есть оно начинает напоминать коническое крыло.

К семейству мембранных крыльев принадлежит и круглое крыло, состоящее из жесткого тороидального кольца и купола, закрывающего 3/4 поверхности внутри тора. Работы М. В. Суханова показали, что круглое крыло имеет ряд преимуществ по сравнению с кры-

льями малого удлинения другой формы в плане. Базируясь на этих работах, можно предположить, что круглое крыло в плане может представлять определенный интерес для дельтапланеризма, но это вопрос будущего (рис. 28).

Полетом крыла управляли по радио двумя способами — смещая центр масс относительно центра давления или закрылком. По сравнению с другими мембранными крыльями круглое крыло показало лучшие летные качества.

Поляра крыла. Зависимости аэродинамических коэффициентов от угла атаки $C_y=f(\alpha)$ и $C_x=f(\alpha)$ являются одними из

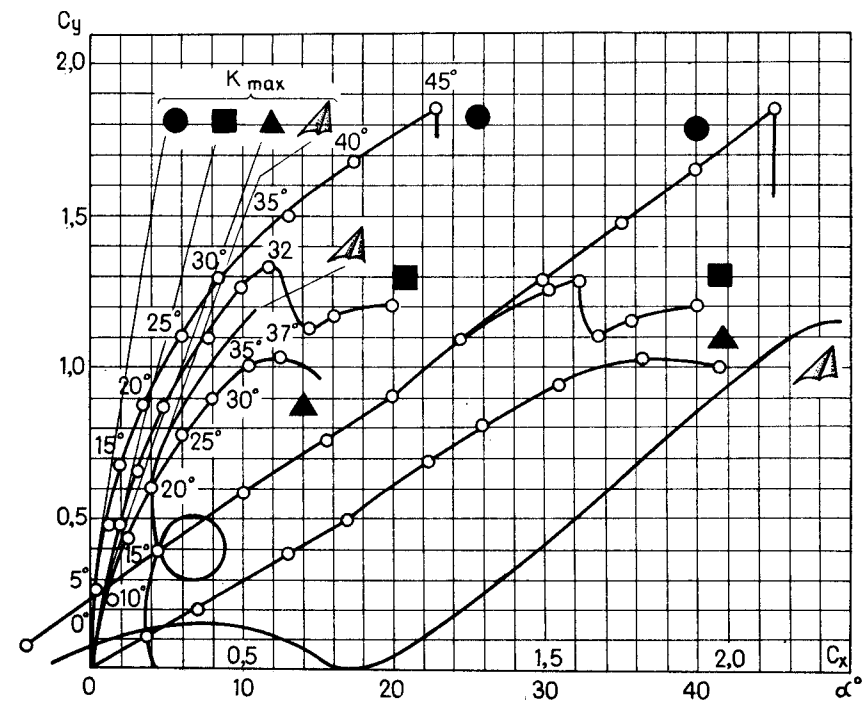


Рис. 28. Сравнительные аэродинамические характеристики крыльев малого удлинения различной формы в плане (по М. В. Суханову)

основных характеристик крыла. Но большое практическое значение имеет зависимость $C_y = f(C_x)$, которая называется полярой крыла. Если по осям абсцисс и ординат для каждого угла атаки откладывают соответствующие значения коэффициентов C_x и C_y , то полученные точки, соединенные плавной кривой, и будут полярой крыла.

Если построить кривую зависимости C_x и C_y , причем значения этих коэффициентов будут выражены в одинаковом масштабе, а из начала координат провести векторы к этой кривой, то они будут соответствовать коэффициентам полной аэродинамической силы C_R при различных углах атаки, то есть график будет построен в полярных координатах (отсюда название «поляра»).

Так как величина C_x меньше величины C_y , то при построении поляры берут различные масштабы для C_x и C_y . В этом случае кривую уже нельзя рассматривать в полярных координатах, так как угол θ будет отличаться от истинного угла между векторами C_y и C_R .

На поляре отмечают углы атаки, при которых измерялись значения C_x и C_y . Часто поляру крыла строят и рассматривают совместно с кривой $C_y = f(\alpha)$. В этом случае отпадает надобность в отметке углов атаки на поляре. Для крыльев одного и того же удлинения поляра может быть разной в зависимости от формы профиля крыла, которая влияет на образование и развитие местных срывов потока, вызывающих отклонение

поляры от теоретической кривой.

При известной поляре можно найти характерные углы атаки, по которым можно выбрать режим полета в зависимости от поставленной задачи (рис. 29).

Значение угла атаки нулевой подъемной силы α_0 находят в точке пересечения поляры с осью C_x . Но для дельтаплана этот режим соответствует отвесному пикированию, так как, еще начиная с угла атаки, где на поляре изображена петля, крыло вошло во флаттер.

Значение угла атаки минимального лобового сопротивления $\alpha_{C_x \min}$ определяют как точку пересечения поляры с касательной к ней, проведенной параллельно оси C_y . Этот режим полета соответствует минимальной скорости планирования, но этот режим близок к флаттерному и пользоваться им надо очень осторожно. Наиболее выгодный угол атаки $\alpha_{\text{нв}}$ соответствует минимальному углу планирования θ_{\min} и максимальному аэродинамическому качеству крыла K_{\max} . На поляре точку, соответствующую его значению, можно найти, проведя касательную к кривой графика из начала координат. Эта точка соответствует режиму полета максимальной дальности планирования и самой пологой траектории полета. Но если вы хотите лететь на планере максимальное время, то нужно выбрать точку, которая будет соответствовать режиму с наименьшей скоростью снижения $V_{y \min}$. Тогда время полета будет максимальным с той высоты

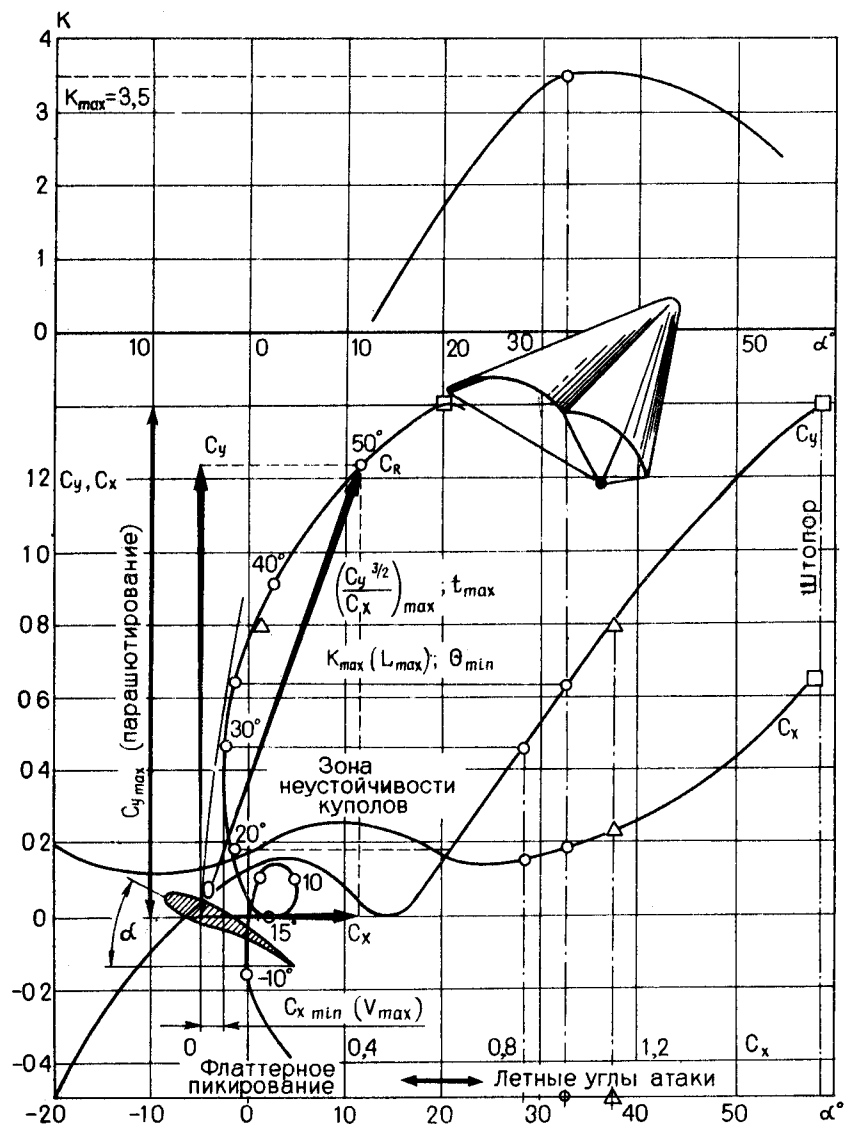


Рис. 29. Поляра двухкупольного конического крыла — кривая Лилиенталя первого рода

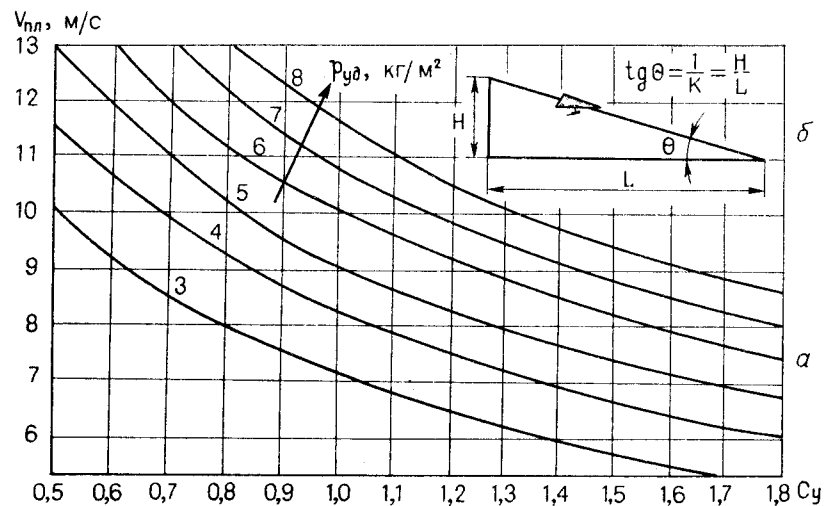


Рис. 30. Планирующий полет:
 а — зависимость скорости планирования дельтаплана от C_y и удельной нагрузки на крыло $p_{уд}$
 б — схема планирующего полета

H , с которой вы начали полет:

$$t_{max} = \frac{H}{V_{y_{min}}}$$

Горизонтальная составляющая скорости полета V_x и вертикальная скорость V_y будут равняться:

$$V_x = \sqrt{\frac{2p}{\rho C_y}}; V_y = \frac{V_x}{K} = \frac{V_x C_x}{C_y}$$

Подставляя эти значения, получаем, что V_y прямо пропорциональна величине $C_x/C_y^{3/2}$. Величины $C_y^{3/2}/C_x$ называются коэффициентом мощности, так как они характеризуют мощность, развиваемую силой веса при спуске дельтаплана. Следовательно, на поляре можно указать угол атаки, при котором скорость снижения будет минимальная. Этот угол атаки больше угла атаки максимальной дальности планирования.

Полету со скоростью $V_{y_{min}}$ соответствует коэффициент подъемной силы, который называется оптимальным и обозначается $C_{y_{opt}}$.

Угол атаки максимальной подъемной силы $C_{y_{max}}$ или критический угол атаки $\alpha_{кр}$ можно определить, проведя касательную к поляре параллельно оси C_x . Это режим полета «пара-

шютирования», который используется на посадке. За критическим углом атаки начинается срыв потока и «сваливание» крыла. Углом атаки, близким к критическому $\alpha_{кр}$, иногда пользуются на взлете. Кроме того, из формулы скорости планирования следует, что эта скорость зависит от удельной нагрузки на крыло $p \frac{кг}{м^2}$ (рис. 30).

Парение дельтаплана — это его способность увеличивать

время полета за счет различных видов движения воздуха. Для парения могут быть использованы вертикальные потоки различного происхождения или разность кинетической энергии отдельных движущихся масс воздуха. Такое парение называется динамическим.

В принципе возможны три вида динамического парения: в ветре с вертикальными пульсациями, в порывистом ветре и в ветре с переменной скоростью по высоте. Парение в восходящих потоках наиболее изучено и широко используется. Динамическое парение изучено очень мало, но его используют птицы. Парение в потоках с градиентом скорости по вертикали характерно для некоторых океанических птиц (альбатросов). Оно значительно отличается по своей механике от парения сухопутных птиц-парителей, которые в основном используют термические восходящие потоки. Птицы — это прекрасная подсказка для дельтапланериста при отыскании термических потоков.

Посадочные характеристики дельтаплана могут меняться в зависимости от атмосферных условий, местности, где проводится посадка, и манеры посадки дельтапланериста. Посадка — это самый ответственный этап полета. Статистика говорит о том, что до 80 % аварий и летных происшествий приходится на посадку.

Подготовка к посадке и заход на посадку мало чем отличаются от планирующего полета, кроме одного: все внимание на землю!

На дельтадромах посадка, как правило, отработана, но если посадки происходят в незнакомой местности, необходимо уметь определить дальность и высоту на глаз.

Если посадочная площадка мала, то лучше с двух метров перейти на большие углы атаки и сесть по-парашютному. Так иногда садятся голуби и другие птицы.

Дым из труб, от костра, пыль, волны на траве и воде, листва деревьев помогут определить направление ветра. Если есть хоть малейшая возможность сесть против ветра, используйте ее и не садитесь с боковым ветром. Если посадка возможна только с боковым ветром, то это делают со скольжением: накрывают дельтаплан в сторону, откуда дует ветер. Экранный эффект поможет выровнять дельтаплан.

Эффект земли (экранный эффект). Дельтапланерист идет на посадку. Траектория планирования, образуемая с поверхностью земли углом θ , переходит сначала в криволинейную, а затем крыло скользит параллельно поверхности земли. Что произошло? Почему дельтаплан как бы увеличил аэродинамическое качество?

Давно замечено, что около-экранный полет повышает аэродинамическое качество, и этот эффект довольно широко используют птицы и летучие рыбы. У летучей рыбы при выскакивании из воды расправляются грудные плавники, образуя большие несущие поверхности. Достигнув скорости движения около 15—20 м/с (54—72 км/ч),

рыба распускает и брюшные плавники и переходит в полет над самой поверхностью воды, следуя за изгибами волн (рис. 31).

Кулики, чайки, гагары, поганки, утки, бакланы, лебеди и другие птицы также используют экранный эффект для своего полета. На некоторых отрезках полета они нередко летят на неподвижных крыльях, подобно летучим рыбам.

При полете птиц над водным экраном в штиль высота полета бывает минимальной, и концы крыльев (маховые перья) во

время редких взмахов не достигают поверхности воды всего на несколько миллиметров. Эффект влияния экрана зависит от относительной высоты полета и с уменьшением ее значительно возрастает. Скорость полета птиц вблизи экрана увеличивается, так как растет подъемная сила и падает лобовое сопротивление. В то же время полет птицы вблизи экрана связан с трудностями, так как связываются возможности маневрирования. Поэтому большинство птиц летят над экраном только прямолинейно.

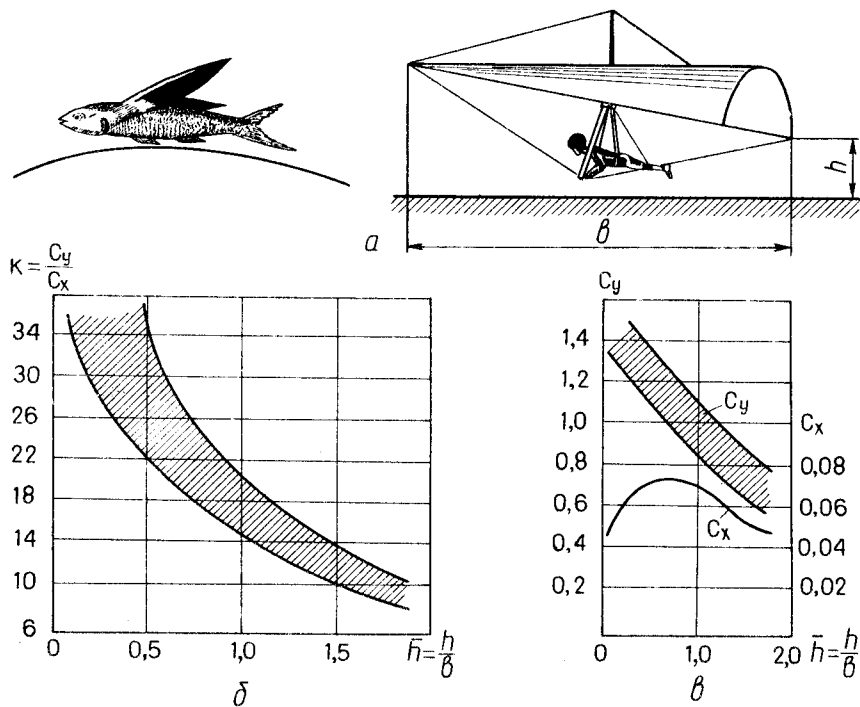


Рис. 31. Полет на экранном эффекте:

а — экранный полет летучей рыбы (долгосра обыкновенного) и дельтаплана; б — увеличение аэродинамического качества крыла в зависимости от высоты планирования; в — изменение аэродинамических коэффициентов в зависимости от высоты планирования

Птицы, если встречаются препятствие, отрываются от экрана, поднимаются на несколько метров вверх и, лишь обогнув его, снова снижаются к поверхности. У дельтапланериста таких возможностей нет. Причину отсутствия горизонтального маневра у птиц вблизи экрана надо видеть в том, что на этом режиме полета сложно и опасно создавать необходимый крен для парирования скольжения, когда крыло становится экранопланом. Дельтапланерист об этом тоже должен знать.

Особенности околоэкранной аэродинамики крыла. Обычно расположение крыла над экраном измеряется относительной высотой

$$\bar{h} = \frac{h}{b},$$

где h — высота задней кромки крыла над экраном.

Установлено, что заметное влияние экрана на аэродинамические характеристики крыла проявляется при $h < 1$, то есть при движении на высоте, которая меньше хорды крыла. При этом меняется картина обтекания крыла. В процессе «проталкивания» воздуха между крылом и поверхностью происходит интенсивное подтормаживание его и, как следствие, увеличение давления на нижней поверхности крыла. При очень малых расстояниях до экрана ($\bar{h} = (0,1 \div 0,2)b$) давление заметно повышается и теоретически при полном затормаживании потока может достигнуть значения скоростного напора ($q = \rho \frac{V^2}{2}$).

Экран уменьшает угол скоса потока за крылом, и благодаря

этому снижается индуктивное сопротивление крыла. Но в случае отрицательного угла атаки (а крыло будет притягиваться к экрану) образуется диффузор между крылом и экраном — так называемый эффект «трубки Вентури», и дельтаплан может «клюнуть» носом.

Под влиянием экранного эффекта коэффициент подъемной силы может возрастать до 50%. Некоторое влияние на C_y крыла при этом оказывает относительная вогнутость профиля.

Коэффициент лобового сопротивления падает в несколько раз, а отсюда становится понятно, что растет аэродинамическое качество крыла ($K \uparrow = \frac{C_y \uparrow}{C_x \downarrow}$). И поэтому над экраном можно долго лететь на углах атаки, соответствующих минимальному лобовому сопротивлению.

При приближении к экрану меняется распределение давления на поверхности крыла. Центр давления перемещается в сторону задней кромки крыла. Увеличивается пикирующий момент, на ручке управления ощущается большее усилие. При случайном крене дельтапланерист ощущает, как возрастает подъемная сила на опускающемся полукрыле и появляется восстанавливающий момент, возвращающий крыло в первоначальное положение.

Эффект Земли целесообразно использовать и помнить о его физической сути, особенно в случае аварийных посадок, а также на неподготовленную и незнакомую местность.

Правильный вираж — это

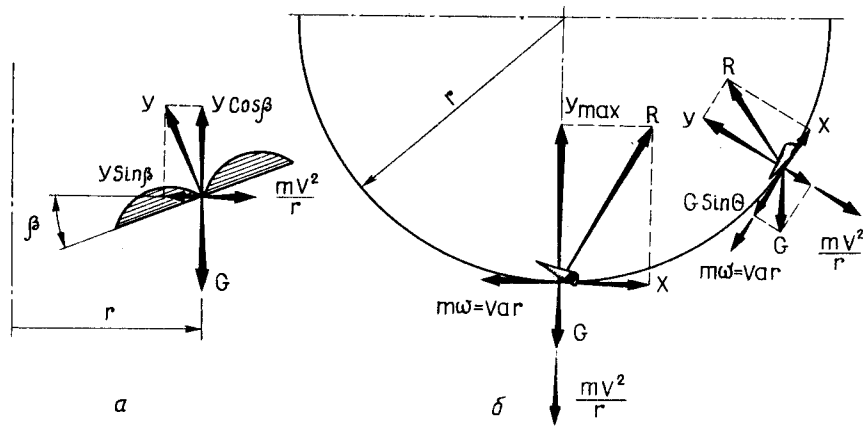


Рис. 32. Действие сил в криволинейном полете: а — на вираже; б — в вертикальной плоскости

криволинейный полет в горизонтальной плоскости, без скольжения, то есть установившийся полет по скорости и углу крена. Но так как полет дельтаплана происходит с потерей высоты, то правильный вираж превращается в полую спираль. Без потери высоты правильный вираж (движение по окружности или с набором высоты) может быть выполнен только в восходящем потоке, который создаст дополнительную подъемную силу на крыле.

При криволинейном полете в горизонтальной плоскости на дельтаплан действует пространственная система сил (рис. 32, а).

Сила лобового сопротивления уравновешивается горизонтальной составляющей силы веса. Подъемная сила лежит в плоскости симметрии аппарата, отклоненного от вертикали на угол крена.

Вертикальная составляющая подъемной силы уравновешивает силу веса аппарата, а горизонтальная составляющая остается неуравновешенной.

Радиус виража. Всякая неуравновешенная сила создает ускорение. Горизонтальная составляющая подъемной силы, действуя по нормали к траектории полета, создает нормальное ускорение.

Радиус виража тем меньше, чем меньше скорость полета и больше угол крена — эта важная характеристика маневренности аппарата.

Радиус виража можно посчитать по формуле

$$r = \frac{2p}{gC_y \sin \beta},$$

где p — удельная нагрузка на крыло, кг/м²;

C_y — коэффициент подъемной силы.

Следовательно, чем меньше нагрузка на крыло, тем легче

создать и меньший радиус виража.

Полет со скольжением требует создания крена. При этом дельтаплан будет двигаться по такой траектории, которая напоминает прямолинейный полет с боковым ветром, только крен в обратную сторону.

Криволинейный полет в вертикальной плоскости (горка) осуществляется перемещением центра массы относительно центра давления. Для этого пилот отклоняет ручку (рулевую трапецию) от себя, а затем берет на себя. При взятии ручки на себя уменьшается угол атаки, падает подъемная сила, увеличивается скорость планирования. Набор скорости позволяет, отдав ручку от себя, увеличить угол атаки (а следовательно, и подъемную силу) и осуществить криволинейный полет в вертикальной плоскости (рис. 32, б). При этом составляющая веса G_y и инерционная центробежная сила будут складываться, а сила Y , направленная по нормали, должна уравновешивать эту сумму сил $G_y + \frac{GV^2}{gr}$.

Силы G_x и X направлены по касательной к траектории движения. Но перегрузка при криволинейном движении в вертикальной плоскости будет подсчитываться по формуле

$$n_{в.п} = \frac{Y}{G} = \cos \theta + \frac{V^2}{gr}.$$

В данном случае перегрузка зависит от скорости полета V , радиуса кривизны r и угла наклона траектории θ . Максимальная перегрузка будет там, где $\theta = 0^\circ$, а $n_{в.п} = 1 + \frac{V^2}{gr}$, то есть в нижней точке траектории.

Величина теоретически максимально возможной перегрузки равна квадрату отношения максимальной скорости к минимальной, а отношение не что иное, как диапазон скоростей при планировании (режим полета при $C_{x_{min}}$ и при t_{max} по поляре крыла):

$$n_{max_{теор}} = (V_{max}/V_{min})^2.$$

Для современных дельтапланов эта величина теоретически будет $n_{max_{теор}} = (20/5)^2 = 16$.

Глава 5. УСТОЙЧИВ ИЛИ УПРАВЛЯЕМ

На первых порах мысль конструктора билась над решением проблемы роста качества крыла, а теперь во главу угла стали вопросы безопасности и устойчивости дельтаплана. А по мере перехода к длительным парящим полетам главными становятся вопросы физической нагрузки на пилота, величины управляющих усилий.

На первых международных соревнованиях, в которых принимали участие наши пилоты, отечественные аппараты не уступали зарубежным по маневренности, но в скорости перехода от одного восходящего потока к другому проигрывали.

Устойчивость и управляемость летательного аппарата зависят от равновесия сил. Тело находится в равновесии, если оно пребывает в состоянии покоя или движется равномерно, то есть имеет постоянные линейные и угловые скорости. Наиболее простым случаем равновесия является статическое равновесие, когда тело находится в состоянии покоя.

Устойчивость или неустойчивость — это свойства состояния равновесия. Равновесие устойчиво, если тело, получившее

малое возмущение относительно любой степени свободы, в конце концов возвращается в исходное положение (рис. 33).

Для динамики дельтаплана особенно важны два типа неустойчивости. Статическая неустойчивость, когда тело непрерывно отклоняется от положения равновесия, если ему сообщить начальное возмущение, и динамическая неустойчивость, когда тело колеблется относительно положения равновесия с постоянно нарастающей амплитудой.

В полете на дельтаплан действует ряд возмущающих сил. Они приводят к отклонению его от первоначального движения. Дельтаплан будет устойчивым, если он обладает способностью без вмешательства пилота возвращаться к нормальному режиму полета после прекращения действия случайного возмущения. Если дельтаплан не обладает такой способностью, то он неустойчив. Практика показывает, что обычно дельтаплан, устойчивый в прямолинейном планировании, устойчив и в других режимах полета; устойчивый дельтаплан должен планировать при «бро-

шенной» ручке управления. В противном случае пилот вынужден будет постоянно прикладывать значительное усилие к ручке управления для сохранения необходимого режима полета, а значит, быстро устать.

От управляемости зависит, как аппарат фиксирует или изменяет положение равновесия и как он способен маневрировать.

Дельтаплан с высокой степенью управляемости очень быстро реагирует на самое малое отклонение тела пилота, то есть обладает малой устойчивостью. И наоборот, дельтаплан с большой устойчивостью имеет невысокую степень управляемости. Лучше, когда устойчивость и управляемость имеют «золотую середину». Дельтаплан считается хорошо управляемым и достаточно устойчивым, если на нем можно сделать разворот на 360° за 8 с.

Продольная устойчивость и управляемость. Продольно устойчивый аппарат должен возвращаться к углу атаки и скорости полета после прекращения действия возмущающих сил без вмешательства пилота.

Продольно сбалансированным или находящимся в равновесии дельтаплан можно считать в том случае, если результирующая внешних сил и моментов относительно центра масс равна нулю. Таким образом, дельтаплан будет продольно сбалансирован, если продольный момент равняется нулю. Это и есть условие продольной балансировки. Коэффициент продольного момента

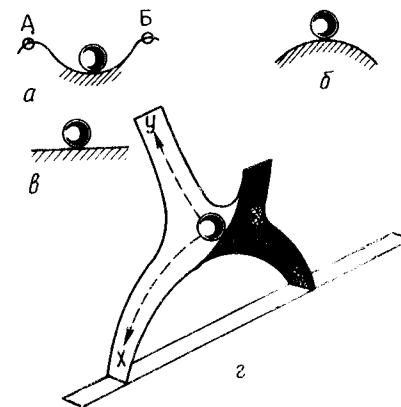


Рис. 33. Виды устойчивости (неустойчивости):

a — шарик устойчив до перехода точек *A* и *B*; *b* — неустойчивое равновесие; *z* — нейтральное равновесие; *z* — шарик на седловидной поверхности устойчив в плоскости *y* и неустойчив в плоскости *x* — неустойчивое равновесие

$$m_z = \frac{M_z}{qSb_{\text{ср}}} = \frac{2M_z}{\rho V^2 S b_{\text{ср}}}$$

дельтаплана зависит от угла атаки (рис. 34). График представляет собой прямую линию, за исключением области вблизи срыва. Так как для балансировки требуется, чтобы коэффициент C_m тоже был равен нулю, то дельтаплан может планировать с брошенной ручкой управления только при угле атаки, обозначенном буквой A . Статическая устойчивость определяется знаком и величиной наклона кривой $C_m = f(\alpha)$. Наклон должен быть таким, чтобы с ростом угла атаки α коэффициент C_m уменьшался. Как этого добиться на дельтаплане?

Чтобы сбалансировать момент от силы R , необходимо создать другую силу. В классической схеме эту роль выполняет стабилизатор. Он создает

на своей плоскости отрицательную подъемную силу и момент вокруг оси z , который компенсирует момент от подъемной силы крыла. В схеме «утка» передний стабилизатор создает положительную подъемную силу, а плечо, умноженное на эту силу, балансирует момент.

У дельтаплана стабилизаторы отсутствуют. Но мы можем создать этот момент профилем отрицательной кривизны, отгибанием вверх задней кромки крыла или ее разновидностью — S-образным профилем (для прямого крыла).

У крыла с положительной стреловидностью должна быть отрицательная крутка, то есть концы крыла будут геометрически «закручены» и расположены под меньшим углом атаки к набегающему потоку, чем корневое сечение. Именно поэтому на концах крыла дельтаплана ставятся нервюры, которые мембранную поверхность превращают в «жесткий» изогнутый профиль, что предотвращает появление флаттера на концах крыла даже при отрицательных углах атаки. При малых углах атаки на концах кон-

солей возникает отрицательная подъемная сила. Эффект тот же, что и при классической схеме со стабилизатором.

При отрицательной стреловидности крутка должна быть положительной. Концы крыла получаются несущими, а эффект — как при стабилизаторе в схеме «утка».

На современных дельтапланах наиболее часто встречается отрицательная крутка стреловидного крыла совместно с S-образным профилем в корневом сечении. Но применяются и другие варианты.

Из всего сказанного следует, что аппарат будет обладать продольной устойчивостью, если центр масс будет впереди центра давления — результирующей аэродинамической силы (фокуса аппарата).

Результирующая всех аэродинамических сил, действующих на дельтаплан, проходит через центр давления. На его перемещение влияют изменение угла атаки (центр давления перемещается вперед, вызывая вращающий момент вокруг центра масс, то есть угол атаки непрерывно растет) и устойчи-

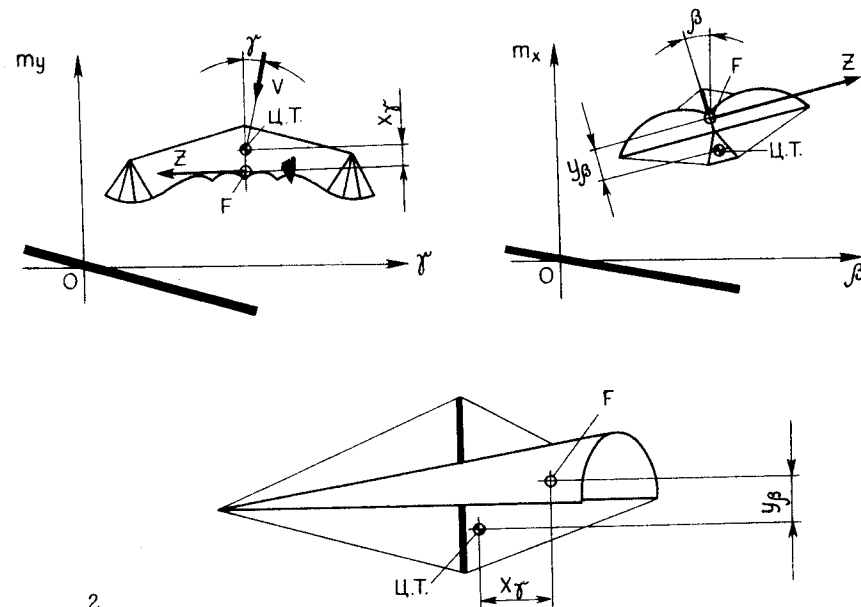
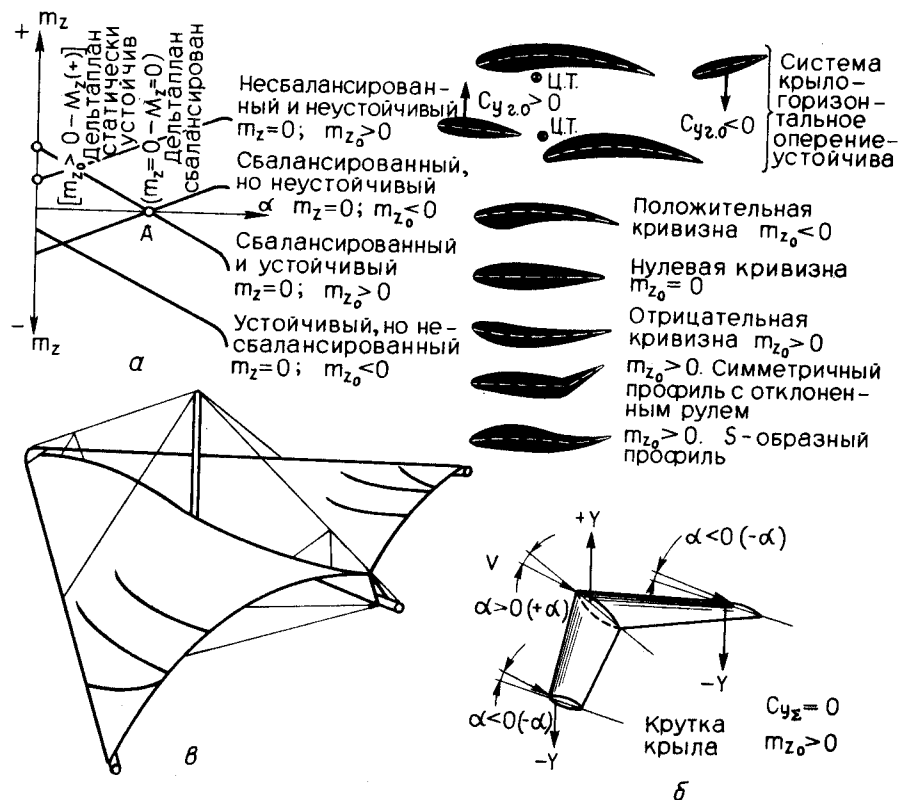


Рис. 34. Устойчивость дельтаплана:

а — требования к продольной устойчивости, зависимость коэффициента продольной устойчивости от угла атаки; б — схемы аппаратов, имеющих продольную устойчивость $M_z = m_z \frac{\rho V^2}{2} S$; а — схема дельтаплана с отрицательной круткой крыла и S-образным профилем по центральной хорде; г — требования к боковой устойчивости: взаимное расположение бокового фокуса F и центра тяжести, моментные диаграммы у дельтаплана с путевой $M_y = m_y \frac{\rho V^2}{2} S$ и поперечной устойчивостью $M_x = m_x \frac{\rho V^2}{2} S$

вое перемещение центра давления. При большом угле атаки центр давления перемещается назад, вызывая обратный момент и возвращая дельтаплан в положение равновесия. Стабилизатором при этом служит S-образный профиль.

На устойчивость дельтаплана также существенное влияние оказывают эластичность конструкции, величина индуцированного сопротивления и реакция купола на флаттер.

Флаттерное пикирование. Долгое время настоящим бичом дельтапланеристов был вход аппарата в необратимое флаттерное пикирование, которое для пилота часто заканчивалось трагически.

Что такое флаттерное пикирование?

Мембранное крыло на малых углах атаки (для классического крыла Роголло — это 10—12°, а для современных спортивных дельтапланов — 2—8°) перестает создавать подъемную силу. Купол приобретают волнообразные движения наподобие флага, трепещущего на ветру, или паруса судна, не закрепленного в рабочем положении. Потеря высоты сопровождается серией резких звуков, вызванных волнообразными биениями несущей поверхности большой амплитуды, особенно интенсивными в районе задней кромки. Происходит волнообразное движение оболочки купола. Это аэродинамическое поведение объясняется образованием знака переменных вихрей такого типа, которые встречаются в спутной струе за цилиндрическими те-

лами. В результате происходит полная потеря несущей способности крыла, и аппарат начинает движение по траектории, близкой к баллистической, похожей на траекторию свободно летящей стрелы (рис. 35, а).

Много теоретических и экспериментальных исследований было проведено, чтобы понять явление флаттера и найти средства борьбы с ним. Десятки различных схем дала конструкторская мысль, чтобы спасти дельтапланеристов от этого неуправляемого и рокового режима.

Это и раскрываемый по команде парашют, крепившийся к аппарату, и арочная конструкция, поддерживающая снизу несущую поверхность, и различные управляемые и неуправляемые поверхности, устанавливаемые сверху, сзади или спереди аппарата. При большом разнообразии все эти средства базировались на одной идее — создать при входе аппарата в пикирование восстанавливающий антипикирующий момент. Весь этот поиск завершился рядом рекомендаций, реализуемых в современной конструкции дельтапланов.

Для снижения способности купола к волнообразным колебаниям увеличили его момент инерции. С этой целью для купола стали использовать более тяжелый материал (160—220 г/м²), а купол усиливать идущими на всю хорду крыла профилированными пластмассовыми или металлическими нервюрами. По килевой балке крыло стало иметь фиксированный S-образный профиль, соз-

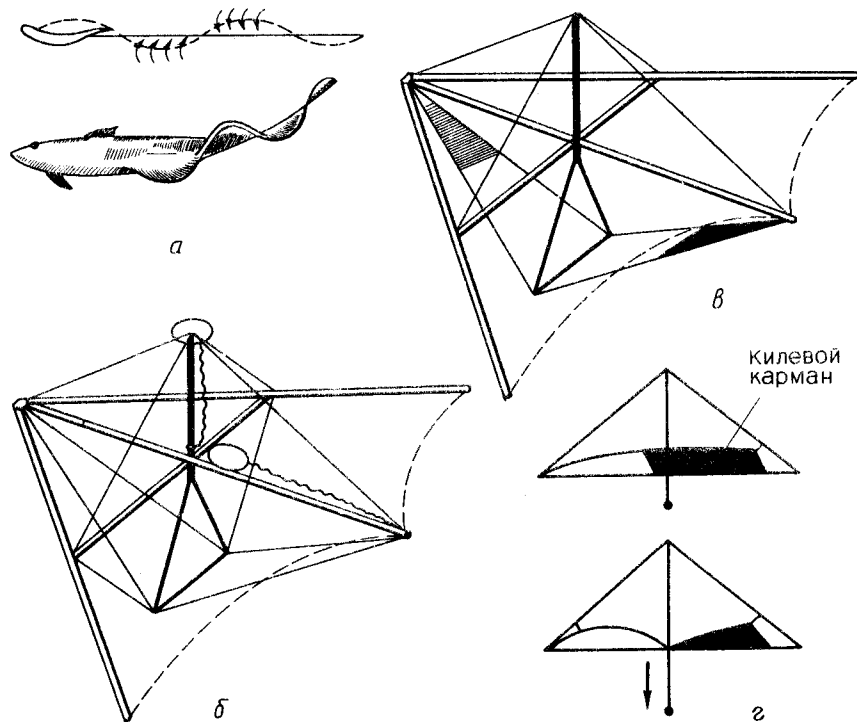


Рис. 35. Флаттерное пикирование:

а — ундуляционное движение и боковая кайма у животных; б — различные варианты установки парашютов на дельтапланах; в — зарубежная схема с полотнищами; г — швейцарская схема спасения

дающий увеличивающийся с ростом скорости кабрирующий момент. Несущая поверхность вдоль задней кромки с помощью тросовых оттяжек или опорных трубок принимает отрицательный угол атаки в критических режимах. При полете на малых углах атаки эти части несущей поверхности, поэтапно вступая в работу, создают антипикирующий восстанавливающий момент, не снижая практически летных характеристик аппарата в нормальном режиме полета. Правда, на старте мощная антипикирующая система потребует от пилота некоторых

усилий, чтобы удержать аппарат от взмывания вверх.

Все же, несмотря на все эти конструктивные нововведения, последнее слово в оценке безопасности принадлежит испытанию на антипикирование. Аппарат с манекеном подвешивают носом вниз на высоте 55 м (такова длина стрелы автокрона, используемого при испытании) и производят его сброс. Без большой потери высоты он должен автоматически без управляющих воздействий выйти из пикирования в горизонтальный полет. Аппарат, не выдержавший испытания, не

получает сертификата летной годности и запрещается для продажи.

В процессе экспериментов установлено, что для дельтапланов типа «Славутич-УТ» начало флаттера наступает при угле атаки $\alpha \approx 10^\circ$, соответствующем нижней границе рабочего диапазона углов атаки. Верхняя граница диапазона совпадает с развитием срывных явлений и ограничивается углом атаки, соответствующим значению $C_{y_{max}}$, а $\alpha \approx 45^\circ$.

Наиболее склонны к этому опасному явлению аппараты с большим удлинением. Траектория флаттерного пикирования практически не может быть изменена, так как перемещение тела пилота является единственно возможным управляющим воздействием на балансирный аппарат, а при входе дельтаплана во флаттер трудно добиться отклонения ручки даже на 10° . Флаттерное пикирование может произойти при полете на малых углах атаки, при потере скорости и сваливании на крыло: если выполняется горка, то в ее верхней части траектории, когда центробежная сила станет равной весу, то есть разгрузит крыло; если резко взять ручку «на себя» во время полета на малых углах атаки; если при полете в турбулентной атмосфере аппарат вошел в сильный нисходящий поток.

На мембранном крыле дельтаплана при флаттерном пикировании происходят следующие физические явления: перемещение центра давления назад, появление «эффекта маятника»

и в результате устойчивое равновесие при флаттерном пикировании.

Перемещение центра давления назад приводит к тому, что пилоту не хватает усилия для преодоления силы собственного веса и переноса его назад. Иногда это явление называют «проблемой силы».

На небольших углах атаки дельтаплан летает достаточно быстро. Если пилот мгновенно не реагирует, то дельтаплан опускает нос. В этом случае влияние перемещения пилота больше «эффекта маятника». При уменьшении угла атаки «эффект маятника» значительно увеличивается. Этот процесс продолжается до положения устойчивого равновесия, то есть равномерного флаттера. Если нос дельтаплана опускается еще ниже, то влияние «эффекта маятника» становится больше влияния перемещения центра тяжести и дельтаплан возвращается в положение равномерного флаттера.

Флаттер — это устойчивое положение равновесия дельтаплана, при котором эффективность управления собственным весом пилота снижается.

Восстанавливающий «эффект маятника» становится выше при большем отношении веса пилота к весу дельтаплана и меньшем предельном сопротивлении воздуха. Существенно влияет на восстановление нормального полета и длина троса подвески пилота.

Например, при отношении веса в системе «дельтаплан — пилот» 1 : 8—1 : 9 флаттер практически не возникает. При уг-

розе его возникновения максимальные усилия на трапецию управления будут составлять 45 % от веса пилота, что вполне допустимо.

Как бороться с флаттером? Есть несколько путей. Один из них — это создание аэродинамической силы, которая вывала бы дельтаплан из пикирования. Эта аэродинамическая сила может быть подъемной силой или силой сопротивления.

Приспособления, основанные на силе лобового сопротивления, которые применяются в настоящее время, практически представляют собой парашют. Его устанавливают на центральной балке крыла (лучше — в ней) или на мачте. Эффективность такого приспособления будет тем больше, чем больший момент будет создавать эта сила.

Крепление в конце центральной балки малоэффективно, хотя зарубежные дельтапланеристы применяли и такой вариант. Плечо относительно центра тяжести будет максимальным в том случае, если парашют закреплен на конце мачты. Однако мешок с упаковкой парашюта наверху — это дополнительное сопротивление в полете. Лучше, если парашют расположен в мачте и вводится в действие так же, как в ракетном моделизме (рис. 35, б).

Приспособления, основанные на подъемной силе, по данным зарубежной литературы, имеют вид треугольных полотнищ на передних и задних тросах. Переднее полотнище работает как стабилизатор в схеме «утка» и

создает подъемную силу впереди центра тяжести, а заднее — как стабилизатор в классической схеме, создавая аэродинамическую силу, направленную вниз. Эти полотнища применяются на учебных дельтапланах, но они создают дополнительное лобовое сопротивление и для спортивных крыльев едва ли пригодны (рис. 35, в).

Можно предложить систему с предкрылком, которая была опробована на моделях. Эта система может вводиться в действие механически, электроприсистемой или комбинированным способом.

В Швейцарии разработана и опробована система, принцип которой заключается в «разрезании» ундуляционной волны на поверхности крыла, благодаря чему создается подъемная сила в передней части купола. Конструктивно система состоит из капронового шнура, который пропускают сверху купола над поперечной балкой и натягивают, изменяя тем самым профиль крыла. Практика показала, что для натяжения этой системы необходим усилитель — рычажный, зубчатый или другого типа, так как усилия пилота для полного натяжения и удержания шнура в аварийной ситуации не хватает (рис. 35, г).

Самым распространенным средством повышения безопасности полетов на дельтаплане, как, впрочем, на любом аппарате схемы «летающее крыло», является придание профилю купола S-образной формы. На аппаратах с малым удлинением было достаточно постановки S-образного профиля по цент-

ральной балке за счет килевого кармана и крепления точек профиля к верхней растяжке мачты (рис. 36, а). Иногда растяжки ставились не только по центру, но и на ближайшие латы-нервюры. При этом задняя кромка крыла работает как руль высоты, создавая кабрирующий момент. Порою растяжки ставят так, чтобы они создавали двухрежимный профиль (рис. 36, б). Это целесообразно, так как задняя кромка крыла малого удлинения имеет максимальный момент за счет максимально возможного плеча.

На крыльях большого удлинения плечо в центральной части мало. Максимальное плечо имеют концевые части крыла (рис. 36, в). Крутка крыла достигается установкой жестких элементов по концам крыла, которые вынуждают эти части крыла работать как рули высоты на малых углах атаки (рис. 36, г).

Для нормальной работы таких законцовок крыла в качестве антипикерирующего устройства необходимо профилировать носовую часть купола с небольшой кривизной, так как в данном случае большая кривизна носовой части купола значительно снижает эффективность работы антипикерирующих устройств. Качество первого серийного выпускаемого у нас в стране аппарата «Славутич-УТ», к сожалению, не может удовлетворить пока любителей дельтапланерного спорта. Обладая невысокими летными характеристиками, он к тому же склонен попадать в режим

необратимого флаттерного пикирования. Как проходили испытания на флаттерное пикирование в планеризме, описывает летчик-испытатель и писатель Игорь Шелест:

«У «человека из легенды», как называли журналисты Сергея Николаевича Анохина, с горой Клементьева была связана его авиационная юность, первые шаги его героической биографии. Здесь «испытатель от бога» Сергей Анохин провел эксперимент, вошедший навсегда в историю нашей авиации.

В то утро дул хороший южак. В воздухе было не менее тридцати планеров. Еще вечером в столовой прошел слух, что техком решил испытать один из планеров на максимальную скорость, причем допускалась возможность разрушения его в воздухе.

Надо сказать, что в тридцатые годы нередко случались необъяснимые катастрофы: развив максимальную скорость, самолеты почти мгновенно разрушались из-за прогрессирующих вибраций. Явление это называли флаттером, и слово это приобрело смертельный смысл.

Выпаривая над долиной, я увидел в воздухе самолет. Он шел на подъем: за ним на буксире серебристый «Рот фронт». Воздушный поезд делает большой круг. Когда я набрал 700 метров над горой, самолет и планер шли против ветра на высоте около 2500 метров. Я тоже вывел свой планер против ветра, с параллельного курса были хорошо видны буксировщик и буксируемый.

Планер отцепился, самолет

устремился вниз. Прошло не более минуты, и вот планер стал ступенями увеличивать угол планирования — сперва полого, потом круче, еще круче... Вдруг... Что это?! Похоже на взрыв! Мгновенно на месте планера образовалось облако. Оно медленно растет, вытягиваясь вширь и особенно вниз, — серебристое, сверкающее на солнце. Отдельные части планера, обгоняя друг друга, сыпались на землю. Где же Сергей?

Наконец-то! Купол, спасительный белый купол парашюта примерно на тысяче метров раскрылся.

Когда первые участники слета, бросившиеся к подножию северного склона, добрались до Анохина, он уже сидел на об-

ломках фюзеляжа и курил свою трубку. Возле него лежал на ранце свернутый парашют. Последующие два дня все были под впечатлением необычайного испытания. В газетах печатались статьи, посвященные подвигу Анохина. Западная печать назвала полет «игрой со смертью», необычайным испытанием на прочность».

И все же самое лучшее средство против флаттерного пикирования — не попадать в него. Это возможно, если крыло будет устойчиво. Тогда оно само выйдет на планирующий режим из любого положения.

Аппараты с продольной неустойчивостью могут попасть в режим кувыркания.

Установлено, что кувырок происходит в результате потери

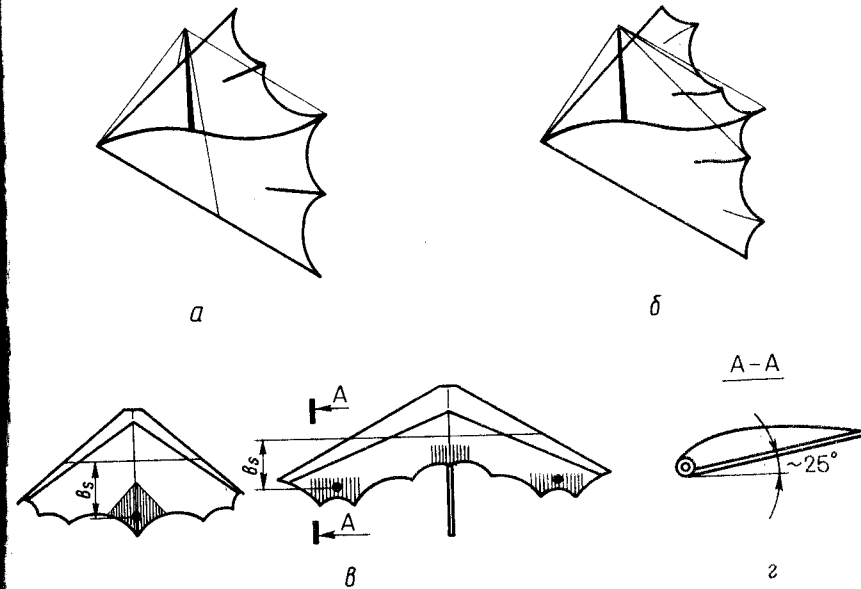


Рис. 36. Придание профилю крыла дельтаплана S-образной формы:

а — центральной нервюре; б — боковым нервюрам; в — максимальные плечи у крыльев малого и большого удлинения; г — установка жестких элементов

скорости. При срыве потока центр давления крыла уходит далеко назад, так как с ростом угла атаки подъемная сила падает, а пикирующий момент продолжает расти. Он и заставляет аппарат опустить нос и перейти в пикирование. При этом дельтаплан с пилотом вращаются вокруг горизонтальной оси. В режиме пикирования восстанавливается плавность обтекания, центр давления возвращается на место и уходит дальше вперед. Возникают аэродинамические силы, стремящиеся остановить вращение и вернуть аппарат в исходное положение. Но дельтаплан с пилотом обладают определенным моментом инерции. Поэтому нужно какое-то время, чтобы остановить вращение и начать его в противоположную сторону. Это время тем короче, чем больше силы вращения.

В режиме пикирования, когда угол атаки мал, а скорость еще невелика, восстанавливающие силы могут оказаться недостаточными. Вращение может затянуться настолько, что угол атаки станет меньше некоторого критического, и аэродинамические силы заставят аппарат вращаться в ту же сторону с ускорением. Начнутся кувырки.

Выдержки из актов летных происшествий. «Во время проведения соревнований чемпионата СССР пилот совершал нормальный полет. Неожиданно дельтаплан совершил несколько кувырков с разрушением правого полукрыла. Дальнейшее падение происходило неупорядоченно. Пилот не мог

предпринять каких-либо действий из-за полной потери ориентировки и большой скорости падения. Парашют отсутствовал».

«Дельтадром Дрокино Красноярского края. Пилот выполнял очередной испытательный полет на новом дельтаплане собственной конструкции с высоты 127 м. Спустя несколько секунд после старта дельтаплан «клюнул» носом. Пилот стал плавно выводить его из пикирования. При этом возник крен вправо, развилось скольжение на правое крыло и началась раскачка. В конечной фазе дельтаплан перешел в крутое пикирование с последующим кувырком через нос. Дельтаплан разрушился. Падение с высоты 50 м».

Тенденцию дельтаплана к переворачиванию можно установить еще при прохождении испытаний на сертификацию. Но опасность «кувырка» остается. С каждым годом аппараты становятся все более чувствительными к продольной устойчивости. Возможен переворот любого высококачественного спортивного дельтаплана. Это может произойти при совокупности двух условий: экстремальной термической активности и неправильных действиях пилота.

Рассмотрим, к примеру, действия пилота, выполняющего «горку». При подходе к верхней точке траектории пилот постепенно начинает брать ручку на себя. В верхней точке дельтаплан зависает и пилот еще более притягивает ручку к себе. На нисходящей части полета, когда дельтаплан набирает ско-

рость, пилот, боясь переворачивания аппарата, резко отдает ручку от себя. Этим самым он перемещает свой вес за центр тяжести аппарата, создавая все необходимые условия для переворота: центробежная сила вырывает трапецию из рук, пилот вдавливается в купол. Конструкция, как правило, не выдерживает возникающих перегрузок и ломается.

Как же правильно поступать в такой ситуации? После зависания в высшей точке траектории пилот должен полностью взять ручку на себя. Вращение прекратится и дельтаплан перейдет в отвесное пикирование, которое хотя и неприятно для пилота, но для прошедшего сертификацию аппарата не представляет опасности. Чтобы правильно действовать в подобной ситуации, надо заранее себя психологически подготовить. Для этого нужно провести соответствующую тренировку. В нормальном полете надо довести аппарат до срывного режима и, когда он проявит стремление опустить нос, не препятствовать этому, а помочь взятием ручки на себя. Важно заставить себя держать ручку в таком положении, пока дельтаплан сам не выйдет в нормальный режим полета. Повторение этого упражнения снимет волнение, сопутствующее первой попытке. Это упражнение надо выполнять с парашютом на достаточной высоте и в условиях отсутствия турбулентности. Если пилот научится справляться со страхом, вполне понятным в такой ситуации, то он сможет правильно действо-

вать в нужный момент. Внимание! В сомнительном случае — ручка полностью на себя!

На современных дельтапланах значительно уменьшена крутка и угол стреловидности, а значит и запас устойчивости. Наличие только одних концевых (антипикирующих устройств) не гарантирует не только от кувырков, но и от затягивания в пикирование. Практика показала, что необходима подвязка к мачте задних концов первых нервюр, а хвостовики нервюр должны быть гибкими для создания S-образного профиля.

Требования к статической боковой устойчивости обычно менее жестки, чем к продольной и заключаются в том, что неустойчивое спиральное движение должно иметь период, вдвое превышающий недопустимый минимум (обычно 4 с за полный виток спирали).

Боковая устойчивость состоит из путевой и поперечной устойчивости. Путевая (флюгерная) статическая устойчивость — это способность дельтаплана самостоятельно противодействовать изменению угла скольжения. Флюгерной эта устойчивость называется потому, что в данном случае дельтаплан ведет себя как флюгер. Дельтаплан будет обладать статической путевой устойчивостью, если его боковой фокус находится позади центра тяжести. Чтобы увеличить расстояние между ЦТ и боковым фокусом, на некоторых дельтапланах ставятся килевые поверхности. Боковая неустойчивость может привести к штопору.

Штопор — это полет, при котором центр тяжести дельтаплана перемещается по крутой спирали малого радиуса, а дельтаплан вращается вокруг оси, близкой к продольной. При этом угол атаки больше критического, а это значит, что на крыле происходит срыв потока.

Долгое время физическая сущность явления штопора оставалась неясной, и поэтому не могли быть разработаны практические меры по борьбе с ним. На заре авиации попадание в штопор часто заканчивалось катастрофой. Теория штопора была разработана А. Н. Журавченко и В. С. Пышновым. Причиной штопора является авторотация (самовращение) крыла, возникающая на закритических углах атаки.

При авторотации разные подъемные силы на правом и левом полукрыле создают вращающий момент. Кроме разности подъемных сил возникает разность сил лобового сопротивления, которое у опускающегося полукрыла из-за увеличения угла атаки станет больше, чем у поднимающегося. В результате начинает действовать момент, разворачивающий дельтаплан в сторону опускающегося полукрыла.

Чем больше момент инерции дельтаплана относительно его продольной оси, тем сложнее остановить его вращение вокруг оси x . У дельтаплана основная масса сосредоточена в центре аппарата (тело пилота), поэтому момент инерции мал. Кроме того, чем резче выражен срыв потока с крыла на закритических углах атаки, тем более

склонен дельтаплан к штопору.

У дельтапланов, как правило, коэффициент C_y на больших углах атаки имеет более плавный переход к падению подъемной силы, чем у планеров и самолетов. Поэтому штопоры на дельтапланах — явление очень редкое (рис. 37). Но если дельтаплан все же попал в штопор, то необходимо знать, что выход из него не составляет больших затруднений: пилоту необходимо зафиксировать тело и поставить рулевую трапецию в нейтральное положение. Дельтаплан сам имеет тенденцию к выходу из штопора, и ему не надо мешать.

Поперечная статическая устойчивость — это способность дельтаплана устранять возникший в полете угол крена или сохранять полет с заданным углом крена. Для того, чтобы дельтаплан мог самостоятельно устранять возникший угол крена, необходимо, чтобы появлялся поперечный момент, вызывающий вращение в сторону отстающего полукрыла. Но крен непосредственно не влияет на величину поперечного момента; влияние это проявляется через появляющееся скольжение. Для этого необходимо, чтобы боковой фокус находился выше ЦТ дельтаплана.

Все виды устойчивости дельтаплана зависят от расположения центра массы по высоте; чем ниже он расположен относительно хорды крыла, тем более устойчив летательный аппарат. При этом дельтаплан уподобляется маятнику часов: у маятника часов центр массы так же, как у дельтаплана, рас-

положен достаточно низко. Если мы отведем маятник вбок, то он будет тем быстрее возвращаться в исходное положение, чем ниже расположен ЦТ.

Увеличение длины подвески значительно повышает стабильность полета, продольную и боковую статическую устойчивость, уменьшает опасность полета на малых углах атаки и усилия пилота, необходимые для управления, но, к сожалению, при этом уменьшается управляемость дельтапланом. Ее оптимальная длина рекомендуется порядка 1500 мм.

В 1985 году наши дельтапилоты впервые столкнулись с явлением раскачки дельтапланов по курсу и по крену. «...Через несколько секунд после старта вертикальный порыв

накренил правое крыло моего дельтаплана. Опасаясь разворота на склон или потери скорости, я взял ручку на себя и переместился в противоположную сторону. Дельтаплан быстро восстановил первоначальное положение, но затем так же быстро приобрел крен в противоположную сторону. Сначала мне показалось, что это случайное чередование двух вертикальных порывов, но колебание повторилось вновь, затем еще и еще... С каждым разом угол крена и рысканья возрастали, амплитуда увеличивалась. Дельтаплан больше не подчинялся управлению, его словно подменили...» Это рассказ опытного пилота, впервые попавшего в режим раскачки. С этим режимом столкнулся целый ряд пилотов, и часть из них

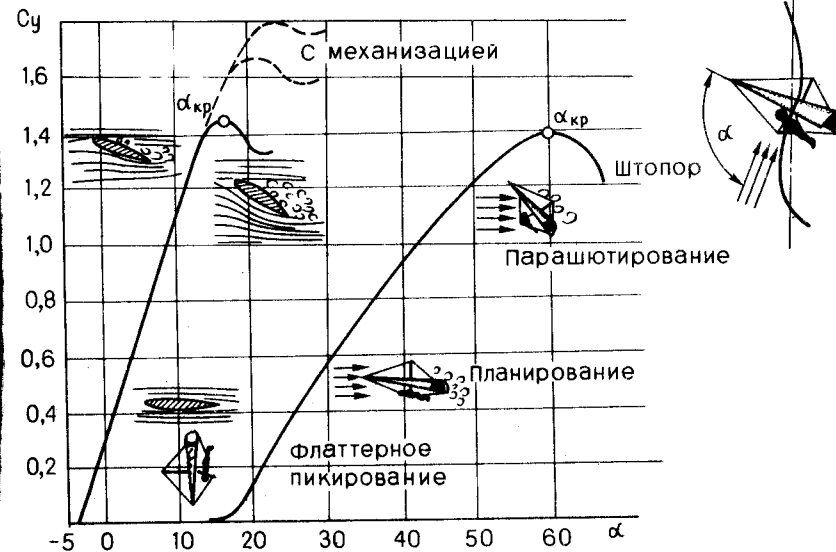


Рис. 37. Сравнение зависимостей $C_y = f(\alpha)$ для дельтаплана, планера и самолета, схема движения на летных углах атаки, в штопорном режиме и флаттерном пикировании

не смогла выйти из этой ситуации благополучно.

В погоне за максимальным качеством некоторые спортсмены форсируют геометрические и аэродинамические параметры своих аппаратов: чрезмерно уменьшают угол стреловидности крыла и крутку. Иногда это происходит при попытках восстановить первоначальную форму купола его растягиванием. Слепая погоня за качеством может привести к снижению боковой устойчивости, которое и проявляется в опасном явлении раскачки, так называемом «голландском шаге». В этом режиме дельтаплан на повышенной скорости раскачивается с крыла на крыло с нарастающей амплитудой. Явление можно связать с потерей поперечной устойчивости вследствие слишком большой отрицательной V -разности крыльев. Если оценивать V дельтапланов по взаимному расположению его центральной хорды и передних кромок (боковых труб), то у всех дельтапланов V окажется отрицательным. Тем не менее дельтапланы летают устойчиво и противодействуют отклонению пилота в сторону, то есть ведут себя как летательные аппараты с положительной V -разностью. Поверхность крыла дельтаплана криволинейна и поэтому сказать заранее, какова их V -образность, невозможно. Это определяется только экспериментально по характеру полета.

Предположим, что в прямолинейном полете пилот случайно отклонился влево. При этом левое крыло оказывается более

нагруженным, чем правое. Согласно теореме Жуковского о подъемной силе

$$Y = V^2 \cdot \alpha,$$

откуда

$$V \approx \sqrt{\frac{Y}{\alpha}},$$

где Y — подъемная сила;

V — скорость крыла;

α — его угол атаки.

Из формулы следует, что левое крыло должно приобрести большую скорость, а правое замедлить свое движение. Дельтаплан поворачивается вокруг вертикальной оси левым крылом вперед. Это явление называется обратным вращением. Вследствие отрицательного V угол атаки правого крыла увеличивается, а угол атаки левого — уменьшается. По той же формуле скорость левого крыла еще более увеличивается, а правого — уменьшается. Это заставит правое крыло подняться, а левое опуститься. Благодаря стреловидности дельтаплан поворачивает влево. Когда пилот отклонится вправо, это явление повторится в обратном порядке. Правое крыло, прежде чем опуститься, продолжит вращение под возросшей нагрузкой. Пока оно будет обгонять левое крыло, на левом увеличится угол атаки, и оно начнет подниматься. В целом весь процесс выглядит, как колебания с постоянной или возрастающей амплитудой. Если пилот займет неподвижно нейтральное положение, то вместо колебаний аппарат будет совершать спираль, так как при отрицательном V положение с креном для него является устойчивым.

Если у дельтаплана положи-

тельная V -образность, то при отклонении пилота влево и после обратного вращения угол атаки увеличится на левом крыле, а не на правом. Это заставит приподняться левое полукрыло, что затруднит и задержит поворот. Этим объясняется тяжелое управление аппаратом с большой положительной V -разностью. Но зато у такого дельтаплана устойчивым является прямое положение.

Практика показывает, что голландский шаг начинается при повышенной скорости и для выхода из него достаточно отдать ручку на себя. Обратное вращение, а значит, и раскачивание более выражены при малых углах атаки.

Голландский шаг зависит от устойчивости дельтаплана по тангажу, то есть от крутки, стреловидности и от профилей. При большом запасе продольной устойчивости крылья интенсивнее стремятся изменить свой угол атаки в сторону оптимального.

В результате изучения этого явления Наставление по производству полетов на дельтапланах (НППД-84) дополнено положением: «При возникновении в полете раскачки дельтаплана по курсу и крену, перемещением ручки управления от себя уменьшить скорость до экономичной. Восстановив нормальный режим полета, незамедлительно произвести посадку для выяснения причин раскачки».

Это сглаживает голландский шаг. Иногда достаточно немного на концах крыла увеличить

крутку и сделать крылья мягче, и аппарат станет послушнее.

Если посмотреть, как меняется положение центра давления относительно центра массы, то можно увидеть, что коническое крыло дельтаплана подобно игрушке-неваляшке. Правильно спроектированный дельтаплан сам стремится занять сбалансированное положение и создать восстанавливающие моменты.

Советы по пилотированию дельтаплана. Расскажем здесь о некоторых приемах пилотирования на примере дельтаплана «Атлас».

На старте при слабом ветре для ненагруженного крыла характерно рыскание. При небольшом увеличении угла атаки рыскание прекращается. «Атлас» снабжен мощной антипикирующей системой, поэтому на старте он любит «задирать нос». Не надо бояться этого, утверждает А. Кареткин, который считается большим знатоком управления «Атласом». Не насилюйте аппарат — с первых же шагов разбега он сам примет нужный угол атаки. Стартовать всегда нужно против ветра, так как за счет развитой консольной части крыла он чувствителен к боковому ветру. Если оторвавшись от земли вы почувствуете, что скорость мала, притяните ручку управления к себе: используя высоту склона и экранный эффект, вы выйдете на нормальный режим полета. При скорости ветра 5—6 м/с уже на разбеге можно легко достичь полетной скорости и, круто взмыв вверх, выйти в вос-

ходящий поток над склоном. «Атлас» позволяет достаточно эффективно выполнять этот маневр. Аппарат обладает большим запасом продольной устойчивости (его диапазон углов тангажа $\pm 30^\circ$) и при перемещении ручки «от себя» и «на себя» возникают ощутимые восстанавливающие усилия. Благодаря этому пилоту легко установить обратную связь и осуществлять контроль скорости полета. «Атлас» хорошо предупреждает пилота о приближении скорости сваливания — увеличением скорости снижения, усилием на ручке управления и, главное, появлением вялости в управлении. На околосрывной скорости аппарат перестает реагировать на поперечное управление, это сигнал: «Увеличить скорость!».

Минимальную скорость снижения аппарат имеет при скорости полета 27—29 км/ч. При увеличении скорости свыше наимыгоднейшей скорость снижения и скорость планирования увеличиваются пропорционально, но при скорости более 40 км/ч аэродинамическое качество аппарата резко падает. Этой областью скоростей пользуются только при разгоне или необходимости быстрого снижения.

Для этого аппарата наиболее эффективен разворот с отдачей ручки. Выход из разворота надо делать с некоторым упреждением. Максимально допустимый крен 60° . Понятие «штор» для этого аппарата не существует. Он не сохраняет режим вращения после сваливания даже на спирали. Чтобы

удержать его в спирали, нужно постоянно прикладывать усилие. После прекращения действия усилия аппарат самостоятельно переходит в нормальный режим полета. Вспоминается, что в первых руководствах запрещалось совершать спирали без значительного запаса высоты. Одному из авторов этой книги пришлось на «Атласе» выполнять спираль на высоте 15 м. После ее завершения был еще запас метров пять, необходимый для выполнения дальнейшего прямолинейного полета.

Посадка на «Атласе» имеет свои особенности, особенно проявляющиеся в штиль. Дистанция выдерживания может составлять 25—30 м.

«Атлас» летуч, поэтому преждевременная отдача ручки в конце режима выдерживания приведет к взмыванию аппарата вверх, а запоздалая — к утыканию аппарата носом в землю. Момент своевременной отдачи ручки пилот определит, совершив несколько полетов. Отдачу надо совершать энергично, на полностью вытянутые руки, с перехватом за вертикальные стойки трапеции. Сохранив относительную простоту управления своих предшественников, «Атлас» позволяет осваивать приемы управления современными спортивными дельтапланами. Этот дельтаплан представляет на сегодняшний день наиболее оптимальный компромисс в вечном споре качества, безопасности и удобства.

Особенности пилотирования мотодельтаплана. Взлет одного из наиболее известных совре-

менных мотодельтапланов — «Космоса» (табл. 1) имеет очень существенную особенность по сравнению с другими мотодельтапланами: несмотря на избыточную мощность, «Космос» не может оторваться ранее, чем достигнет скорости, превышающей полетную. Ход ручки управления вперед ограничивается расположенным перед ней пилоном, что, в свою очередь, ограничивает угол атаки крыла. Благодаря этому свойству аппарата практически невозможен срыв потока при взлете. Здесь действует правило: ручку от себя и — полный газ. Таким образом безопасный взлет будет обеспечен.

Так как траектория такого взлета не очень смотрится со стороны, то опытные пилоты в момент отрыва координированно уменьшают тягу и угол атаки. Часто применяют другой метод, когда позволяет длина и качество взлетной площадки, — разбег выполняют на минимальном угле атаки, а при достижении скорости, превышающей полетную, плавным движением ручки управления от себя производят отрыв.

Длина пробега в штилевых условиях не превышает 50 м.

В двухместном варианте длина пробега лишь незначительно увеличивается и колеблется от 50 до 60 м.

«Космос» — это довольно тяжелый летательный аппарат. К такой мысли приходишь, когда впервые вводишь его в разворот. Несмотря на значительную мощность двигателя, радиус разворота составляет более 40 м, а в двухместном вариан-

те — до 80 м. Конечно, тут приходится забыть об эффективных разворотах «на крыле», которые можно позволить себе на легком одноместном мотодельтаплане.

Для координированного разворота требуется поддерживать аппарат газом, как на винтовых самолетах. Навык приходит довольно быстро.

За счет запаса мощности и меньшей удельной нагрузки в одноместном варианте «Космос» несравненно более маневрен, чем в двухместном. Это надо учитывать при выборе тактики полета, особенно вблизи земли. Сказывается запаздывание реакции аппарата на управляющие движения пилота.

Усилия на ручке управления выше, чем у безмоторного дельтаплана. А в двухместном варианте при выполнении крутых разворотов они могут достигать 30—35 кг. Нагрузка особенно ощутима в полете при порывистом ветре и термических потоках. Практика показала также, что по мере вытяжки (деформации) купола усилия на ручке управления возрастают.

В целом же техника управления мотодельтапланом не отличается от управления дельтапланом — планером, за исключением посадки.

Посадка. Сбросив газ, вы планируете в направлении посадочной площадки. Затих рокот двигателя, и теперь только шумит в проушинах шлемофона встречный поток воздуха. Вагиометр показывает 2,5 м/с. Ручка управления в нейтральном положении — руки не ощу-

Таблица 1

Техническая характеристика мотоделтаплана серии
«Космос»

Наименование параметров	Типы моделей		
	«Драгстер Ш43»	«Драгстер ШФС43»	«Билдум 50»
Двигатель	Одноместный Ротэкс 447	Одноместный Ротэкс 447	Двухместный Ротэкс 503
Объем, см ³	436	436	496
Мощность, л. с. (кВт)	35 (26)	35 (26)	45 (33)
Статическая тяга, кг	130	130	140
Диаметр винта, м	1,53	1,53	1,53
Расход топлива, л/ч	10	10	11
Охлаждение	Воздушное	Воздушное	Воздушное
Запас топлива, л	10	10+10	10+10
Вес крыла, кг	30	38	41
Пустой вес, кг	95	108	124
Максимальная нагрузка, кг	192	200	300
Расчетная перегрузка, кг	6	6	6
Скорость, км/ч:			
минимальная	40	40	45
крейсерская	55	55	60
максимальная	70	70	90
Скороподъемность, м/с	4,5	4,5	3,5
Уровень шума на высоте 150 м, дБ	70	70	71

шают никакого усилия. Кажется, все нормально. Но когда до земли остается не более 2 м и вы начинаете, как обычно, выравнивать аппарат, приходит запоздалое осознание: поздно!

Действительно, «Космос» в силу большой массы требует более тщательного расчета высоты выравнивания. Особенно его инерция сказывается в двухместном варианте.

Однако и это не все. Та же инерция еще более усложняет посадку в условиях ветра. При скорости ветра свыше 4 м/с

у земли, на высоте приблизительно до 10 м, формируется зона так называемого сдвига ветра. Имея вертикальную скорость снижения 2,5—3 м/с, «Космос» проходит ее за 3 с. Этого времени недостаточно для того, чтобы увеличить полетную скорость, и в результате — срыв потока. Ручка управления подается назад, на пилота, нос аппарата опускается, земля стремительно набегаает и, несмотря на полностью отданную ручку, посадка происходит грубо, с ударом.

Чтобы избежать этого, уже на высоте 20—25 м необходимо взять ручку управления на себя и увеличить скорость. Запас скорости позволит миновать зону сдвига ветра без опасности срыва, а также уменьшить время ответной реакции аппарата при выравнивании. Конечно, дистанция выдерживания при этом несколько увеличится, но это увеличивает безопасность посадки.

В двухместном варианте «Космос» требует особенно тщательного расчета посадочной траектории. Здесь надо полностью отказаться от резкой манеры управления, постоянно учитывать инерцию аппарата. Когда масса пассажира и груза превышает 70 кг, рекомендуется производить посадку в режиме работающего двигателя с некоторой тягой. Одним запасом скорости не удастся обеспечить плавного выравнивания.

Говоря о летных качествах «Космоса», нельзя не упомянуть об одном характерном яв-

лении, которое также придется учитывать, — это склонность к боковому скольжению. Спортсмены, летавшие на «Космосе», шутят: «На нем легче летать кругами, чем по прямой». Увы, в этом есть большая доля истины. Удерживать «Космос» на одном курсе, особенно в термических потоках, либо при боковом порывистом ветре — дело непростое для начинающего пилота. Для этого требуется определенный навык.

Несколько сложнее дело обстоит с посадкой. Здесь должно действовать непреложное правило: не подходи к земле, пока полностью не устранишь скольжение. Посадка должна осуществляться только с прямой! «Космос» не простит вам небрежности, которую можно позволить себе, приземляясь на планере-дельтаплане. Особенно аккуратным следует быть при полете с пассажиром. Не забывайте, что 80 % всех летных происшествий приходится на посадку.

Глава 6.

ПОГОДА И МЕМБРАННОЕ КРЫЛО

Каждый спортсмен-дельтапланерист знает, какое огромное значение для успешного полета имеет погода, то есть температура и влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра. Не зная этих данных, нельзя отправляться в полет. На соревнованиях и тренировках обязательно присутствует метеоролог, который производит замеры, а затем составляет таблицу, в которую вносит показания приборов. Каждый спортсмен, перед тем как выйти на старт, должен ознакомиться с результатами таблицы метеорологической обстановки.

Метеорология изучает явления, происходящие в атмосфере. Атмосферу принято делить на несколько слоев, самый нижний из которых — тропосфера — достигает над полюсами высот 9000 м и над экватором 18 000 м. Тропосфера является самой неустойчивой из всех слоев атмосферы, но именно с ней приходится иметь дело дельтапланеристам. Еще в 1975 г. в одном швейцарском издании говорилось, что дельтаплан нельзя использовать на высотах, превышающих 4000 м. Однако уже

сейчас покорена высота в 8000 м (рис. 38).

Штурм высоты продолжается.

Состояние атмосферы, наблюдаемое в тот или иной момент, называется погодой. Основными метеорологическими элементами погоды являются давление, температура и влажность воздуха, видимость, облачность, осадки и ветер. Не все эти элементы имеют одинаковое значение для полета. Самый существенный фактор — ветер. Плохая видимость может заставить пилота изменить маршрут. А температура воздуха и осадки не только определяют выбор одежды, но и возможность проведения полетов.

Известно влияние метеоусловий на безопасность полетов. Анализ летных происшествий показывает, что в одной трети случаев погода бывает основной или сопутствующей причиной аварийных ситуаций. Сложные метеорологические явления особенно опасны, если встреча с ними явится для пилота неожиданностью.

Это может произойти при недостаточной теоретической и психологической подготовке пи-

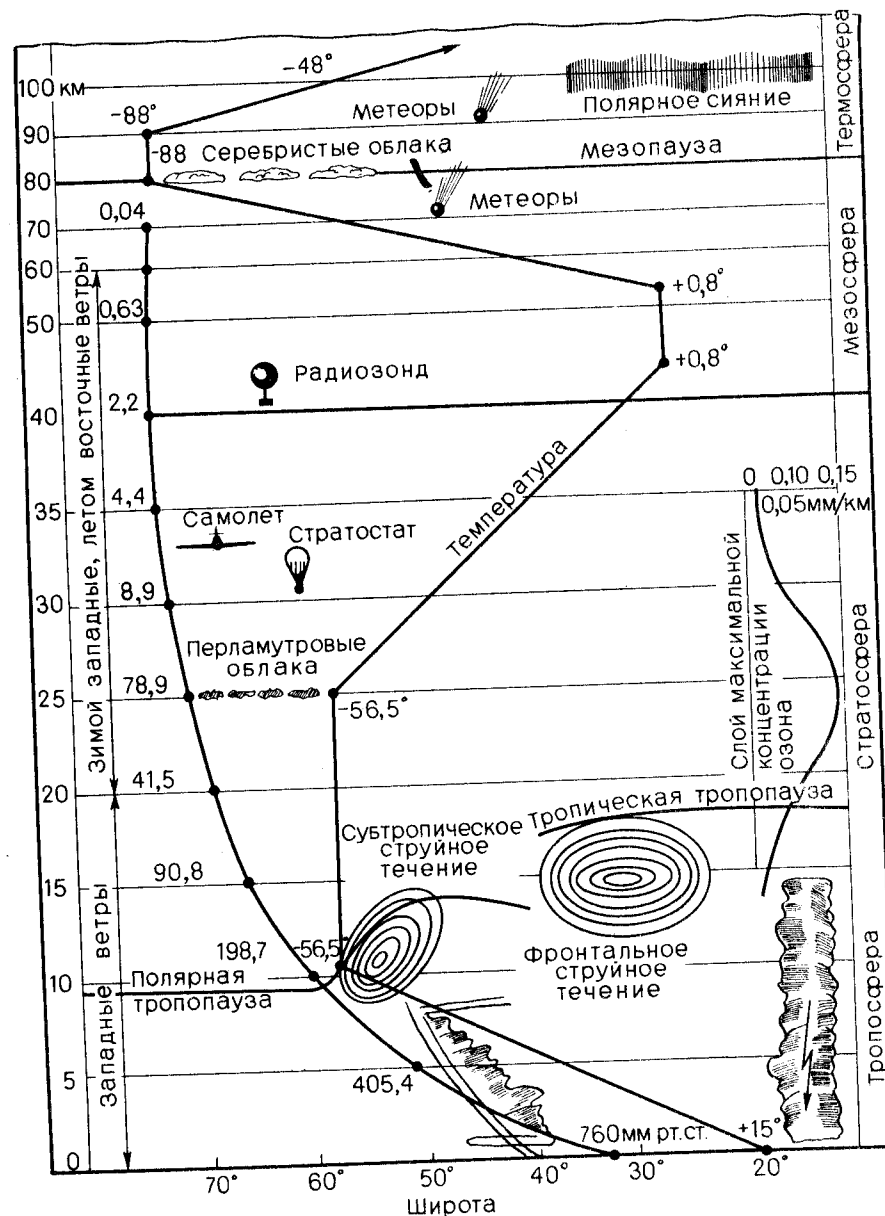


Рис. 38. Строение атмосферы: изменение метеорологических параметров с высотой

дота, от неполноты метеорологической информации, ошибок в прогнозе погоды или небрежности, допущенной при оценке метеорообстановки как руководителем полета, так и самим пилотом. Наблюдение за погодой, обработка и систематизация метеоданных возложена у нас в стране на гидрометеорологическую службу. Она дает информацию о погоде и происходящих процессах, составляет краткосрочные и долгосрочные прогнозы и дает штормовые предупреждения. Сведения о погоде и прогнозы рассылаются в виде бюллетеней и передаются по радио. Метеорологические центры, станции и бюро расположены по всей территории нашей страны. Кроме того, в каждом аэропорту имеется авиаметеорологическая станция. Клуб дельтапланеризма может и должен получать информацию из этих центров.

Знание метеорологии и особенностей погоды в районе дельтадрома позволит правильно выбрать время проведения соревнований и тренировок, а в полете грамотно рассчитать курс.

Атмосферное давление было открыто Торичелли в 1643 году. За нормальное атмосферное давление принято давление водяного столба высотой 10 м, что равно 760 мм рт. ст., или в современных единицах измерения 1013,2 гПа. (Паскаль — это давление силой в 1 ньютон на 1 м².)

Атмосферное давление, отнесенное к уровню моря, не является постоянным для каждой точки земного шара. Колебания

его могут происходить в широких пределах. Так, например, в Москве (высота 156 м над уровнем моря) за последние 20 лет отмечено самое высокое давление 1037 гПа, а самое низкое 944 гПа.

В среднем атмосферное давление имеет ясно выраженный суточный ход с двумя максимумами (в 10 и 22 ч) и двумя минимумами (в 4 и 15 ч). При этом суточный ход особенно резко проявляется в южных широтах, где его амплитуда достигает 3—4 гПа (рис. 39).

Атмосферное давление уменьшается с высотой. На этом принципе построены анероидные высотомеры, устанавливаемые на самолетах и планерах и используемые парашютистами и дельтапланеристами. Это явление — уменьшение давления с высотой — нужно учитывать при высотных полетах, где из-за разреженности атмосферы как полетная, так и стартовая скорости значительно превышают обычную. Например, при полете с пика Ленина (7134 м) скорость должна быть в 1,6 раза больше, чем при полете в нормальных условиях.

Изменение атмосферного давления, то есть медленное или быстрое падение или подъем, — один из основных признаков изменения погоды.

Температура воздуха при ясной установившейся погоде имеет четко выраженный суточный ход с максимумом в 14—15 ч, на 1—2 ч позже, чем на поверхности почвы, и минимумом перед восходом солнца. В летнее время к полудню за счет прогрева приземного слоя

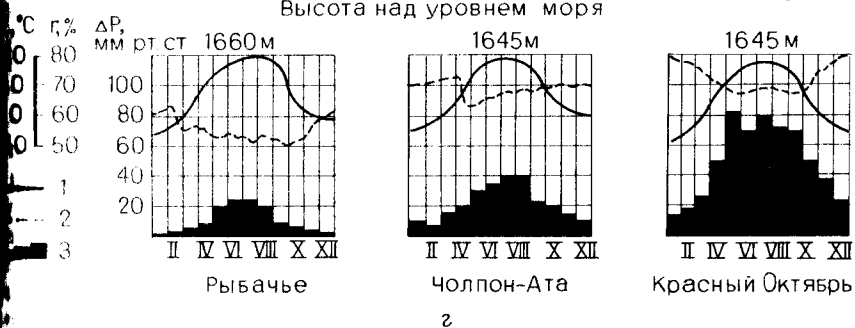
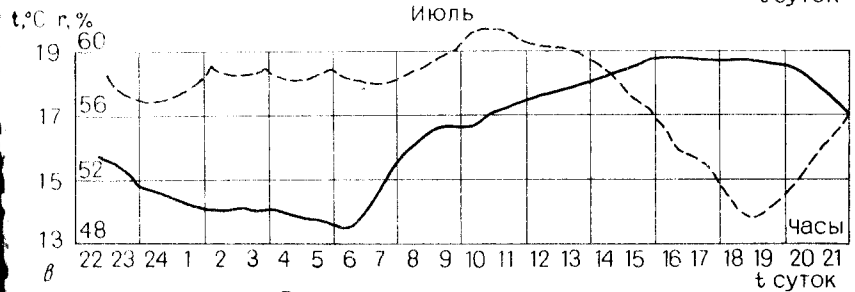
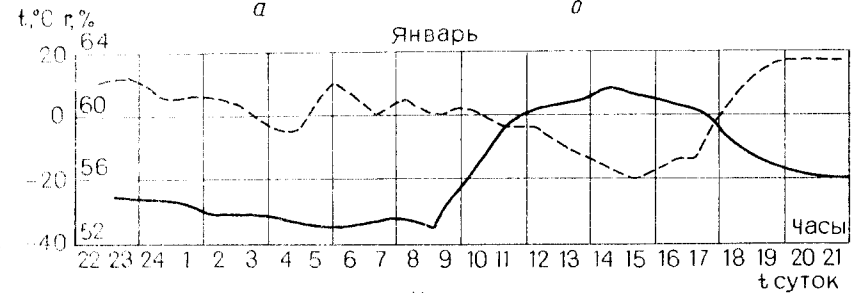
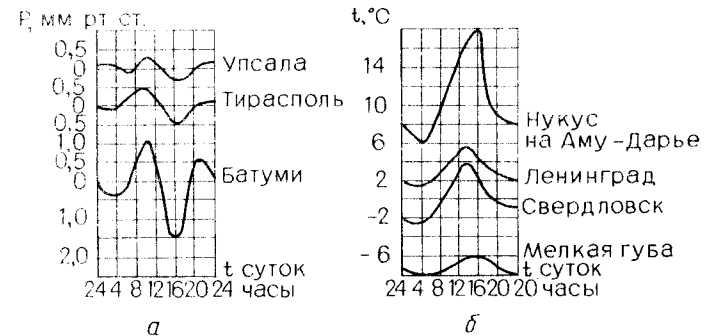


Рис. 39. Примеры изменения метеорологических параметров за различные периоды времени и высоты:

а — суточный ход давления на разных широтах; б — суточный ход температуры на разных широтах; з — годовой ход температуры (1) и влажности (2) по месяцам в Тамге (Киргизская ССР, озеро Иссык-Куль); 3 — годовой ход температуры (1), влажности (2) и перепада давления (3) на высоте 1600 м по месяцам.

воздуха начинают формироваться восходящие термические потоки — объект «охоты» опытных дельтапланеристов. Распознавать их позволяют зарождающиеся кучевые облака или полеты самых сведущих парителей — птиц.

Диапазон температур на просторах нашей страны весьма широк. Пилот из Заполярья А. Сочнев рассказывает, что его не останавливают самые лютые морозы. Он и его товарищи летают даже при минус 50 °С. Домик на горе, где всегда есть горячий чай, позволяет им отогреваться между полетами. Но можно замерзнуть и летом. Дело в том, что теплоотдача тела на ветру значительно возрастает. И даже в теплую погоду, если пилот одет так же, как те, кто наблюдает его полет с земли, набегающий поток воздуха будет пронизывать его до костей. Так, москвич А. Кареткин, совершив в июне 1978 года в Крыму свой рекордный по продолжительности полет (4 ч 13 мин), сетовал потом, что был одет по-летнему.

Влажность воздуха характеризуется содержанием в нем водяных паров. Количество влаги в воздухе колеблется от 1 до 4%. Но важно не абсолютное содержание, а относительная влажность. Чаще она выражается в процентах от содержания насыщенного пара, при котором начинает выпадать роса. Другой характеристикой влажности является точка росы, то есть температура, при достижении которой происходит конденсация влаги в виде тумана или облака. Влажность воз-

духа может существенно повлиять на дельтаплан. Отмечен случай, когда изменение линейных размеров купола дельтаплана, выполненного из гигроскопической ткани типа АЗТ за сутки достигло 100 мм. При этом настолько изменилась балансировка крыла, что летать на нем уже практически было нельзя. Это наблюдалось в летнее время в Крыму, когда суточные колебания влажности были весьма высокими.

Видимость характеризуется максимальным расстоянием, на котором человек с нормальным зрением при дневном освещении различает предметы. Различается плохая видимость — не превышающая 3 км, средняя — от 3 до 10 км и хорошая — свыше 10 км. На дальность видимости влияют атмосферные условия. Туман, сухая мгла, дымка, дождь, снегопад могут значительно ее понизить. И наоборот, в условиях исключительной прозрачности воздуха высокие горы и холмы можно обнаружить днем на очень большом расстоянии; при этом создается иллюзия сравнительно не большой дистанции до них. Для четкой видимости предметов имеет значение их форма и окраска, цвет фона. Хорошо видны отдельные белые здания на фоне темного леса. Пилоту, готовящемуся к высотным полетам, необходимо заранее наметить четкие различимые ориентиры, по которым он будет сверять свой маршрут.

Видимость ухудшается в утренние и вечерние сумерки, продолжительность которых зависит от времени года и широты

Наиболее короткие сумерки у экватора — 20 мин, на широте 45° (Черное море) — 30—45 мин. В Ленинграде (60°) сумерки летом продолжаются более часа, а во второй половине июня — всю ночь, превращаясь в так называемые белые ночи.

Облачность определяется количеством облаков, покрывающих небесный свод. Она оценивается на глаз по десятибалльной шкале: совершенно безоблачное небо — 0 баллов, небо сплошь закрыто облаками — 10 баллов. По количеству, высоте и виду облаков можно судить об ожидаемой погоде. Так, появление легких перистых облаков, имеющих вид коготков, сопровождающееся медленным падением давления, свидетельствует обычно о приближении циклона.

В зависимости от формы, размеров и расположения облака классифицируются на следующие основные типы: слоистые, кучевые и волнистые.

По высоте облака разделяются на три яруса: верхний (выше 6000 м), средний (2000—6000 м) и нижний, в котором облака полностью или своим основанием располагаются ниже 2000 м от земной поверхности.

Облака верхнего яруса: перистые — самые высокие, имеют вид отдельных белых перьев, перисто-слоистые — тонкая белая пелена, трудно различимая простым глазом, и перисто-кучевые — группы или ряды белых комочков.

Облака среднего яруса: высокослоистые облака — пелена

светло-серого цвета, сквозь которую может быть видно солнце в виде размытого пятна, и высококучевые — параллельные облака в виде валов или плит со сторонами, обращенными к солнцу, иногда окрашенными в желтый или розовый цвет.

Облака нижнего яруса: слоисто-кучевые — слои крупных валов или шаровидных образований серого цвета с отдельными уплотнениями, слоисто-дождевые — плотный однообразный слой темно-серого цвета (дают обложные дожди), слоистые — однообразный слой светло-серого цвета, под действием ветра разделяются на отдельные клочки с рваными краями (летом могут давать моросящие осадки).

К особой группе относятся облака вертикального развития — кучевые, представляющие собой отдельные плотные образования с плоскими основаниями и округлыми вершинами. Их называют облаками хорошей погоды. Осадков такие облака не дают.

Другая форма облаков вертикального развития — кучево-дождевые, грозовые, ливневые, имеющие вид гор или башен с вершинами, лежащими на уровне перистых облаков. Они дают ливневые дожди, иногда сопровождающиеся грозами и шквалами.

Ветер — это горизонтальное перемещение воздуха из областей высокого давления в область низкого давления. Почему возникает ветер? В глобальном масштабе можно объяснить его появление следующей картиной. Сильно нагретый солн-

цем воздух над экватором поднимается вверх. В основании поднимающихся столбов воздуха образуются области пониженного давления. Более холодный воздух, расположенный по обе стороны от экватора, устремляется в область низких экваториальных давлений. Прогреваясь, он в свою очередь поднимается вверх и на больших высотах перемещается в направлении полюсов. Охлаждаясь, он вновь возвращается к экватору и перемещается над поверхностью Земли в бесконечном процессе. Вращение Земли меняет первоначальное направление перемещения воздушных масс. В северном полушарии потоки воздуха, направляющиеся от полюса к экватору, отклоняются к востоку, в южном — к западу (по принципу Кориолиса). А движущиеся на большой высоте массы теплого воздуха, достигнув 30-й параллели, в северном полушарии создают центр высоких давлений. Воздух, уходящий из этих районов в южном направлении, отклоняется к западу: он рождает пассаты. Если воздух движется к северу, он отклоняется к востоку, рождая сильные западные ветры.

Горизонтальные и вертикальные перемещения воздуха, рассмотренные в глобальном масштабе, присущи также и местным условиям и являются областью изучения локальной метеорологии, или микрометеорологии. Дельтапланеристов больше волнуют именно не глобальные, а местные условия, в том числе и конвективные воздушные потоки.

Открытые земные поверхности или грунты, такие, как пашня, каменистые или песчаные почвы, нагреваются значительно быстрее, чем зоны, покрытые растительностью или водой. Воздух, нагреваясь от подстилающей поверхности, образует мощные восходящие потоки. Это явление — одна из причин образования кучевых облаков. Поднимающийся столб теплого воздуха охлаждается с высотой. И когда его температура достигает величины, при которой происходит конденсация содержащихся в воздухе водяных паров, начинается формирование облака. Внутри облака вертикальные скорости возрастают. По краям облака создается нисходящий поток.

Дельтапланеристы уже освоили полеты в восходящих потоках под облаками. Но при этом надо учитывать, что вертикальная скорость в потоке резко возрастает по мере приближения к облаку. Отмечены случаи, когда облако так сильно «подсасывало» пилота, что только после долгой и трудной борьбы он получал возможность от него удалиться. Пилот при приближении к кучевому облаку должен пройти сначала нисходящий поток, затем восходящий и вновь нисходящий (рис. 40, а, б, в). Граница между этими потоками бывает выражена довольно резко. Не всякий восходящий поток приводит к образованию облака. Если воздух слишком сухой, то облако не появляется. И отыскивать эти потоки следует уже по другим признакам.

Существует особая форма восходящих потоков — тепловые пузыри. Ветер, даже если он слабый, разбивает каждый недостаточно питаемый восходящий столб. Образуются изолированные объемы или тепловые пузыри нагретого воздуха. Отрываясь от земли, они поднимаются до тех пор, пока их температура не сравняется с температурой окружающего воздуха. Тепловые пузыри, если они больших размеров, могут быть использованы дельтапланеристом для выигрыша высоты. Но они практически

бесполезны, если дробятся, и возникает так называемое беспорядочное кипение (рис. 40, з). При прямолинейном планировании поблизости от термического потока ощущаются отдельные толчки и броски. Если дельтаплан входит в термический поток в направлении его центра, то его нос опускается, а шум крыла стихает: аппарат в это время пересекает нисходящую зону потока, расположенную по периферии термического столба. После просадки, длящейся несколько секунд, нос аппарата резко поднимается, и дельта-

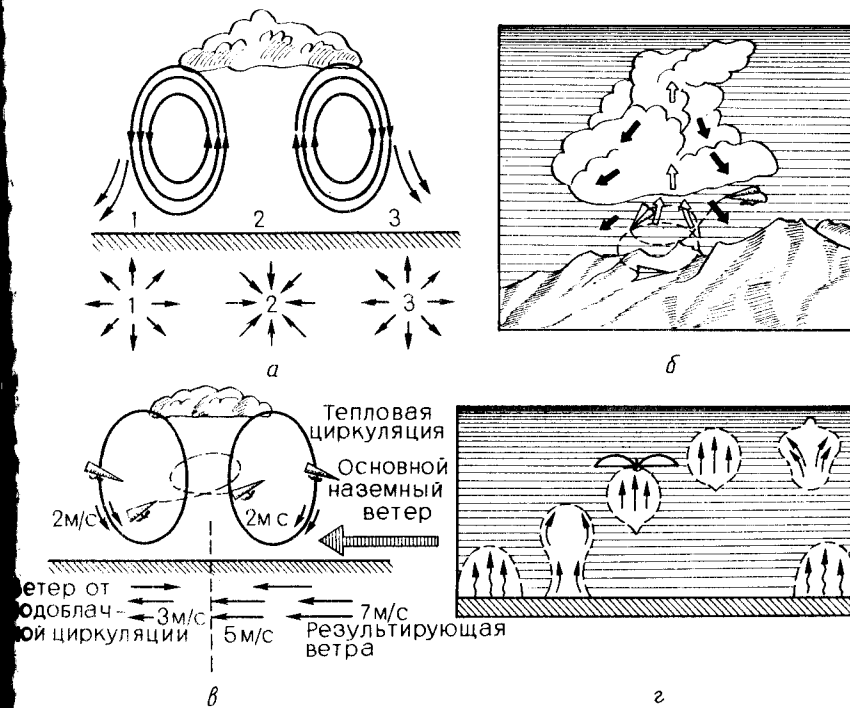


Рис. 40. Полеты в термических потоках:

- а — образование восходящих и нисходящих потоков (1, 2, 3 — направления движения воздуха у земли);
- б — полет под кучевым облаком; в — полет под кучевым облаком с боковым ветром; з — полет в тепловом пузыре

планерист по увеличению действующей на него нагрузки ощущает возрастающую скороподъемность аппарата. Если полет продолжается по прямой, то вертикальное ускорение прекращается и дельтапланерист больше не ощущает дополнительных нагрузок. Если полет проходил на небольшой высоте, то можно наблюдать, как уплывает вниз земля. Это видно с высоты в 200—300 м, когда скороподъемность свыше 3 м/с. При попадании в термический поток дельтапланерист чувствует, как его лицо, руки, тело омываются теплым воздухом, температура которого на 4—5° выше окружающего, но через несколько секунд это ощущение, став привычным, пропадает. При длительном подъеме дельтапланерист не воспринимает скорость подъема. При этом необходимо пользоваться вариометром.

Продолжительно набирать высоту, совершая лишь прямолинейный полет, невозможно. Через 100—200 м полета опять начинается просадка, толчки и болтанка — дельтаплан покидает термический поток.

Явления, происходящие при входе в различные термические потоки и при выходе из них, в значительной степени отличаются друг от друга. Иногда вход в зону восходящего потока почти неощутим для дельтапланериста, и он с радостным удивлением обнаруживает подъем по показаниям вариометра. Но случается так, что на границе термического потока встречается такая сильная турбулентность, что приходится прила-

гать максимум усилий, чтобы восстановить полетный режим ставшего вдруг неуправляемым аппарата. Толчки и броски могут продолжаться и внутри термического потока — это так называемый трясучий поток. Но сила тряски чрезвычайно редко превышает тот уровень, при котором теряется управление аппаратом.

Спокойный термический поток встречается довольно редко его можно обнаружить во второй половине дня летом в штилевую погоду.

Представим себе, что дельтаплан со скоростью 10 м/с пересекает термический поток по диаметральному направлению. Обычный термический поток имеет диаметр примерно 300 м, значит, дельтаплан пролетит его за 30 с (узкий — за 10—20 с, а плоский — приблизительно за 1 мин). За один пролет через термический поток можно выиграть высоту, равную 30—40 м, но для продолжительного подъема необходимо выполнять спирали.

Первые спирали служат для поиска зоны наибольшей скорости подъема. При этом необходимо учитывать по крайней мере два момента. Первый: чем меньше радиус выполняемых спиралей, тем вероятнее приближение к наиболее мощной части восходящего термического потока — его ядру. И второй: чем меньше скорость снижения при выполнении виражей, тем большая часть вертикальной скорости восходящего потока расходуется на подъем аппарата. Следовательно, выполняя спирали, не-

обходимо лететь со скоростью, минимально допустимой для снижения дельтаплана независимо от его крена. Однако эта скорость лишь едва превышает скорость сваливания, поэтому в трясучих термических потоках вблизи других дельтапланов или склона целесообразно летать со скоростью, несколько большей скорости минимального снижения.

На практике вместо величины крена или радиуса виража измеряют время, необходимое для выполнения одной спирали. Из сопоставления диаметров термических потоков и спиралей дельтаплана при различных углах крена становится ясным, что даже при крене 10° дельтаплан может оставаться в ядре узкого восходящего потока; выполнять еще более пологие спирали трудно, так как даже небольшие колебания угла крена сильно искажают траекторию. Этот крен увеличивает скорость снижения на 3%, но даже ее увеличение на 10%, получаемое при крене в 20°, практически ощутить трудно. Это значит, что для парящих полетов в термических потоках необходимо отрабатывать четкое выполнение пологих виражей большого диаметра. Оптимальные спирали выполняют за 20—30 с.

До последнего времени термические потоки в дельтапланизме классифицировали так же, как в классическом планизме. Термический поток диаметром до 150 м считается узким, так как планеру необходимо задавать крен 45°, чтобы обработать этот поток, но при

этом скорость снижения резко возрастает. С таким креном дельтаплан может совершить спираль с радиусом в 5 раз меньшим радиуса спирали планера, поэтому пилоту мембранного крыла важно знать более тонкую структуру термического потока. На рис. 41 показана структура термического потока, имеющего более одного ядра и неравномерное поле восходящего потока. У пилота-дельтапланериста в таком случае имеется возможность выбора. Может оказаться выгодным выполнять пологие спирали продолжительностью 30 с, сохраняя при этом стабильную среднюю скорость подъема и трижды пересекая за это время зону восходящего потока. С другой стороны, можно попытаться удержать аппарат в зоне самого сильного подъема, совершая полет по спирали малого радиуса за 10 с.

Ядро внутри термического потока «живет» — оно перемещается, исчезает, вновь образуется, поэтому пилот, совершающий спирали по большому радиусу, обычно оказывается в наиболее выгодном положении. После входа в восходящий термический поток следует продолжить прямолинейный полет в течение 5—10 с, а затем начать выполнение спирали. Если в прямолинейном полете аппарат начинает испытывать крен, то спираль следует «закручивать» в сторону, противоположную этому крену. В этот миг смотреть на прибор бесполезно, ощущения человека дают самую оперативную и объективную информацию. Дель-

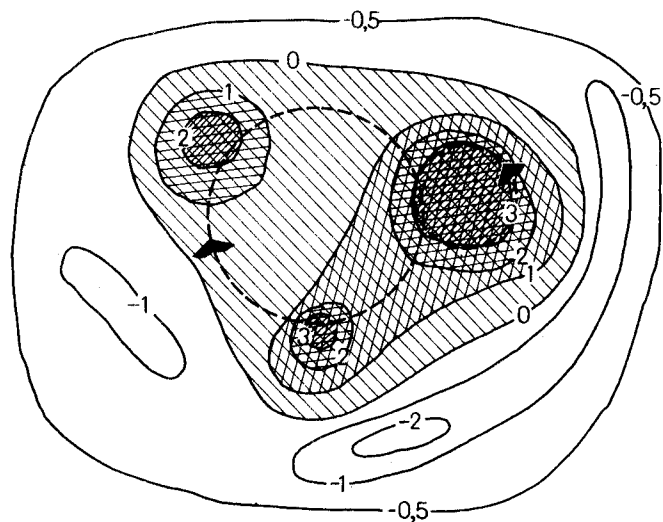


Рис. 41. Варианты выполнения спиралей в термическом потоке, имеющем более одного ядра (цифрами указаны скорости термических потоков, м/с)

тапланерист должен перемещаться в ту сторону, откуда растет перегрузка. Если кренящий момент столь велик, что не удастся быстро развернуть аппарат в нужную сторону, то лучше покинуть зону подъема.

По ориентирам на местности или по сторонам горизонта необходимо запомнить направление, при котором был ощутим самый интенсивный подъем. Когда дельтаплан отклонится от этого направления на 270° , следует прекратить разворот и расширить зону поиска, направляя нос дельтаплана в сторону максимального подъема. После 5—10 с полета по прямой надо начинать делать разворот, совпадающий по направлению с

предыдущим. Если в траектории спирали не отмечается изменения подъемной силы, то аппарат, вероятно, находится в центре восходящего потока и в дальнейшем изменять радиус спирали нужно лишь тогда, когда появится ощущение изменения подъемной силы.

Основное правило при выполнении этих маневров: при входе в восходящий поток увеличивать, а при выходе из него уменьшать радиус виража.

Эффективным, но требующим большого опыта маневром нахождения ядра термического потока является маневр с изменением направления разворота в противоположную сторону, чем в динамических*.

* Термическими потоками называются восходящие и нисходящие потоки воздуха, образующиеся в приземных слоях атмосферы за счет эффекта подогрева или охлаждения воздуха от подстилающей поверхности Земли.

Динамическими потоками называются вертикальные потоки, которые образуются за счет движения воздушных масс (ветра) при встрече их с какими-либо препятствиями, находящимися на поверхности Земли.

Полеты в термических потоках требуют значительно большего опыта. Тот, кто летает со слишком большой скоростью, не доводя ее до скорости минимального снижения, не сможет успешно набирать высоту как в динамических потоках над склоном, так и в термических потоках. В обоих случаях, выполняя парящие полеты, не следует активно пользоваться рукояткой управления. Если пилот часто кренит аппарат то в одну, то в другую сторону или все время берет и отдает рукоятку управления — «накачивает» высоту, то он не только увеличивает скорость снижения, но и лишает себя возможности ощущать скороподъемность из-за непрерывных изменений крена и угла атаки. В качестве тренировки перед парящими полетами в термических потоках полезно поупражняться сначала на бумаге, прорисовывая карандашом возможные ситуации при расширении и сужении спиралей.

Начинающему дельтапланеристу при первых полетах в термических потоках предстоит встреча с рядом неприятных обстоятельств. Болтанка, встречающая аппарат на границе и в самом потоке, не означает, что восходящий поток нельзя использовать. При входе в термический поток необходимо сосредоточиться на выполнении непрерывных спиралей с постоянным радиусом и креном. Радиус можно увеличивать лишь после выполнения двух-трех витков спирали, когда с большой уверенностью определено место максимального подъема.

Если подъем длится только 3—4 с, то это означает, что термический поток слишком узок, и только дельтапланерист с большим опытом парящих полетов сможет его обработать. Дельтапланерист, осваивающий парящий полет, должен стараться, чтобы подъем проходил со средней скоростью. Лучше выполнять пологие простые спирали (20 с) и не затрачивать усилий на кратковременные подъемы продолжительностью 1—2 с. После приобретения соответствующего опыта дельтапланерист может переходить к выполнению спиралей малого радиуса и применять маневр изменения направления разворота в противоположную сторону.

Дельтапланериста, привыкшего летать в спокойной обстановке, может напугать необычная сила болтанки в термических потоках. От волнения он судорожно цепляется за рукоятку управления и, боясь очередного толчка, теряет способность сохранить подъем. Его опасения могут быть оправданы, если происходит многократная потеря несущей способности крыла, что говорит о турбулентности опасной степени. Такие зоны надо покидать. Но чаще сильная болтанка свидетельствует о границе термического потока или приближении к ней. Ядро термического потока, как правило, спокойное. Чем лучше дельтапланерист использует восходящий поток и чем большую он набирает высоту, тем в лучших условиях обычно оказывается.

При слабой термической ак-

тивности на малых высотах, обеспечивающих хотя бы нулевую скорость снижения, надо проявлять терпение и крутить спирали с радиусом 10—20 м, пока начнется небольшой, почти незаметный подъем, и лишь со временем и высотой он переходит в более сильный.

При маршрутных полетах на переходах между термическими потоками главное правило состоит в том, что в нисходящей зоне при встречном ветре скорость должна быть выше оптимальной, а при попутном ветре в восходящей зоне надо выдерживать скорость меньше скорости максимального качества.

Так называемые бризы также имеют важное значение для дельтапланериста. Они образуются на побережье и в горных районах. Морские береговые бризы образуются в результате разной степени нагрева моря и суши. Днем суша нагревается сильнее, чем море, а ночью ее температура опускается ниже морской. Эти разности температур создают перепад давлений воздушных масс над морем и побережьем. Днем континент становится областью низких давлений, и бриз начинает дуть с моря на берег. Ночью наблюдается обратное явление, вызывающее появление берегового бриза. Сила этих ветров может достигать 10 м/с.

Горные бризы являются результатом того, что днем воздух, расположенный вблизи горных склонов, прогревается сильнее, чем воздух, находящийся дальше от поверхности. Теплый воздух поднимается вдоль склонов, создавая разре-

жение на дне долины. Массы холодного воздуха из центра долины устремляются в зону разрежения. Образуется горный восходящий бриз. Ночью наблюдается противоположное явление. Воздух над горой охлаждается быстрее, чем центральный столб воздуха. Холодный воздух устремляется вниз по склонам, в то время как столб теплого воздуха поднимается вверх. Образуется бриз, нисходящий вдоль склона, или горный нисходящий бриз.

Влияние рельефа на направление ветра довольно велико. Различные естественные и искусственные препятствия на пути движущегося воздуха в зависимости от своих размеров и форм по-разному изменяют скорость и направление движения воздушного потока. Горный хребет, как и обрывистый берег, образует стену перед потоком воздуха, которому ничего не остается, как подняться и перевалить через эту стену. Но теплый и холодный воздух проявляет себя неодинаково перед этим препятствием. Холодный воздух значительно менее подвижен, чем теплый. Подойдя к препятствию, он сначала скапливается у подножия возвышенности, а затем уже начинает медленно переваливать через него. Масса теплого воздуха начинает подниматься сразу же, подойдя к препятствию, и тем быстрее, чем выше была ее первоначальная скорость.

Когда воздушная масса достигнет вершины, она располагается над крутым склоном, по которому должна спускаться. Если воздух холодный, он

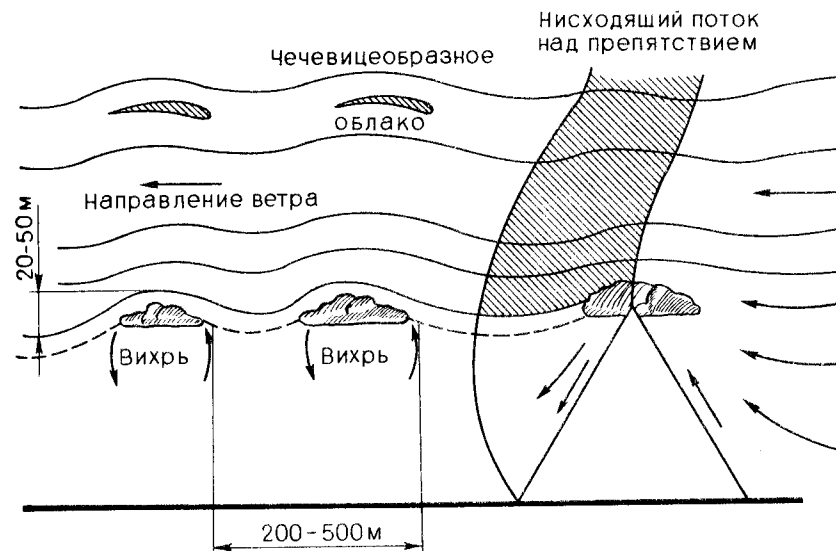


Рис. 42. Стационарные волны

начинает спускаться, не создавая беспорядочных перемещений вдоль склона, образуя то, что называют «воздушной ямой». Если же воздух теплый, с подветренной стороны склона образуются завихрения. Они тем сильнее, чем круче склон и чем выше скорость ветра.

Стационарные волны — это вид превращения горизонтального движения воздуха в волнообразное. Они могут возникать при встрече движущихся с большой скоростью воздушных масс с горными хребтами и хребтами. При перетекании хребта скорость потока возрастает, а давление в нем падает. Поэтому верхние слои потока несколько снижаются и нагреваются. Минувая вершину, поток снижает свою скорость, давление в нем увеличивается и часть воздуха

устремляется вверх. Такой колебательный импульс и вызывает волнообразное движение потока за хребтом или кряжем, которое постепенно затухает.

Поднимающаяся часть волны может быть использована дельтапланеристами для набора высоты. Эти волны распространяются на большие высоты, выходя даже за границу стратосферы. При этом вертикальная скорость волны может достигать десятков метров в секунду. Признаком стационарных волн является появление чечевицеобразных облаков, образующихся в вершинах волн. Нижняя кромка таких облаков располагается на высоте не менее 3 км, а вертикальное развитие их достигает 2—5 км (рис. 42).

Стационарные волны могут

появляться и над равнинной местностью. В этих случаях причиной их образования служит холодный фронт или кольцеобразные завихрения (роторы), возникающие при различных скоростях движения двух соседствующих слоев воздуха.

На пути ветра может встретиться отдельно стоящее возвышение — пригорок, холм или пик горы. Температура воздуха здесь играет еще большую роль. Холодный воздух, кинетическая энергия которого мала, стремится остаться у земли. Он разделяется на два потока и обтекает холм с двух сторон. Теплый воздух делится на три части: две обтекают, а третья проходит над холмом. С наветренной стороны холма существует зона повышенного давления. Взаимодействуя с ней,

верхние слои потока получают приращение вертикальной составляющей скорости — это и на восходящих потоках. На вершинной поток разгоняется, проходя подветренную сторону, уменьшает скорость. Роторы могут образовываться как перед холмом, так и за ним. Силы их будут определяться скоростью ветра.

В случае обтекания скалистого горного пика при любой скорости ветра за ним будет образовываться зона завихрений (рис. 43).

В случае обтекания склона косым потоком воздуха (если он набегаёт на склон под углом менее 60°) ширина восходящего потока резко сужается. При парении в таком потоке пилотирование дельтаплана усложняется, так как происхо-

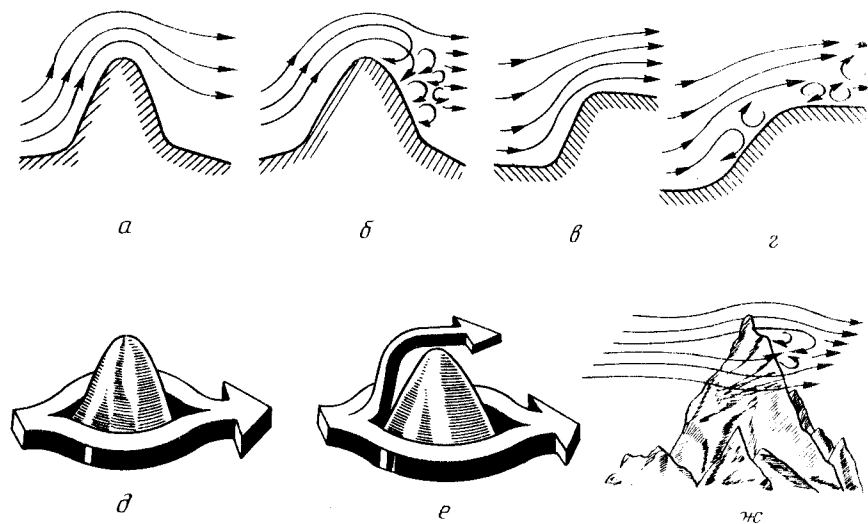


Рис. 43. Преодоление воздухом препятствий:

а — обтекание гряды холодным воздухом; б — обтекание гряды теплым воздухом; в — натекание на склон холодного воздуха; г — натекание на склон теплого воздуха; д — обтекание холма холодным воздухом; е — обтекание холма теплым воздухом; ж — образование завихрений за скалой

дит несимметричное обтекание крыла с образованием локальных завихрений за ним.

На порядок движения воздушных масс влияют и малые препятствия. Ламинарность потока нарушается над пересеченной местностью. В этом случае образуется слой завихрений у поверхности земли. Но верхние слои воздуха продолжают равномерно перемещаться над этой «подушкой» завихрений.

Мощная зона завихрений возникает за сплошным рядом деревьев. А на опушке леса может возникнуть восходящий поток.

Различные постройки и здания также служат причиной завихрений, очень сложных и беспорядочных, особенно если скорость ветра значительна.

В общем случае для препятствий различных масштабов можно отметить, что воздушный поток возмущается до высот, в три-четыре раза превосходящих высоту самого препятствия.

Турбулентность представляет особую опасность для полетов на дельтапланах. К сожалению, нельзя с высокой точностью предсказать наличие и интенсивность турбулентности, но знание основных закономерностей в соединении с практическим опытом будут необходимым залогом безопасности полетов.

Если определить турбулентность как хаотическое вращение воздуха, то для того, кто наблюдает Землю с Луны, вся земная атмосфера будет казаться охваченной вихревым дви-

жением. На фотографиях, сделанных со спутников, отчетливо виден вихревой характер циклонов. Для обитателей Земли эти движения воздуха будут просто ветром, продолжающимся часами и сутками, возможным, слегка меняющимся по направлению и силе. Вихревого характера этого ветра мы не замечаем и потому не относим его к турбулентности. Нас интересуют только те вихри, которые соизмеримы с дельтапланом. Такие вихри воспринимаются аппаратом как удары, повторяющиеся с определенной частотой. Попадание дельтаплана в вихри размером от нескольких десятков до сотен метров будет обнаруживаться по неожиданным подъемам и провалам аппарата.

Интенсивность вихрей, характеризующая скорость их вращения, изменяется вместе с их размерами: с уменьшением диаметра вихря его интенсивность увеличивается. Это объясняется тем, что перенос энергии по цепочке от больших вихрей к малым совершается с сохранением момента количества движения, то есть большая вращающаяся масса распадается на несколько меньших, вращающихся с большей скоростью, так что суммарный момент количества движения остается неизменным.

В образовании турбулентности, действующей на дельтаплан, можно выделить три причины.

Первая причина — это так называемые механические препятствия, мешающие плавному течению воздуха, — горы, воз-

вышенности, искусственные сооружения и т. п. Размеры и интенсивность образующихся при этом вихрей зависят от скорости потока, плотности воздуха и формы препятствий. Последний фактор является самым главным, определяющим характер обтекания. Турбулентность, возникающая при столкновении воздушного потока с препятствиями, ограничена некоторым слоем, который принято называть слоем трения или земным пограничным слоем.

При слабом ветре эта турбулентность либо незначительна, либо ее нет вовсе. При ветре свыше 10 м/с турбулентные вихри становятся интенсивными и сносятся по потоку, прежде чем разрушиться. Вдали от земной поверхности турбулентность можно считать изотропной, то есть скорость вихрей не зависит от направления. С приближением к поверхности вертикальная составляющая скорости уменьшается по сравнению с горизонтальной. А это означает, что у земли порывы ветра будут создавать скорее возмущения по курсу, чем по тангажу и крену.

Возмущения по курсу — это возникновение возмущающего момента, действующего на аппарат в полете вокруг вертикальной оси (оси y) и приводящего к изменению направления полета в горизонтальной плоскости.

Возмущения по тангажу — это возникновение возмущающего момента, действующего на аппарат в полете вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной к направлению движе-

ния (оси z), и приводящего к изменению угла атаки.

Возмущение по крену — это возникновение возмущающего момента, действующего на аппарат в полете вокруг горизонтальной оси, совпадающей с направлением движения (оси x), и приводящего к образованию или изменению угла крена, что вызывает скольжение на крыло.

Причиной турбулентности служит также статическая неустойчивость воздуха, проявляющаяся в вертикальном движении воздушных масс, получивших первоначальный импульс, как, например, в случае термических потоков. Взаимодействие подвижных и неподвижных масс воздуха нарушает плавное течение потока. Турбулентность, связанная с термическими потоками, обычно существует в нижнем слое атмосферы до высот 600—1300 м, но может достигать и высот в несколько километров, особенно в мощных кучево-дождевых облаках.

Третьим источником турбулентности является «сдвиг» ветра. Когда два слоя воздуха движутся с разными по величине и направлению скоростями, то промежуточный слой оказывается под действием противоположно направленных сил трения. Происходит турбулизация воздуха в этом слое. Наиболее очевидным местом для существования сдвиговой турбулентности является теплый или холодный фронт.

Тип и интенсивность турбулентности зависят от времени дня. Термическая турбулент-

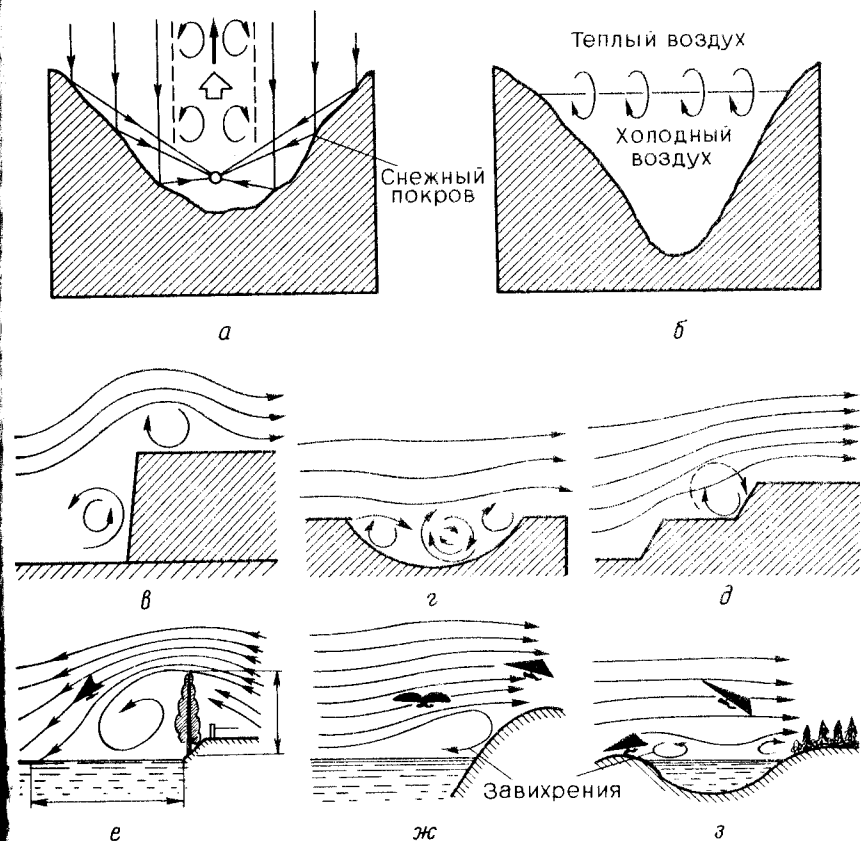


Рис. 44. Образование турбулентности:

а — эффект печи (параболический эффект) — вертикальные вихри; б — горизонтальные вихри по границе слоев воздуха; в — вихри у обрыва; г — вихри в ложбине (характерно для Крылатского); д — вихри на ступенчатом склоне (Петровские горки); е — за деревьями у береговой черты; ж — у обрывистого берега; з — у берега реки

ность имеет суточный ход и наиболее сильна в полдень, когда нагрев максимален (рис. 44).

Хорошо известно, что ветер достигает наибольшей силы после полудня. А это означает, что и механическая турбулентность также имеет суточный ход. Иной раз это заставляет пилотов долгие часы проводить на склоне в бездействии, в ожидании, пока ветер не снизится

до безопасного уровня. Но закатные часы награждали их прекрасным полетом в идеально ровном потоке, которым внезапно завершался ветренный день.

Полеты в условиях турбулентности требуют особой осторожности. Перед взлетом пилот должен произвести оценку района полетов, определить возможные источники турбулент-

ности и зоны их действия. Если анемометр показывает изменение скорости ветра более 2,5 м/с за 2 с, то это свидетельствует об опасной для полета интенсивности турбулентности. Надо учитывать, что за большими холмами и гребнями турбулентность простирается на значительное расстояние, и следует избегать попадания в нее.

Степень опасности полетов в условиях турбулентности зависит от того, какую перегрузку при этом испытывает аппарат. Она определяется средней скоростью ветра, удельной нагрузкой на крыло и полетной скоростью. Чем меньше нагрузка, тем легче аппарат увлекается порывом. Так как сила пропорциональна ускорению потока относительно аппарата, то крыло на больших скоростях подвергается и большому перегрузкам от порывов. Поэтому летать на повышенных скоростях в турбулентности опасно. Однако следует также относиться с осторожностью к полетам на слишком малых скоростях.

Аппарат, летящий на околозвуковом режиме, под действием порыва может свалиться на крыло.

Порывы, вызывающие приращение перегрузки на единицу, также опасны. Продолжительное действие турбулентности такой интенсивности чревато потерей контроля над положением в пространстве, так как при бросках вниз с ускорением, равным земному, наступает потеря веса. Резкие броски вверх создают добавочную перегрузку, которая может быть опасной для аппарата.

Различают три вида турбулентности, которая приводит к болтанке:

в зонах мощно-кучевых, кучевых, кучево-дождевых и перистых облаков;

турбулентность в ясном небе (ТЯН);

турбулентность над горными районами и хребтами.

В прил. 2 приводится шкала оценки интенсивности болтанки.

Скорость ветра выражается в м/с, км/ч или в условных единицах — баллах. Для глазомерной оценки скорости пользуются шкалой, введенной в 1861 году английским адмиралом Бофортом. Позднее было определено соотношение между баллами Бофорта и скоростью ветра, определяемой с помощью приборов. В настоящее время шкала Бофорта официально принята в нашей стране для оценки скорости ветра.

Направление ветра выражается в румбах или градусах, причем отсчеты начинаются с севера (0°) по часовой стрелке через восток (90°), юг (180°) и запад (270°). В метеорологии принято обозначать направление ветра стороной горизонта, откуда он дует. В авиации, наоборот, направление обозначают стороной света, куда спускается летательный аппарат. Такое направление ветра в авиации называется навигационным ветром. Если в метеорологии ветер будет юго-западный, то в авиации он считается северовосточным.

Как известно, ветер не сохраняет свое направление непрерывным. В северном полушарии

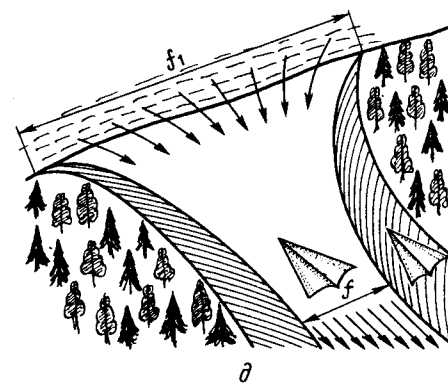
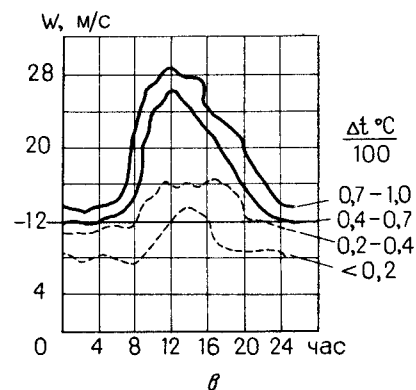
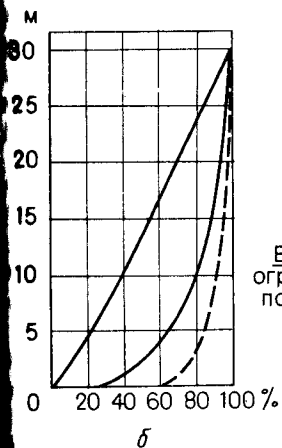
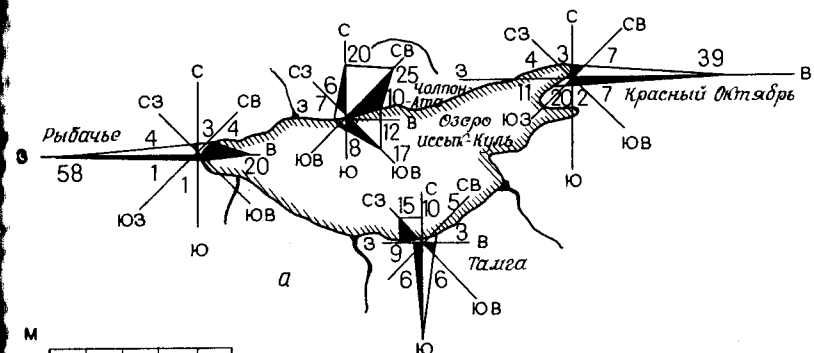


Рис. 45. Скорость и направление ветра:

а — пример розы ветров; б — изменение скорости ветра в % к скорости на высоте 30 м; в — суточный ход изменения скорости ветра в зависимости от перепада температуры; г — озерный дневной бриз; д — увеличение скорости ветра за счет диффузного эффекта

обычно смена направления ветра идет в такой последовательности: юго-западный, западный, северо-западный, северный и т. д. Это было отмечено еще Аристотелем, который сделал такую запись в своей метеорологии: «Когда один ветер уступает свое место другому, то перемена эта всегда происходит в направлении движения солнца». На европейском континенте господствующим ветром яв-

ляется юго-западный. Если сила и направление ветра за какой-либо месяц изобразить в виде векторов, идущих из одной точки, то окаймляющая их кривая изобразит форму цветка, за что это графическое изображение и получило название «роза ветров». Она может помочь в оценке ожидаемых ветров за какой-либо период, прогнозе погоды и в планировании полетов (рис. 45).

Глава 7.

ИЗ ЧЕГО СДЕЛАН ДЕЛЬТАПЛАН

Виной половины всех летных происшествий в США в 1975 году явилась конструкция, которая разрушалась из-за неправильного выбора материала или технологии изготовления детали.

Конструкция современных спортивных дельтапланов с большим удлинением и плавающей поперечной, переход к полетам в термических потоках, характеризующихся высокой турбулентностью, предъявляют повышенные требования к надежности и работоспособности силовых элементов сверхлегких летательных аппаратов. Вспоминается, как на одном из первых соревнований группа спортсменов, подвесившись к центральному узлу дельтаплана, демонстрировала технической комиссии его прочность. Конечно, подобное «испытание», хотя и выглядит внушающим доверие, не может создать того распределения нагрузок, которое испытывает аппарат в реальных условиях полета. Ближе к действительным статическим нагрузкам, создаваемые с помощью мешочков с песком, как это принято в авиационной промышленности (статические испытания на прочность).

Оптимальным на сегодня методом является испытание на прочность на автостенде.

Это происходит так: 15 мин уходит на подготовку автостенда — автомобиля типа автобуса с укрепленной на крыше фермой для испытываемого аппарата и проверку измерительной аппаратуры. Дельтаплан устанавливается на ферму, и автостенд устремляется вперед. При скорости около 100 км/ч компьютер показывает суммарную нагрузку в 900 кг. Если испытания на положительную нагрузку прошли успешно, то через 15 мин точно таким же образом аппарат проверяется на отрицательную перегрузку в 600 кг. Через полчаса на стенде уже новый испытываемый аппарат.

Разумеется, это только часть общего объема испытаний на получение сертификата летной годности.

Автостенд для испытаний дельтапланов разработан в одном из дельтаклубов Прибалтики, но пока существует едва ли не в единственном экземпляре. А между тем испытаниям на прочность надо подвергать не только новые аппараты, но и находящиеся в эксплуатации, особенно после ремонта. В дель-

таклубах Венгрии, например, подобные проверки проводят ежегодно перед началом летнего сезона.

Современный аппарат обеспечивает достаточную надежность, если только пренебрежение инструкциями и азарт не берут в пилоте верх над летной дисциплиной. Так случилось с опытным московским спортсменом, который возомнил себя с небом «на ты» и решил попарить в надвигающемся грозном фронте. Это было в Коктебеле, на горе Клементьева. Тучи еще были далеко и, казалось, полчаса есть в его распоряжении. Но на высоте скорости ветра другие, чем у земли. Уже через десять минут черная громада закрыла весь горизонт. Пилот решил крутыми виражами быстро сбросить высоту. Но не тут-то было! С каждым виражом высота все росла и росла. Оставшимся на горе казалось, что пилота уже поглотила туча. Сам пилот еще видел людей и землю. Над ним, напоминая формой медузу, простирался черный свод, по сторонам которого книзу клубились косматые пряди тумана. Если бы дельтапланерист оказался втянутым в тучи, то опасность резко возрастала не только потому, что он потерял бы ориентировку, но перегрузки, создаваемые потоками внутри тучи, могли разрушить дельтаплан.

Пилот был вынужден взять курс на море. Быстрые подъемы сменялись резкими потерями высоты. Скоро туча умчалась дальше, а пилот, развернувшись, спиралями сбрасывая

высоту, приземлился на берегу моря. Аппарат выдержал только благодаря грамотному выбору материалов, но выдержал на пределе своих конструктивных возможностей.

Купол и его материалы

Главным в дельтаплане является купол, или несущая поверхность крыла. Чаще всего он изготавливается из синтетической ткани. Основные требования к ней — это прочность, воздухо-непроницаемость и малая растяжимость.

На первых аппаратах самый большой запас прочности был у купола. Однако на современных аппаратах, где купольность мала и, следовательно, материал купола натянут, купол испытывает предельные нагрузки. Известны случаи у нас и за рубежом, когда недостаточная прочность элементов купола становилась причиной трагического исхода. Поэтому сейчас большое внимание уделяется швам, соединяющим полотнища, элементам крепления купола к каркасу, усилению наиболее нагруженных участков.

Чтобы лучше понимать свойства ткани, рассмотрим, как она изготавливается.

Обычно ткань делают следующим образом: на станке ткацкого станка располагают нити, образующие основу ткани (продольные), и через них пропускают нить утка в поперечном направлении последовательно над нитью основы и под ней.

Если сила приложена вдоль основы, то ткань растягивается незначительно и ее деформация невелика. Если же сила приложена под углом к направлению нитей, по диагонали, то маленькие квадратики, образованные переплетением основы и утка, вытягиваются и приобретают ромбовидную форму. Ткань сдвигается под прямым углом к направлению растяжения. Если это произойдет на куполе, то он станет более плоским в местах, откуда сдвинута ткань, и получит дополнительно полноту вдоль натяжения. Поэтому ткань для дельтаплана подвергают дополнительной обработке — каландрированию. Ее прогоняют между нагретыми вальками — каландрами, в результате чего происходит поверхностное спекание ткани, что делает ее более прочной и воздухо-непроницаемой, менее подверженной растяжению. Таким способом производят дакрон, терилен, лавсан и другие полиэфирные ткани, идущие на куполы дельтапланов. Они в большей степени обладают всеми теми свойствами, которые предъявляются к материалу купола, — прочны, мало тянутся, не впитывают воду, могут быть сотканы достаточно плотно, чтобы обеспечить гладкость и воздухо-непроницаемость.

За рубежом известны случаи изготовления куполов из специальных пленок. Такие материалы привлекательны своей малой стоимостью, однако срок их жизни невелик.

У нас в стране наиболее распространенным материалом для куполов стал каландрирован-

ный лавсан «Яхта» (арт. 55093), у которого масса 1 м^2 составляет 160—220 г/м², производимый Каунасской фабрикой шелковых тканей, и новая ткань «Чайка».

Используется также материал с антипиреновым нитроцеллюлозным покрытием на перкалевой основе или капроновой основе типа АЗТ (табл. 2). Все ткани, различаясь по тканевой основе и цвету покрытия, обладают высокой прочностью, гладкой поверхностью, создающей хорошее обтекание крыла, практически воздухо-непроницаемы.

Среди перспективных можно выделить ткань с триаксиальным переплетением (рис. 46). У этой ткани нити утка переплетаются с основой под углом 60° вместо обычных 90°. Это дает возможность получить равномерное растяжение по всем направлениям и повышает сопротивление разрыву. Правда, рост качества вызывает и рост стоимости.

Вырезы под узлы каркаса, места установки элементов крепления купола к каркасу, концевые части крыла необходимо усиливать накладкой одного или двух слоев ткани или подгибом кромки материала. Для обеспечения равномерного растяжения по разным направлениям нагрузок рекомендуется применять шов типа «зигзаг». При равной прочности он меньше ослабляет ткань, чем прямой шов, а главное, не стягивает ее.

Элементы крепления купола к каркасу должны изготавливаться из прочных и долговечных материалов, не боящихся

Физико-механические показатели материи

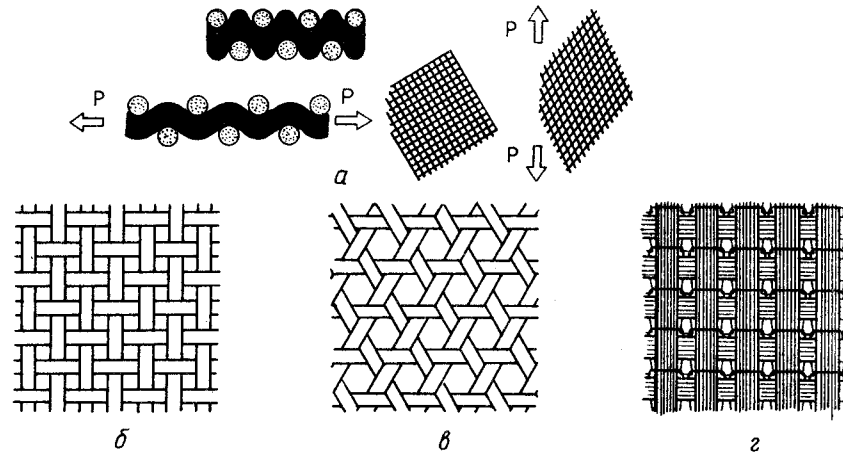


Рис. 46. Из чего сделан купол дельтаплана:

a — структура ткани купола без нагрузки и под нагрузкой; *б* — двуслойная тканая основа переплетения нитей; *в* — триаксиальная (трехосная) тканая основа; *г* — вязаная основа

влаги. В полете они подвергаются большим нагрузкам, а обрыв их может привести к критическим ситуациям. Во время одной из тренировок москвичи оказались очевидцами случая, когда оборвалось крепление хвостовой части купола к килевой балке. Сдвинувшийся вперед купол заставил аппарат совершить полтора витка обратной петли Нестерова. Полет завершился падением с поломкой каркаса и травмой пилота.

К слову, купол — это не только самая главная часть аппарата, но также самая трудоемкая и дорогая. На него приходится более половины всей стоимости аппарата. Насколько важны рассмотренные выше требования, предъявляемые к материалу купола, свидетельствует случай, приключившийся с одним московским пилотом.

Построив собственными руками аппарат, он появился на

склонах Крылатского, чтобы облетать «новорожденного». Но аппарат оказался с норовом. Несмотря на все усилия пилота, со старта он разворачивался боком и в таком положении продолжал свой короткий полет до посадки. Как выяснилось позднее, для пошива купола был использован сильно тянущийся материал. Нанесенное кустарным способом покрытие только усилило неравномерность растяжения. Крыло получилось несимметричным и никакая точность в изготовлении каркаса не могла спасти положение.

Каркас и крепеж

Сплавы алюминия и сталь — основные металлы, используемые в конструкции крыла.

Основным материалом балок, идущих на каркас дельтаплана, являются трубы из дюралюми-

Наименование показателей	Марка тканей			
	АНЗМ-с	АНАМ-с	АЗТ-с	перлен ПК-ПЭ-ЛМ или ПК-ПЭ-Л2М
Тканевая основа	Перкаль А-85 арт. 7010	Перкаль А-85 арт. 7010	Капрон арт. 56008 с подслоем лака 518	Перкаль ГОСТ 12125-66 марки А и Б
Цвет покрытия	Зеленый	Серый	Зеленый, кремовый или серый	Серебристый
Ширина ткани, см	74	74	82	45—56
Масса, г/м ²	200 ± 10	200 ± 10	80—96	193 при толщине 180 мкм
Разрывная нагрузка полоски с рабочим участком 50 × 200 мм, кг:	основа	40	40	41
	уток	27	27	32
				35 удлинение 4%

ния Д16Т. При малой плотности он обладает высокими прочностными характеристиками (рис. 47, *a*). В обычных условиях сплав имеет хорошую коррозионную стойкость, которая может быть повышена за счет анодирования, но чувствителен к концентраторам напряжений. Небольшая трещина может быстро вызвать разрушение всей детали. К этому же может привести и небрежно, с рваными кромками, выполненное отверстие.

Чтобы не допускать ошибок в выборе нужного материала, необходимо познакомиться с маркировкой, выбиваемой на заготовках. Так, для деформируемых сплавов на основе алюминия буква М (мягкий) означает отожженный, Т (термически обработанный) — после закалки и естественного старения, Т1 — после закалки и искусственного старения, Н — нагартованный, ТН (термообработанный, нагартованный) — нагартованный после закалки и есте-

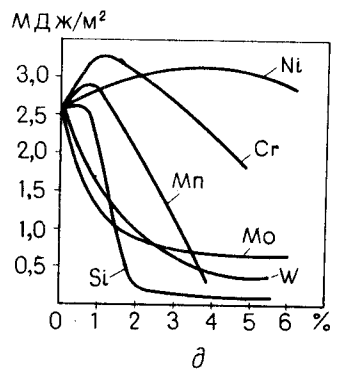
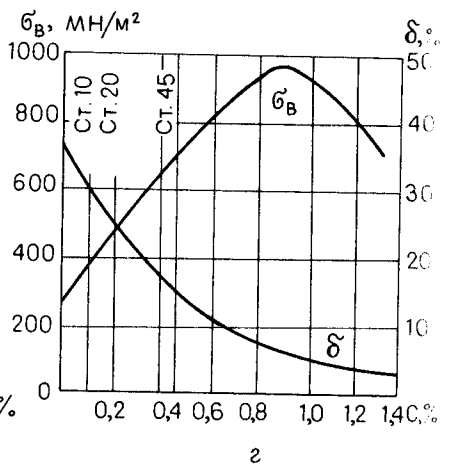
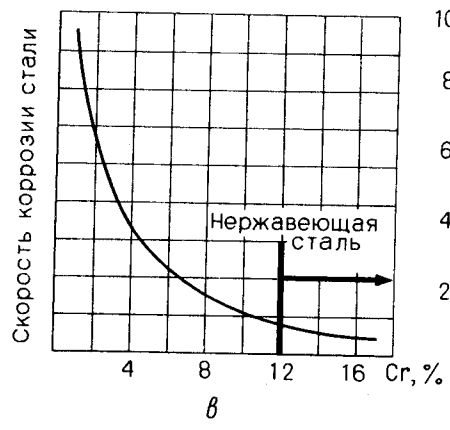
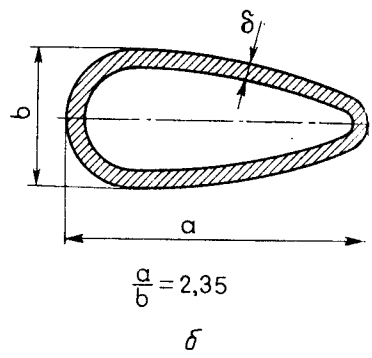
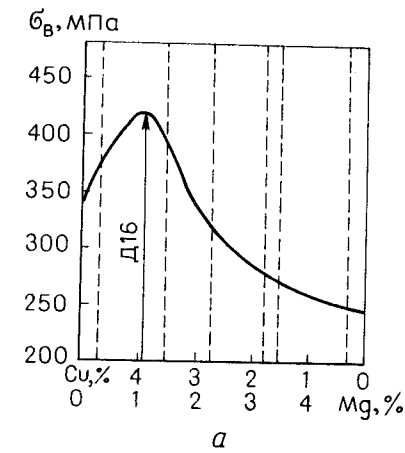


Рис. 47. Материалы каркаса:
 а — зависимость прочности дуралюминов от соотношения меди и магния при их постоянном суммарном содержании 5%; б — труба каплевидного сечения (ГОСТ 18475—73); в — скорость коррозии стали в зависимости от содержания в ней хрома (нержавеющие стали); г — механические свойства углеродистой стали в нормализованном состоянии в зависимости от содержания углерода; д — влияние легирующих элементов на ударную вязкость стали

ственного старения, например Д16ТН.
 Кроме сплава Д16 в конструкции дельтаплана используются также сплавы Д1, В95, АМг6. Все они, как и сплав Д16, близки по своим физико-химическим свойствам, обладают небольшой плотностью, в три раза меньшей, чем у стали. По прочностным характеристикам сплав В95 несколько превосходит, а Д1 и АМг6 уступают сплаву Д16. АМг6 выделяется своей пластичностью, поэтому он рекомендован для рукоятки управления на учебных аппаратах. Жесткие посадки, характерные для новичков, смягчаются за счет деформации рукоятки. Образующиеся прогибы труб легко выправляются от руки. Конкретные характеристики круглых и каплевидных (рис. 47, б) труб из алюминиевых сплавов, выпускаемых нашей промышленностью, указаны в ГОСТ 18475—73.
 Выросла нагрузка на плавающую поперечину, повысились и требования, предъявляемые к прочности труб. Для дельтапланов обычной схемы при длине полупролета до 2,8 м должны использоваться трубы размером 40×1,5 мм, а при длине от 2,8 до 3,15 — 45×1,5 мм. Для изготавливаемых в настоящее время дельтапланов эти размеры должны быть несколько иными: при полупролете поперечины до 2,8 м — 45×1,5 мм, от 2,8 до 3,0 м — 48×1,5 мм, от 3,0 до 3,15 м — 50×1,5 мм, от 3,15 до 3,3 м — 52×1,5 мм.
 В современных аппаратах, имеющих большое удлинение, размер поперечной балки иногда

да превышает 6 м. Самой нагруженной балкой стала поперечная. Для нее сейчас используют самые прочные трубы в каркасе, так как на первых аппаратах были отмечены случаи разрушения поперечной балки. В целом надо отметить, что тонкостенные трубы, применявшиеся в ранних конструкциях, с переходом пилотов к полетам в термических потоках, к выполнению фигур высшего пилотажа типа петли Нестерова, перестали удовлетворять требованиям, предъявляемым к их прочности. Если стандарт Роголло рассчитывали, исходя из максимальной эксплуатационной перегрузки, равной 3, то спортивные аппараты должны выдерживать максимальные положительные перегрузки, равные 4, и отрицательные, равные 2. Последние зарубежные модели проверяются на перегрузки, в несколько раз превышающие нормы для стандартного класса.
 Отдельные детали, крепеж и тросы в дельтаплане изготавливают из стали типа 30ХГСА или ст. 45, а также нержавеющей стали. Все стали, кроме нержавеющей, необходимо защищать от коррозии (рис. 47, в). Это может быть нанесение защитного слоя методом цинкования или кадмирования. Чистота обработки поверхности металла также увеличивает стойкость против коррозии. Поэтому даже детали из нержавеющей стали лучше шлифовать, а из стали 12Х18Н10Т подвергать электрохимической полировке.
 Эти стали обладают высоки-

ми прочностными характеристиками. И хотя есть более прочные марки закаленных сталей, но они не рекомендуются для дельтапланов, так как хуже переносят ударные нагрузки (рис. 47, з).

Наиболее сильно повышают твердость при нормализации стали такие легирующие элементы, как кремний, марганец и никель. При этом они мало влияют на пластичность. Большинство легирующих элементов снижают ударную вязкость стали. Исключение составляет никель. Марганец и хром при содержании до 1% повышает ударную вязкость. Поэтому для высокопрочных болтов рекомендуется сталь 30ХГСА, которая легирована хромом, марганцем и кремнием (рис. 47, д).

Важным силовым элементом конструкции является система тросовых растяжек. Нижние тросы в полете служат несущими, поэтому к их прочности предъявляются более высокие требования. Диаметр их должен быть не менее 2,5 мм, в то время как для верхних допустим 2,2 мм. Для аппаратов с большим удлинением и плавающей поперечиной боковые нижние тросы должны иметь диаметр не менее 3 мм и состоять из семи прядей по семи проволок в каждой или шести прядей по 19 проволок в каждой (типа КСАН — канат стальной, авиационный, нераскручивающийся). Обрыв нижних тросов в полете неминуемо приведет к аварии, поэтому на них не разрешается устанавливать тандемы или какие-либо разъемные соединения.

На передних нижних тросах должно быть пластиковое покрытие, предохраняющее пилота от травм при грубой посадке.

Известно, что в авиационно-космической технике широко применяется в качестве конструкционного материала титан и его сплавы. Это объясняется его малой плотностью ($4,5 \text{ г/см}^3$), большой прочностью и высокой коррозионной стойкостью.

Австрийские спортсмены, готовящиеся к полету с Эвереста, использовали в конструкции титановые сплавы, создав аппарат массой всего в 7 кг. Необходимо знать, что пластинки из титана могут перетираться стальные коуши или «подрезать» болты, и учитывать это при конструировании.

Высокая стоимость не позволяет применять титан в дельтапланеризме в широких масштабах.

Как правило, наибольшие нагрузки дельтаплан испытывает не в полете, а при грубых посадках — ударах о землю и при транспортировке. Для спортивных аппаратов надо учитывать перегрузки, возникающие в парящих полетах от повышенной турбулентности атмосферы. Отечественный и зарубежный опыт, подтвержденный расчетами, выработал определенные нормы и конструктивные требования к силовым элементам аппарата. Расскажем о них подробнее.

Одним из наиболее нагруженных мест в конструкции является боковой узел — место соединения поперечной и боковой труб. Этот узел воспринимает

крутящие и изгибающие моменты, усилия от верхних и нижних боковых тросов и в то же время ослаблен отверстиями под болты диаметром 8 мм. Посадки с креном, когда аппарат встречает землю консольной частью боковой балки, подвергают этот узел дополнительным значительным нагрузкам. Эту часть боковой балки-трубы необходимо усиливать. Для этого в районе отверстия внутрь балки вставляют усилительные втулки или поперечные трубки с внутренним диаметром 8 мм, развальцованные в отверстиях под болт бокового узла.

При создании дельтаплана необходимо учитывать коррозионные характеристики используемых материалов. Коррозия усиливается, если образуется гальваническая пара с большой разностью потенциалов. В прил. 5 приводится гальванический ряд металлов и сплавов, разбитых на группы для определения допустимого сочетания.

Допустимым сочетанием, не образующим сильно корродирующую гальваническую пару, считается такое, при котором разность между номерами групп будет не более двух. Как видно из приложения, фосфатные и оксидные пленки покрытия раздвигают номера групп на единицу, а анодирование — на две.

Воздушные винты из металлов

Для сверхлегких летательных аппаратов единственными сплавами, которые можно приме-

нить для воздушных винтов, будут сплавы на магниевой основе. Они прекрасно механически обрабатываются, а свариваемые сплавы типа МА2-1 позволяют создавать пустотелую конструкцию с очень тонкими профилями винта. Прочность этих сплавов уступает сплавам на алюминиевой основе, а сплав МА10 по прочности равен дюралюминию, но с более высокой удельной прочностью σ_s/ρ , что позволяет создать более легкую конструкцию, а в данном случае, разгрузить вал двигателя. Неудобства в технологии изготовления лопастей из сплавов на магниевой основе создает необходимость подогрева при обработке пластины лопасти и обязательное нанесение антикоррозийного покрытия (слой грунта и два слоя краски на эпоксидной основе) на хорошо подготовленную поверхность.

Надо полагать, что для СЛА лопасти воздушных винтов из сплавов на алюминиевой основе — это вчерашний день. И дело не только в том, что они достаточно тяжелы, а прежде всего в том, что высокопрочные дюралюминиевые сплавы требуют точного соблюдения химического состава и режима термической обработки. Отступления способствуют усилению развития коррозии за счет выделения по границам зерен упрочняющих фаз.

В большой авиации для изготовления лопастей винтов применяются сплавы В95-1 и Д1.

Магниевые сплавы могут быть оправданы в конструкции каркасов дельтаплана из-за

своей малой плотности ($1,8 \text{ г/см}^3$) только для горных полетов, но при наличии строгого контроля за всей поверхностью деталей из этих сплавов (в том числе и внутренних поверхностей труб). По своей хрупкости они близки дюралюминиям.

Относительная прочность и жесткость

Какой же материал лучше? Во-первых, необходимо учитывать, в каких условиях будет эксплуатироваться аппарат. Применение неблагоприятных гальванических пар и сплавов на магниевой основе исключает применение аппарата в морском воздухе. Этот воздух благоприятствует быстрому развитию коррозии. Даже для обычных условий магниевые сплавы требуют надежной антикоррозийной защиты (оксидирования с лакокрасочным покрытием), но это не всегда удобно в эксплуатации. Анодирование магниевых сплавов, которое не требует лакокрасочной защиты, еще не получило широкого распространения.

И во-вторых, не одна плотность определяет легкость детали. Так как любая деталь должна быть прочной, то при расчете летательного аппарата вводится такое понятие, как удельная прочность, а это отношение предела прочности σ_B к плотности ρ . Этим параметром пользуются для определения наиболее выгодного материала, детали из которого работают на растяжение и под-

чиняются закону Гука. Например, тросы и элементы в их системе, центральный болт, горизонтальная труба рулевой трапеции.

Но удельная прочность может подсказать оптимальный материал не при всех видах деформации. Если деталь работает на сжатие, срез (сдвиг, как большинство болтов), изгиб или кручение, то необходимо пользоваться пределами прочности этих видов деформации: $\sigma_{сж}$, $\sigma_{ср}$, $\tau_{изг}$, $\tau_{кр}$. Но есть деформации, при которых определяющими будут не предел прочности, а жесткость.

Томас Юнг в свое время пришел к выводу, что если пользоваться не абсолютным значением сил и смещений в конструкциях, а напряжениями и деформациями, то закон Гука можно записать в виде отношения напряжения к деформации $\sigma/\epsilon = \text{const}$. Вывод Юнга был таков, что эта константа является характеристикой каждого вещества и представляет его жесткость E . Эту константу называют также модулем Юнга или модулем упругости. Прочность и жесткость — это не одно и то же. Жесткость E показывает, насколько податливым является материал, а прочность σ , τ характеризуется напряжением, необходимым для того, чтобы этот материал разрушить.

Отношением E/ρ целесообразно пользоваться для определения наиболее выгодного материала боковых труб крыла, которые работают как консоли, закрепленные одним кон-

дом. Из тонкостенных деталей, работающих на продольное сжатие (что при их длине будет вызывать потерю устойчивости), — это поперечная балка, мачта при отрицательных перегрузках, вертикальные элементы рулевой трапеции. Удельными характеристиками прочности (а точнее — устойчивости) будут $\sqrt{E/\rho g}$ — для труб и полуоболочек и $\sqrt[3]{E/\rho g}$ — для плоских элементов типа пластинок.

Композиционные материалы

Композиционными называются сложные материалы, в состав которых входят сильно отличающиеся по свойствам нерастворимые или малорастворимые друг в друге компоненты, разделенные в материале ярко выраженной границей.

Принцип создания композиционных материалов заимствован у природы. Примером естественных композиционных материалов могут служить стволы и стебли растений, кости человека и животных. В дереве волокна целлюлозы соединены пластичным лигнином, в костях тонкие, прочные нити фосфатных солей — пластичным коллагеном.

Особенностью композиционных материалов является то, что в них проявляются достоинства компонентов, а не их недостатки. Для оптимизации свойств композиций выбирают компоненты с резко отличающимися, но дополня-

ющими друг друга свойствами.

Перспективно использование в конструкции дельтаплана высокопрочных слоистых пластиков, имеющих в качестве наполнителя стеклянные и угольные волокна. Композиционные материалы по удельным прочности и жесткости, сопротивлению усталостному разрушению превосходят все конструкционные сплавы. Этим материалам при их изготовлении и стараются придать по возможности форму, максимально приближающуюся к форме будущей детали или узла.

Основой композиционного материала служит матрица, которая связывает композицию, придает ей форму. От свойств матрицы зависит технология получения композиционного материала и эксплуатационные характеристики: сопротивление усталостному разрушению, воздействию окружающей среды, плотность и удельная прочность. В матрице равномерно распределены наполнители. Поскольку они играют главную роль в упрочнении материала, их иногда называют упрочнителями, а иногда армирующими компонентами. С увеличением модуля упругости и временного сопротивления наполнителя повышаются и свойства композиционного материала.

Когда такой материал производится в форме мелких частиц или тонких волокон, его полезная прочность становится гораздо выше. Например, оконное стекло — достаточно непрочный материал,

но стеклянная нить из тонких волокон имеет прочность на растяжение более 3 млрд паскалей (1 паскаль (Па) — сила в 1 ньютон (Н), распределенная по площади 1 м²). Для сравнения — прочность на растяжение обычной стали составляет 0,5 млрд Па. Заметное увеличение прочности на микроуровне обусловлено тем, что вероятность дефекта, достаточно большого, чтобы вызвать хрупкое разрушение, падает с уменьшением размера образца. Кроме того, если в стеклянной нити разрушилось одно волокно, дефект дальше не распространяется и не затрагивает остальные волокна. И наоборот, образовавшись в таком же объеме гомогенного материала, трещина может привести к его полному разрушению.

Композиционные материалы на неметаллической основе обладают хорошей технологичностью, низкой плотностью и высокой удельной прочностью и жесткостью. Среди неметаллических композиционных материалов наибольшее распространение получили композиции с полимерной матрицей: эпоксидной, фенолоформальдегидной и полиамидной. В качестве упрочнителей используют высокопрочные и высокомодульные углеродные и борные, стеклянные и органические волокна в виде нитей, жгутов, лент, нетканых материалов. Жидкие эпоксидные смолы обладают лучшей среди других полимеров адгезией к наполнителям. Волокна обладают худшей адгезией. Энер-

гию поверхности волокон для получения большей адгезии повышают различными методами обработки поверхности: травлением, окислением, вискеризацией.

Одним из способов улучшения свойств композиционных материалов является увеличение жесткости матрицы с помощью введения в ее структуру ионов металлов, которые усиливают взаимосвязь между полимерными молекулами.

Достоинством стекловолоконитов является недефицитность и низкая стоимость упрочнителя, недостатком — сравнительно низкий модуль упругости, но по удельной жесткости они превосходят легированные стали и сплавы на основе алюминия, магния и титана. Частичная замена стеклянных волокон на углеродные повышает жесткость композита. Однако временное сопротивление и удельная прочность при любом соотношении стекло- и углеволокон не достигает уровня стеклопластиков.

По прочности при растяжении стеклянные волокна равны или даже превосходят углеродные — основу многих компонентов с хорошими композиционными качествами. Однако под действием высоких напряжений стекловолокно растягивается, и удлинение составляет несколько процентов. Поэтому в тех случаях, когда решающим фактором является жесткость в условиях высоких нагрузок, композиты, армированные стекло-

волокном, не применяют. Тем не менее низкая стоимость обусловила их широкое распространение при создании изделий, к которым предъявляются менее высокие требования по жесткости.

Для использования в изделиях, требующих высокой ударной прочности, более пригодны другие, отличные от углеродных, армирующие волокна (рис. 48).

Органоволокниты обладают высокой удельной прочностью в сочетании с хорошими пластичностью и ударной вязкостью. Особенностью их является единая полимерная природа матрицы и армирующих

волокон. Матрица и наполнитель имеют близкие значения температурных коэффициентов линейного расширения, им свойственны химическое взаимодействие и прочная связь.

Эффективность армирования композита длинными волокнами выше, чем короткими волокнами или частицами. Есть еще одна причина, по которой длинные волокна стали основным армирующим элементом в перспективных композитах — их ориентация поддается строгому контролю. Это дает возможность сконструировать внутреннее строение композита с учетом нагрузок,

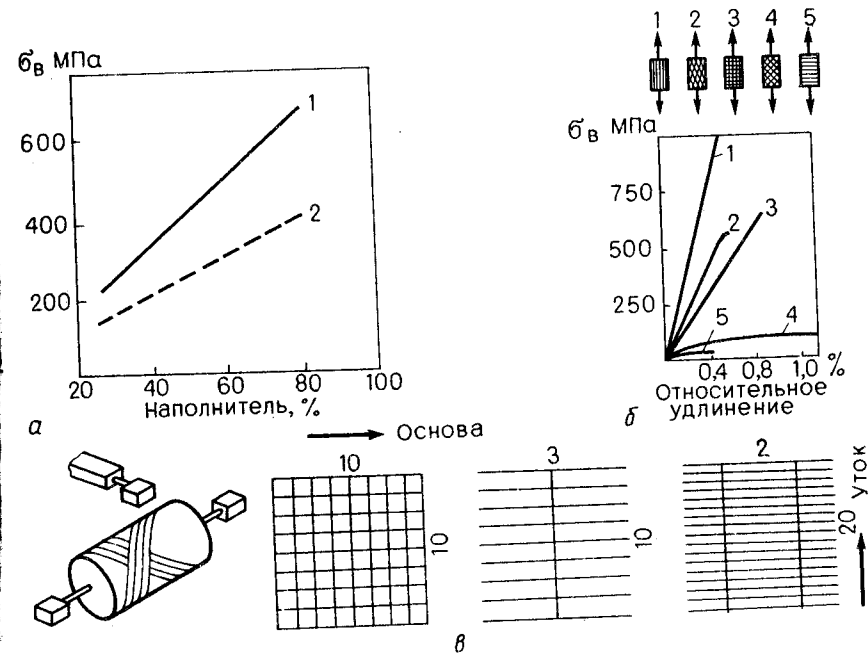


Рис. 48. Композиционные материалы:

а — зависимость прочности стекловолоконитов от содержания и вида наполнителей; б — схема армирования композиционных материалов и их влияние на напряжение эпоксидных углепластиков; в — намотка трубчатого элемента из стеклоленты и ее структура; 1 — непрерывное ориентированное волокно; 2 — короткое неориентированное волокно

при которых он будет эксплуатироваться.

Внутренняя геометрия высокопрочного композита обычно напоминает строение фанеры: он состоит из тонких слоев, каждый из которых армирован волокнами, ориентированными в одном направлении. Такие слоистые структуры получают обычным способом производства перспективных композитов с полимерной матрицей — предварительной пропиткой лент или слоев и их сборкой вручную. Последовательные слои могут быть ориентированы в различных направлениях, что придает материалу прочность и жесткость в нескольких направлениях. Недостатком таких композитов является отсутствие поперечного армирования как между слоями, так и в одном слое. Под действием экстремальной нагрузки композит может расслоиться, а волокна внутри слоя разделиться.

Композиционные материалы в конструкции сверхлегких летательных аппаратов. Каркас кабины аппарата «Солар Челленджер» выполнен из углепластиковых трубок диаметром 50 мм с очень тонкой стенкой (0,254—0,38 мм) и спиральной ориентацией волокон, то есть конструкция, близкая к корпусам современных моделей ракет, технология изготовления которых достаточно отработана. Весьма сложную конструкцию имеет лонжерон крыла. Основной является внутренняя графито-эпоксидная труба со спираль-

ной ориентацией волокон ($\pm 45^\circ$) диаметром 178 мм и толщиной стенки 0,254 мм. Дополнительно по бокам, снизу и сверху трубы уложены слои графитовой ленты с продольной ориентацией волокон, слоистого заполнителя толщиной 6,35 мм из материала номекс и два внешних слоя кевларовой ткани.

Вес лонжерона крыла с узлами крепления концевых частей 8,2 кг.

Продольная балка-«фюзеляж» имеет аналогичную конструкцию. Оба лонжерона стабилизатора близки по конструкции к лонжерону крыла. Отличаются меньшим диаметром и использованием пенополистирола вместо сотового заполнителя. Нервюры крыла выполнены из пенополистирола и упрочнены кевларом или углепластиком.

Лопастей воздушного винта имеют углепластиковые лонжероны переменной толщины, на которые надеты формообразующие секции из пенополистирола. Обшивкой служит углепластиковое полотно. Каждая лопасть весит 0,68 кг.

Лопастей из стеклопластика (или других композиционных материалов) могут быть пустотелыми, как на аппарате «Солар Челленджер», или с пенопластовым наполнителем.

Пластмассы в конструкции. В конструкции дельтаплана находят применение и пластмассы. Пластмассовые трубки надевают на нижние тросы для предохранения повреждения открытых частей тела

при неудачной посадке. Иногда из пластмасс изготавливают фигурные шайбы-ложементы, равномерно распределяющие нагрузку по диаметру трубы, и зубчатые колеса.

На аппарате «Солар Челленджер» тросы проводки управления имеют центральную часть из связанных однонаправленных волокон (кевлар 29) с дакроновой защитной оплеткой. Ацеталевая смола использована при изготовлении роликов системы управления.

На аппарате «Солар» фирмы Локхид используются эпоксидные углепластики. Обшивка крыла выполнена из пленочных материалов майлара и тедлара.

Если бы в распоряжении конструктора были материалы 60-х гг., то мускулолеты и аппараты с фотоэлектрическими силовыми установками весили бы вдвое больше и не смогли бы летать.

Композиционные материалы на металлической основе. Для лопастей воздушных винтов, да и для каркаса дельтаплана, идеальными материалами, которые получат, видимо, распространение в недалеком будущем, являются волокнистые композиты на металлической основе. В этих материалах упрочнителями служат волокна или нитевидные кристаллы чистых элементов, а также проволока из металлов и сплавов (молибден, вольфрам, бериллий, высокопрочная сталь). Продольно расположенные по трубчатым элементам конструкции, они позволяют исполь-

зовать наибольшие значения временного сопротивления и упругости материала.

Композиционный материал с матрицей из технического алюминия АД1, упрочненный волокнами бора, в направлении волокон имеет предел прочности в два раза выше, чем самые высокопрочные дюралюминии. По пределу выносливости композиционные материалы на алюминиевой основе превосходят лучшие алюминиевые сплавы в четыре раза.

Но на сегодня самым доступным материалом для изготовления винтов является дерево.

Деревянные воздушные винты

Деревянные винты были очень распространены на заре развития авиации. Им легко придать почти любую форму, они дешевы и легко ремонтируются (в выбитую переднюю или заднюю кромку врезаются элемент типа «ласточки хвоста», рис. 49).

Большим недостатком деревянных винтов является их подверженность влиянию атмосферы: дерево легко отсыревает и сильно коробится, винт теряет заданную форму. Коробленные винты работают неправильно, вибрируют в работе и их приходится выбрасывать. Поэтому деревянные винты необходимо защищать покрытием, обладающим высокой влаго- и абразивостойкостью.

Винт испытывает в работе большие напряжения. Поэтому выбор сорта дерева является основным вопросом при изготовлении деревянных воздушных винтов. Перед обработкой дерево подвергают искусственной сушке. Влажность должна быть не более 10%.

Наилучшим деревом для изготовления воздушных винтов является хороший орех.

Ореховые винты могут работать при очень больших окружных скоростях, когда другие сорта дерева оказываются непригодными. Но он дорог, встречается в виде пиломатериала редко, обработка его длительнее и дороже, чем других сортов древесины.

За рубежом наиболее часто употреблялось для винтов красное дерево. Оно уступает по прочности и колкости ореху, но хорошо обрабатывается и склеивается. Изготовление винтов из красного дерева допустимо для окружной скорости не свыше 300 м/с. При большей скорости возникают продольные трещины. Для воздушных винтов применяют и менее экзотические сорта древесины — ясень, клен, дуб, вяз, бук, граб. Все они довольно близки по физическим свойствам, однако однородность у них значительно ниже, чем у ореха и красного дерева. Особенно сильно колеблются свойства у дуба, в основном его удельная масса и модуль упругости на растяжение. Сказываются не только сорт дерева, но и условия его произрастания — почва, климат.

Предел упругости у этих

пород дерева равен лишь 75% от предела упругости красного дерева и 60% от хорошего ореха. Склеиваются и обрабатываются эти породы хорошо, но все же при их применении не получается столь чистых и аккуратных винтов, как из ореха и красного дерева.

Перечисленные породы хороши для винтов, работающих при окружных скоростях не выше 280 м/с. При больших скоростях они становятся ненадежными, легко ломаются. При предельных нагрузках винты начинают вибрировать.

Породы древесины для воздушных винтов. Основным материалом для изготовления деревянных винтов является береза (прил. 7). В Советском Союзе растет сорок видов березы — до 20 м высотой, а есть кустарнички не выше колена, вроде карликовой полярной березки. На Дальнем Востоке растет железная береза. Она так плотна, что тонет в воде.

Древесина березы — белого цвета, плотная, крепкая. Молодое дерево отличается гибкостью, старое — хрупкое. Хорошо обрабатывается и полируется. Древесина обыкновенной березы отличается однородной плотностью, ее годовые кольца слабо заметны. Она обладает большой сопротивляемостью раскалыванию, это качество делает березу особенно пригодной для изготовления из нее воздушных винтов с криволинейной осью. Древесина березы хорошо сохраняется только в сухом

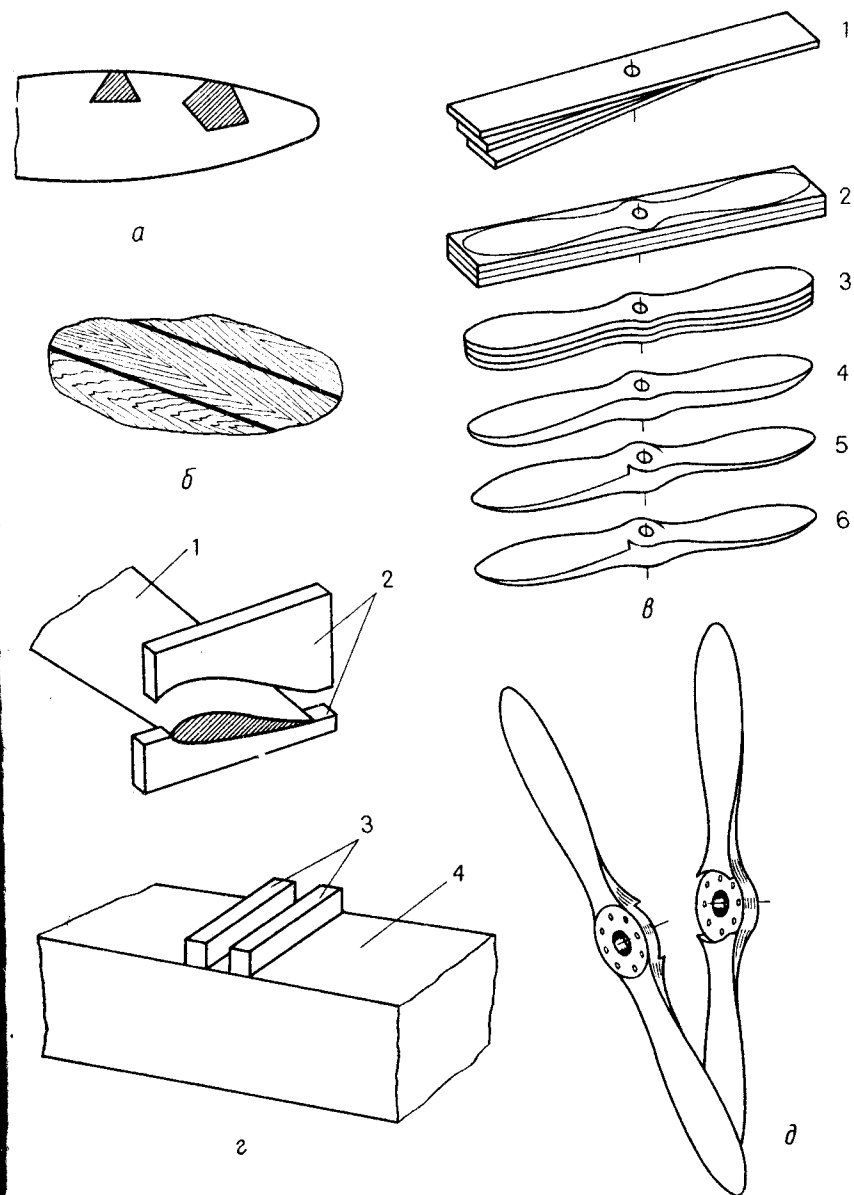


Рис. 49. Деревянные воздушные винты:

а — ремонт выбоины в лопасти деревянного винта; б — сечение лопасти воздушного винта, склеенного из дрок; в — технология изготовления деревянного воздушного винта; 1 — заготовка болванки для винта, склеиваемой из дрок; 2 — брусок с размеченным контуром по чертежу винта; 3 — заготовка, вырезанная по контуру; 4 — лопасти, обработанные на конус; 5 — лопасти, спиленные под углом наклона сечения; 6 — лопасти, округленные и зачищенные; г — контрольная операция (установка шаблонов на стапеле); 1 — воздушный винт; 2 — шаблон сечения; 3 — направляющие планки; 4 — плоскость стапеля; д — сборка четырехлопастного воздушного винта

помещении, в сыром она быстро загнивает, имеет большую усушку.

Бук имеет мелкослоистую древесину, которая хорошо обрабатывается режущим инструментом и полируется. Она розовато-белого цвета, твердая и вместе с тем вязкая, поэтому возможно изготовление гнутых деталей. В условиях переменной влажности имеет склонность к короблению и растрескиванию из-за большой усушки.

Граб — это белый бук, мелкопористый, очень твердый и трудно обрабатывается, хорошо полируется, сильно коробится, поэтому имеет малые возможности применения.

Клен обладает твердой однородной древесиной белого цвета, трудно колется, хорошо полируется, мало усыхает, имеет глянцевую поверхность. В условиях переменной влажности не прочен.

Дуб — твердый, вязкий, требует очень острого инструмента. У него желтовато-коричневый цвет. Волокна имеют не только продольную, но и радиальную направленность, этим объясняется его высокая прочность. Хорошо полируется.

Мелколистный дуб (Белоруссия) более мягок и легче поддается обработке, чем крупнолистный (Украина, Татарская АССР, Горьковская и Воронежская области). Большая пористость дуба затрудняет его полировку, для заполнения пор приходится дополнительно грунтовать отделываемую поверхность.

Ясень своей древесиной

похож на дуб, обладает высокими механическими свойствами, вязок, тверд и склонен к растрескиванию. Легко обрабатывается режущим инструментом, хорошо отделывается. Высокая упругость и вязкость позволяют применять ясень для изготовления деталей, работающих на удар и знакопеременную нагрузку.

Ильма (вяз, берест, карагач) по прочности уступают только дубу и почти не подвержены червоточине.

Орех кавказский — это твердая порода с большой плотностью. Из древесины, имеющей бурый или серовато-коричневый цвет, хорошо изготавливаются детали гнутой формы, поэтому возможно изготовление воздушных винтов не только с прямой, но и с изогнутой осью.

Груша имеет однородную и плотную древесину, которая прекрасно обрабатывается. Не подвержена ни растрескиванию, ни короблению. Плотность и механические характеристики различны в зависимости от возраста и сорта. Цвет древесины — от светлорозового до красного. Хорошо режется по всем направлениям, но трудно и плохо колется.

Для уменьшения коробления заготовку винта склеивают из тонких досок-дрок. Их располагают так, чтобы стремление к короблению было направлено в разные стороны.

Иногда винт склеивают из двух пород дерева. При этом дроки кладут, чередуя твердую и мягкую породу дерева

Необходимо помнить, что склеенная заготовка должна высушиваться под давлением. В последнее время появились винты, изготовленные из сосны, обклеенные стеклотканью. Если между сосновыми дроками проклеена стеклоткань, то такой винт не только хорошо обрабатывается, но и по прочности не уступает ореховому.

Четырехлопастные винты образуют из двух скрещенных двухлопастных винтов, обрабатывая ступицу «в полтела».

Клеи для деревянных воздушных винтов. Прочность клевого соединения обеспечивается силами сцепления затвердевшего клея с поверхностями склеиваемых деталей, а для древесины — отчасти впитыванием клея в поры. Наибольшая прочность склеенных конструкций получается при толщине клевого шва около 0,1 мм.

Столярный клей очень чувствителен к жаре и влаге, поэтому непригоден для южных и влажных районов нашей страны.

В тридцатые годы единственным клеем для деревянных авиационных конструкций был **казеиновый**.

Казеин готовят из обезжиренного творога: это содержащаяся в молоке сыворожка, которая выделяется из молока любой слабой кислотой, в технике — слабой соляной кислотой. Казеин медленно реагирует с известью, образуя нерастворимый в воде казеинат кальция.

Казеиновый клей не надо подогревать. Пользоваться им удобно. Разводится казеиновый порошок в холодной воде, размешивается, чтобы не было комков, и наносится на склеиваемые детали кистью. Полностью он схватывается за один-два дня, при этом швы получают довольно влагостойкими. Хотя казеинат и нерастворим в воде, но при намокании немного размягчается. Если бы мир был стерильным, казеин был бы практически идеальным клеем. Но так как казеин представляет собой смесь творога и извести, то он так же, как творог, с течением времени портится. Он превращается в жидкость, выползающую из соединения, оставляя после себя лишь грязные пятна.

Другой недостаток казеина — это его большая объемная усадка Δ.

Поливинилацетатная эмульсия (синтетический клей) имеет связующим материалом продукт полимеризации поливинилацетата в водной среде. Склеивает ткани и древесину в различных сочетаниях. Заменяет клеи на основе пищевого сырья — декстриновый, казеиновый и мездровый. Перед употреблением эмульсию перемешивают. До рабочей вязкости ее разводят водой. Прочностные характеристики эмульсии и стойкость в атмосфере с повышенной влажностью выше, чем у клеев на основе пищевого сырья. При статических нагрузках может наблюдаться ползучесть. Тем-

Режимы отверждения клея Д-9

Температура, °С	Время выдержки, ч	Относительная прочность шва клеевого, %
15—35	24	100
70	5	300
100	3	400

пература эксплуатации ± 60 °С. При склеивании древесины клей наносят одним слоем на обе поверхности и выдерживают 2—3 мин до образования поверхностной пленки. Выдержка при давлении $0,3 \text{ МН/м}^2$ составляет 24 ч (до механической обработки). Усадка меньше, чем у казеинового и столярного клея (рис. 50).

Фенолформальдегидная смола (или бакелит) позволила создать ряд очень хороших клеев. Правда, использовать их можно только в том случае, если возможна обработка теплом (при температуре около 150 °С) и давлением.

Клей ВИАМ Ф-9 связующим материалом имеет фенолформальдегидную смолу. Водо-, бензо-, масло- и грибоустоек. Температура эксплуатации ± 60 °С. Склеивает все древесные материалы. Детали перед нанесением клея рекомендуется разогреть, но предварительно проверить, нет ли на них пыли, жирных пятен и смолы. Наносить клей лучше

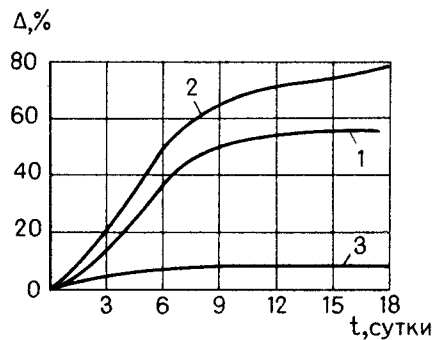


Рис. 50. Объемная усадка клея:

1 — костного; 2 — казеинового; 3 — поливинилацетатной эмульсии

тонким слоем, причем делать это надо быстро, чтобы клей не начал схватываться раньше времени.

Клей ФР-12 имеет связующим материалом резорциноформальдегидную смолу. Быстро отвердевает при нормальной температуре в присутствии как кислот, так и основных реагентов, водо-, бензо- и маслостоек. Температура эксплуатации от -60 до $+80$ °С.

Клей Д-9 (табл. 3) — эпоксидный клей холодного отверждения, применяется для склеивания древесины, гетинакса, текстолита, стеклопластиков, пенополистирола, пеноэпоксиды, полиэтилена, фторопласта и металлов.

Клей состоит из эпоксидной смолы ЭД-20 или ЭД-16 (100 вес. ч.), дибутилфталата или полиэфира (10—15 вес. ч.), полиэтиленполиамида (12—14 вес. ч.), пылевидного кварца или алюминиевой пудры (80—200 вес. ч.). Клей готовят на месте применения: вводят отвердитель (полиэтиленполиамин) и перемешивают компоненты до однородного состояния. Пригодность приготовленного клея составляет 30—40 мин. Клей наносят кистью или шпателем в один слой на обе поверхности. Отверждение протекает под давлением $0,05—0,07 \text{ МН/м}^2$. Расход клея составляет $1,5—2 \text{ г/дм}^2$.

Клей ЭЗК-4 (клей-компунд), Д-2 и Д-96 имеют связующим материалом эпоксидную смолу (табл. 4). Это эпоксидные клеи горячего отверждения при давлении $0,05—$

$0,1 \text{ МН/м}^2$. Механическая прочность их на 30—50 % выше, чем у клеев холодного отверждения. Обладают хорошей адгезией. Водо-, бензо- и маслостойки, а также стойки к разбавленным кислотам и щелочам.

Температура эксплуатации клеев ЭЗК-4 и Д-2 находится в пределах от -60 до $+120$ °С, клея Д-96 от -60 до $+150$ °С. Эти клеи используются практически для всех материалов. Расход составляет $1,5—2 \text{ г/дм}^2$.

Для приготовления клея смолу ЭД-6 разогревают до $120—130$ °С, а затем вводят в нее подогретый до той же температуры полиэфир и перемешивают 1,5—2 ч. После этого в смесь добавляют наполнитель, подогретый до 80 ± 5 °С, а после него — маленький ангидрид, расплавленный при той же температуре (80 ± 5 °С), и вновь все перемешивают до однородного состояния.

Перед употреблением клей разогревают до нужной вязкости, но часто разогревать клей не рекомендуется. Поверхности, подготовленные для склеивания, тоже подогрева-

ют (до $50—70$ °С). Все работы необходимо проводить в сушильном шкафу с вытяжкой, в резиновых перчатках и респираторе.

Иногда деревянные винты оклеивают тонкой тканью, что предохраняет их от мелких повреждений и нарушения полимеровки мелкими частицами грунта и жестким снегом, а также ледяной крошкой.

Но независимо от оклейки или ее отсутствия лопасти следует обрабатывать очень чисто, чтобы сохранить высокий КПД воздушного винта.

Из какого бы материала не был сделан воздушный винт, он обязательно должен быть отбалансирован.

Материалы и конструкция дельтаплана. Наибольшее распространение в различных странах получил учебно-тренировочный аппарат «Атлас», разработанный французской фирмой «Ля Мойет». Этот аппарат был лучшим спортивным аппаратом на чемпионате мира в Гренобле в 1979 году, а через два года на нем А. Кареткин завоевал титул чемпиона на первом чемпионате страны.

Технические
данные «Атласа»

Удлинение	6,2
Угол стреловидности, град.	30
Размах, м	9,9
Длина килевой балки, м	3,5
Полуразмах поперечины, м	3,02
Длина боковой балки, м	5,7
Площадь крыла, м ²	15,8
Вес, кг	25
Максимальное аэродинамическое качество	8,5

На нем могут летать пилоты массой от 65 до 95 кг. Каркас «Атласа» состоит из набора труб размером 47×1,3, 44×1,6 и 40×1,3 мм. Рукоятка управления и мачта

изготовлены из труб 25×2,0 мм. Отечественная промышленность такой сортамент труб не выпускает. Материал купола — дакрон. Известные московские дельтапланеристы А. Рябцев и А. Бабкин использовали для этой конструктивной схемы наш сортамент труб и материалов (рис. 51).

Дельтаплан «Атлас» спроектирован по классической схеме аппаратов четвертого поколения, однако в его конструкции имеются особенности, обеспечивающие высокие эксплуатационные качества. Сборка аппарата из длинного пакета осуществляется одним че-

ловеком за 5—7 мин, благодаря продуманной системе эксплуатационных разъемов, число которых минимально — центральный узел, низ руко-

ятки управления и карабин на верхнем переднем тросе. У «Славутича-УТ» — для сравнения — таких разъемов семь. Фиксация разъемов осущест-

Таблица 4

Характеристики клеев ЭЗК-4, Д-2 и Д-96

Наименование компонентов и другие данные	Марки клея		
	ЭЗК-4	Д-2	Д-96
Эпоксидная смола, вес. ч.	100	100	100
Отвердитель (маленький ангидрид), вес. ч.	32—42	32—42	32—42
Пластификатор (полиэфир), вес. ч.	15—20	—	—
Алюминиевая пудра или диметиланилин, вес. ч.	10—50	0,2—0,5	—
Наполнитель (пылевидный кварц), вес. ч.	80—250	80—250	—
Карбонильное железо, вес. ч.	—	—	700—750
Внешний вид	Желто-коричневый	Желтый	Черный
Жизнеспособность, ч	48	—	48
Температура отверждения, °С:			
при первом режиме	100—120	120	120
при втором режиме	150—160	—	190±10
Время выдержки, ч:			
при первом режиме	8—10	10	10
при втором режиме	6—7	—	3—4

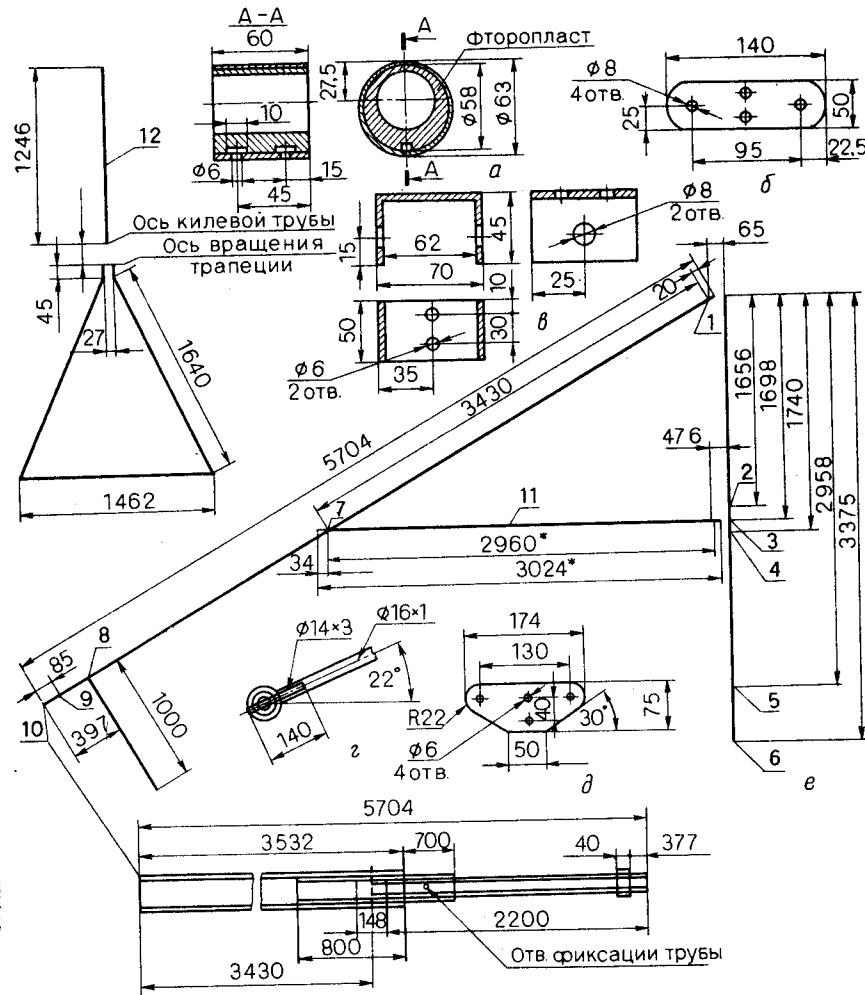


Рис. 51. Учебно-тренировочный дельтаплан «Атлас»:

а — втулка; б — пластина; в — скоба центрального узла; г — антипикующее устройство; д — пластина носового узла; е — силовой каркас; ж — отверстие диаметром 6 мм под носовой узел; з — отверстие диаметром 6 мм под фиксатор центрального узла; и — точка пересечения оси симметрии трапеции с килевой трубой; к — отверстие для крепления мачты; л — отверстие для крепления килевого кармана; м — килевая труба (диаметром 40×1,5 мм); н — отверстие под боковой узел; о — отверстие под антипикующее устройство; п — отверстие для крепления купола; р — боковая труба (диаметром 45×1,5; 42×1,0; 40×1,5); с — поперечная труба (диаметром 45×1,5 мм); т — мачта и трапеция АМГ6 (диаметром 26×2 мм)

вляется шпильками с шариковым замком, закрепленным с помощью тросика около соединительного узла.

Сдвигной центральный узел с фторопластовой втулкой обеспечивает «зонтичное» складывание аппарата. В центральном узле шарнирно крепятся рукоятка управления и оба пролета поперечины.

Для разборки аппарата достаточно сдвинуть вперед центральный узел, освободить низ рукоятки управления, расстыковать верхний карабин и отсоединить в носовом узле нижние тросы.

Для каркаса из отечественных труб используются дюралюминиевые трубы размером $45 \times 1,5$, $42 \times 1,5$ и $40 \times 1,5$ мм (Д16Т), для рукоятки управления и мачты трубы $25 \times 2,0$ мм (алюминиевый сплав АМг6). Нервюры изготовляют из труб размером $10 \times 1,0$ мм (дюралюминий Д16Т). Для системы тросовых растяжек служит авиационный трос КСАН — 2,5.

Купол дельтаплана (рис. 52) шит по обычной схеме, то есть полотнища располагаются параллельно килевой балке. Отверстия под мачту, верхние боковые и передний тросы в куполе усилены накладками из капроновой ткани. Предлагаемый чертеж купола рассчитан на применение лавсана.

Для определения формы дуги по передней кромке консоль нагружают усилием 10 кг. После нескольких часов полета производят ушивки по задней кромке. Чтобы опре-

делить величину ушивок, аппарат переворачивают на мачту и производят контрольные замеры в реперных точках, указанных на чертеже.

Усиление задней кромки выполнено подворотом кромки и вставкой лавсановой ленты. В местах упора нервюр карманы для них усилены накладкой из лавсана. В материале обтекателя уток располагается вдоль боковой балки. За базовую линию при раскрое купола принята указанная на чертеже линия АС.

Материалы и конструкция мотодельтаплана

В 1983 году конструкторы французской фирмы «Ля Мо-йет», производящей дельтапланерную технику под руководством Ж. Гюи, закончили разработку нового шасси с двигателем мощностью 36,8 кВт (50 л. с.), предназначенного для многоцелевого моторного дельтаплана, который получил название «Космос».

Время маломощных, ненадежных, тархтящих мотодельтапланов, едва отрывающихся от земли, уходило в прошлое. Рынок все более требовал высококачественных, надежных и комфортабельных аппаратов, позволяющих значительно расширить возможности мотодельтапланеризма. Многие страны заключили контракты на закупку «Космосов», в том числе СССР.

Весной 1984 года была осу-

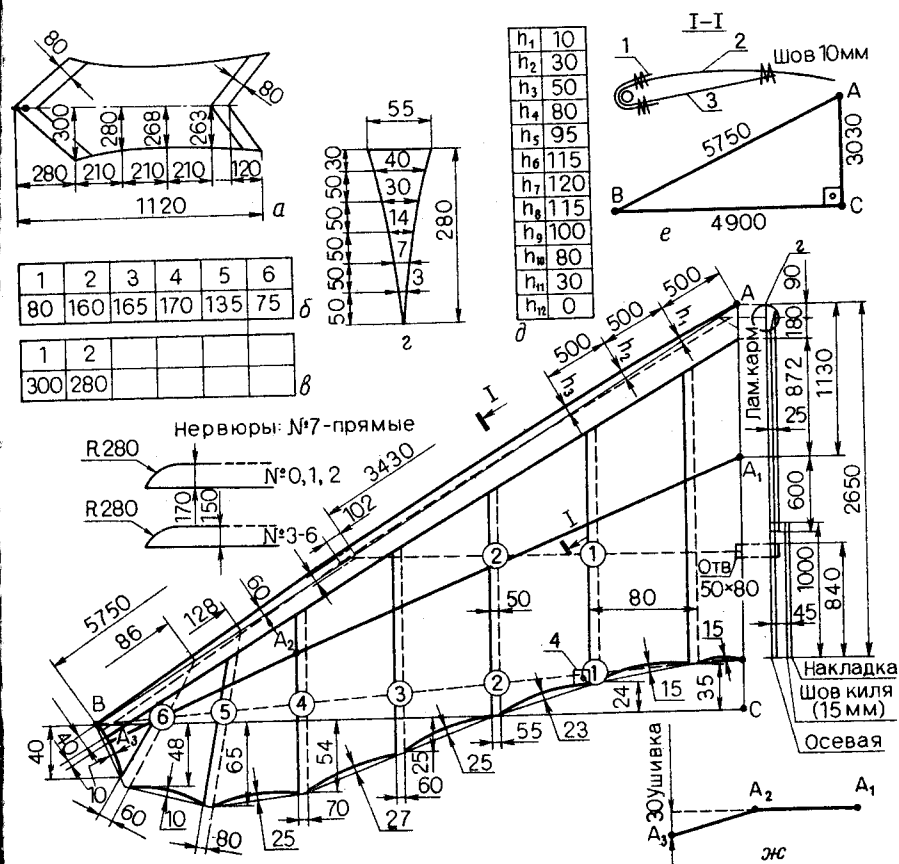


Рис. 52. Устройство купола дельтаплана «Атлас»:

а — килевой карман; б — точки замера провиса вдоль линии перегиба ВД; в — провис вдоль поперечной трубы; г — размеры ушивок в носовой части; д — координаты передней кромки (шаг 500 мм); е — базовый треугольник; ж — линия пришива нижней поверхности; 1 — обтекатель; 2 — купол; 3 — нижняя поверхность; 4 — люверс крепления троса антипикирующего устройства

ществлена буксировка дельтаплана-планера за «Космосом» 80-метровым нейлоновым тросом, который был пропущен через полую втулку воздушного винта, а затем — полеты с двумя дельтапланами на буксире одновременно. Начался новый этап в развитии дельтапланеризма — буксировочные полеты в равнинной местности. Те-

перь такие полеты практикуются национальными дельтапланерными клубами Франции, Италии, Австрии, ФРГ, Англии, Венгрии и других стран, в том числе и нашей.

Благодаря исключительно рациональной схеме и элегантной конструкции, техническая характеристика «Космоса» оказалась близка к классическому образцу многомст-

ных, многоцелевых сверхлегких летательных аппаратов с балансирным управлением.

Техническая характеристика «Космоса»

Вес пустого аппарата (с крылом «Профиль-19М»), кг	135
Вес крыла, кг	45
Грузоподъемность максимальная, кг	200
Скороподъемность, м/с:	
с одним человеком	6
с двумя людьми	3,5
Скорость, км/ч:	
максимальная	90
минимальная	45
Вертикальная скорость снижения с выключенным двигателем, м/с:	
с одним человеком	2,3
с двумя людьми	2,7
Продолжительность полета на одной заправке (11 л), ч	1

Длина пробега при взлете, м:
с одним человеком
с двумя людьми
Мощность двигателя, кВт (л. с.) 32 (44)
Тяга максимальная на месте, кг 110

На рис. 53 приведены основные геометрические размеры «Космоса» выпуска 1985 года.

Особенности конструкции

Для безопасности внутри балки пропущен трос диаметром 4,5 мм от шарнира до верхнего болта крепления крыла. Это есть создана напряженная конструкция.

Соединительные косынки выполнены из сплава на алюминевой основе. Лист толщиной 3,5 мм анодирован в черный цвет. Верхнее крепление «корзины» осуществляется заодно с моторной рамой

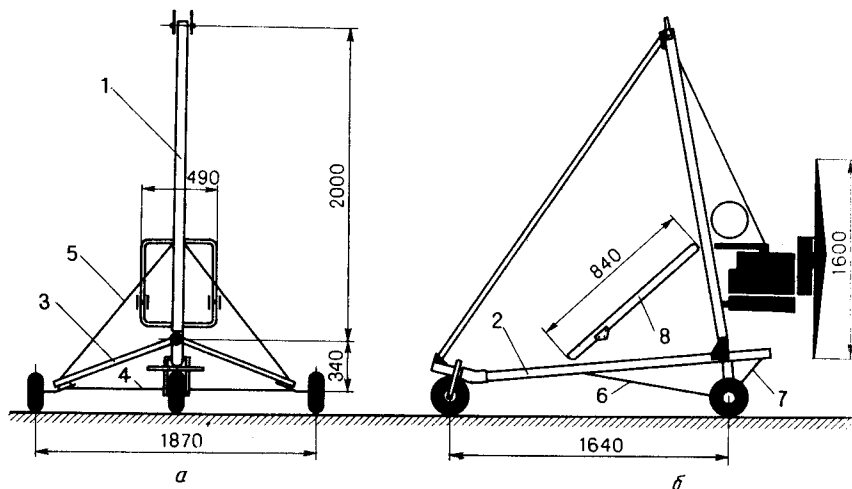


Рис. 53. Общий вид моторного модуля мотодельтаплана «Космос» (1985 г.): а — вид спереди; б — вид сбоку; 1, 2 — балка диаметром 53×1,3 мм, усиленная внутри трубой диаметром 50×1 мм (в местах сосредоточенных нагрузок установлены втулки диаметром 48×1,3 мм, эти трубы вступают в работу как элементы многослойной рессоры); 3 — балка диаметром 50 мм; 4 — два нижних троса диаметром 4,5 мм; 5 — верхние тросы диаметром 2,2 мм, образующие элементы фермы, работающие на растяжение (имеет тандер); 6, 7 — тросы, работающие в вертикальной плоскости (трос 7 имеет эксплуатационный разъем для быстрой сборки и разборки шасси); 8 — корзинка сиденья (трубы диаметром 25×2 мм), имеющая шарнир для складывания

а нижнее крепление выполняет также роль узла крепления подножек пассажира. В конструкции «Космоса» сталь использована в минимальном количестве: нижнее и верхнее крепление сиденья, узел переднего колеса, рычаги подвески задних колес и две пластины шарнирного узла навески крыла.

На задних бестормозных колесах (с камерами низкого давления) в качестве амортизаторов установлены резиновые шнуры. Это существенно повышает живучесть конструкции, поскольку обеспечивает хорошую энергоемкость системы при жестких посадках. От разрыва в случае критической нагрузки резиновые шнуры предохраняют ограничительным тросом.

«Космосы» не всех серий имеют такую амортизацию, выпускаются модели и с жестко закрепленными осями задних колес.

Переднее, управляемое колесо имеет барабанный тормоз, приводимый в действие педалью, расположенной в левой стороне поворотной вилки. Колесо подпрессорено двумя пружинно-гидравлическими амортизаторами. Предусмотрена регулировка жесткости перестановкой нижних головок амортизаторов в одно из двух отверстий шарнирного рычага. При этом изменяется плечо подвески.

Диаметр переднего и задних колес 400 мм. Покрышки практически лишены какого-либо протектора, чтобы обеспечить мотодельтаплану воз-

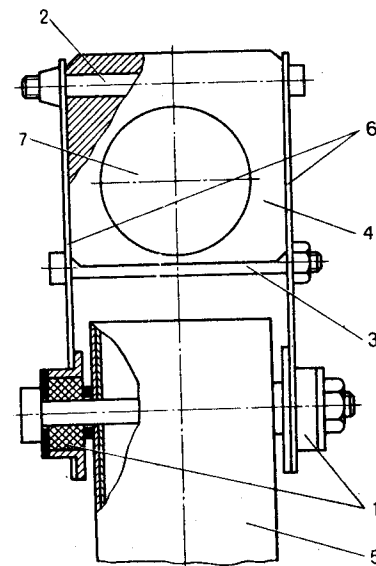


Рис. 54. Узел навески крыла:

1 — резинометаллические блоки; 2 — основной болт крепления крыла; 3 — поддерживающий болт; 4 — обойма скольжения; 5 — вертикальная балка; 6 — пластины крепления (2 шт.); 7 — отверстие для килевой балки крыла

можность проскальзывания при посадках с боковой составляющей. Этим уменьшается вероятность опрокидывания аппарата.

Конструкторы «Космоса» уделили много внимания узлу навески крыла. С первого взгляда может показаться, что его конструкция несколько усложнена. Однако опыт эксплуатации показал, что узел имеет высокую надежность и очень удобен в эксплуатации. Монтаж крыла легко выполняется одним человеком, без применения инструмента.

На рис. 54 показан эскиз узла навески крыла. В его конструкции применены в шарнирном соединении резинометаллические блоки 1. Это вы-

звано стремлением снизить величину пиковых нагрузок от скручивания, возникающих от вращения крыла при рулении. Кроме того, крыло получает возможность рыскать по курсу до 10° , что улучшает взлетно-посадочные качества аппарата в условиях бокового ветра.

Полетные нагрузки воспринимает болт 2 диаметром 10 мм. Нагрузки от веса крыла, а также связанные с ним нагрузки, возникающие при грубых посадках, воспринимает нижний болт 3. Одновременно он является центрирующим элементом при сборке.

Текстолитовая обойма 4, соединяющая крыло с шасси, обеспечивает управление по крену и позволяет дискретно изменять центровку путем сдвижки обоймы вдоль оси х килевой трубы и фиксации его от осевого перемещения штифтом.

Двухсрезное соединение стальным болтом М10 обеспечивает многократный запас прочности. Тем не менее предусмотрена независимая страховочная петля из стального троса диаметром 4 мм, которая, охватывая килевую балку в районе мачты, крепится на отдельном болте.

Достаточно большая колея шасси повышает устойчивость дельтаплана во время сложных посадок при боковом ветре и выруливания к месту старта.

Моторная рама состоит из двух тонкостенных стальных профилей, лишь прихваченных в трех точках сваркой,

но на них крепится массивный двигатель, весом более 35 кг. И кроме того, рама выдерживает 140 кг тяги, которую развивает воздушный винт на взлетном режиме. Нелишне вспомнить, что дельтапланеристы долго боялись сварных конструкций.

Рама успешно выполняет свои функции благодаря тому, что конструкторы очень хитроумно распределили все составляющие силы на три элемента крепления: вес двигателя и нагрузки, связанные с ним, воспринимают два стальных троса, соединенных с двигателем через резинометаллические амортизаторы. Осевую нагрузку, то есть тягу непосредственно от воздушного винта, воспринимают стальные профили, из которых сварена моторная рама. Часть нагрузки воспринимает нижнее крепление двигателя к вертикальной балке. Это же крепление выполняет роль и гасителя колебаний работающего двигателя. Таким образом, оказывается, что в целом виде, как это привычно, моторной рамы не существует. Ее функции с высокой степенью надежности выполняют другие элементы конструкции.

Опытные дельтапланеристы знают немало примеров, когда причинами серьезных неприятностей становилось отсутствие надежной контровки резьбовых соединений. Предусмотренные ГОСТами разъемные соединения не во всех случаях соответствуют требованиям, которые предъявляет

новая дельтапланерная техника. Здесь требуются простые, надежные, а главное, более быстродействующие устройства, чем шплинтовые соединения.

На «Космосе» все эксплуатационные разъемы осуществляются при помощи шпилек с шариковыми замками, срабатывающими от одного нажатия на кнопку. Они простые, надежны, но не предусмотренные нашим ГОСТом.

Усталость конструкции. Этот вопрос для дельтапланеристов в тот период, когда выходило первое издание книги, не стоял. Но когда полеты в турбулентных потоках приобрели обычный характер и когда все больше становится мотодельтапланов, конструкция которых воспринимает вибрации от работающего двигателя, вопрос усталости конструкции стал правомерен для сверхлегких летательных аппаратов вообще, и для дельтапланов в частности.

Усталостное повреждение конструкции происходит из-за воздействия на нее вторичных перегрузок. Разрушающая величина этих нагрузок может быть в несколько раз меньше максимальной статической нагрузки одноразового действия, которую способна выдержать данная конструкция. Поэтому конструкция современного дельтаплана должна подвергаться периодической проверке на отсутствие повреждений. Это может быть визуальный осмотр, магнитная дефектоскопия, ультразвуковой контроль и дру-

гие виды контроля. Особенно это необходимо после полетов с большими вибрациями, болтанки и жесткой посадки.

Осмотр болтовых соединений. В процессе эксплуатации дельтаплана (или мотодельтаплана) необходимо уделять внимание усталостной прочности крепежных элементов, имеющих резьбу.

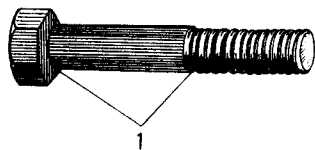
При проверке болтовых соединений следует обратить внимание на плотность посадки болтов. Статистика летных происшествий говорит, что болтовые соединения имеют усталостные разрушения, если болты работают на «чистый» срез, а отверстия под болты имеют увеличенные допуски. Именно в этих местах могут появляться трещины усталости и отсюда начинается разрушение конструкции.

Усталостное разрушение может произойти под воздействием пульсирующих растягивающих усилий.

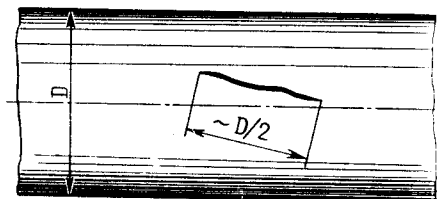
Правильный выбор формы (в частности формы перехода к цилиндрической части тела болта), высокая чистота обработки и предварительная затяжка положительно влияют на прочность. Следует избегать концентраторов напряжений — канавки под сбеги резьбы должны иметь радиусы.

На прочность болтов оказывают влияние способы их изготовления, особенно головки болта и резьбы.

У болта из углеродистых сталей наибольшее сопротивление усталости получается в том случае, если его головка



а



б

Рис. 55. Усталостные разрушения:

а — болт (1 — зоны, подверженные усталостному разрушению и подлежащие осмотру); б — трещина на дюралюминиевой трубе по месту коррозии (концентратору напряжений)

изготовлена методом горячей штамповки и обкаткой гальтелью или же механической обработкой из прутка, а наименьшее, если головка изготовлена горячей штамповкой или же холодной высадкой с механической обработкой.

Резьбовая часть наибольшее сопротивление усталостному разрушению оказывает у тех болтов, где она изготовлена методом накатки после термической обработки или же механической после термической. Наиболее ненадежными признаны те болты, резьбовые части которых изготовлены накаткой или же механической обработкой до термической.

Очень важно во время сборки аппарата соблюдать требования предварительной затяжки болтов, необходимой для создания напряженной конструкции. Усилия предварительной затяжки не суммируются с внешней растягивающей нагрузкой и поэтому амплитуда напряжений значительно снижается. Удовлетворительная точность предварительной затяжки может быть достигнута только при применении тарированного (моментного) ключа.

Но следует помнить, что эти ключи измеряют крутящий момент, приложенный к гайке. Трение в резьбе и головке зависит от их смазки. Поэтому при одном и том же (замеренном на тарированном ключе) крутящем моменте можно получить различную предварительную затяжку болта.

При осмотре болтов необходимо пользоваться лупой четырехкратного увеличения и обращать особое внимание на переходы резьбы к цилиндрической части болта и от цилиндра к головке.

На трубах усталостные трещины могут быть в местах отверстий под болты. Трубу стараются разгрузить втулкой или в отверстие развальцовывают трубку под болт.

Другая характерная причина разрушения трубы из дюралюминия — это образование трещины коррозионного происхождения (рис. 55).

Усталостные разрушения тросов бывают только по местам перегибов, в местах усталовки коушей.

Профилактический осмотр всей конструкции — необходимое условие безаварийности полетов.

Глава 8.

ПРИБОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Как нельзя создать абсолютно безопасный аппарат, так нельзя совершенно исключить возможность ошибки пилота. Свести к минимуму вероятность летных происшествий, вот задача комплекса мероприятий по безопасности полетов. Рассмотрим некоторые из них.

Программа безопасности

Каждый начинающий дельтапланерист мечтает о парящем полете. И чем раньше, тем лучше. Но необходимо последовательное освоение каждого шага, ведущего к вершинам мастерства.

В мире существует много различных методик обучения дельтапланеризму, отличия которых определяются местными условиями или личными пристрастиями инструктора. На основе изучения и анализа практики разных стран председателем подкомиссии по обучению и безопасности полетов Международной федерации дельтапланерного спорта Ш. А. Фоссумом разработана «Программа безопасности полетов», которая рассмотрена и согласована ФАИ и рекомен-

дована как международный стандарт по безопасности пилотирования и обучению дельтапланеризму. Разумеется, она будет и дальше совершенствоваться в каждой стране с учетом национальных особенностей. Но уже сейчас в Норвегии, насчитывающей свыше 1200 дельтапланеристов, после внедрения этой программы отмечено резкое сокращение летных происшествий.

Программа Фоссума разбивает обучение дельтапланериста на пять ступеней летного мастерства:

1. Бреющие полеты (когда не следует подниматься на высоту, при падении с которой нельзя уберечься от травмы);

2. Полеты на средней высоте (это высота и пространство без парящих полетов);

3. Полеты над холмами и возвышенностями (ступень, имеющая свои собственные подступени: от полетов над холмами с ровной поверхностью и ровным ветром до полетов над отвесными склонами в турбулентных условиях);

4. Парение в термических потоках (полеты повышенной сложности);

5. Полеты по маршрутам.

Весь цикл представляет собой естественную «лестницу», по которой должен подниматься ученик, совершенствуя свое летное мастерство безопасного пилотирования. Помимо этого имеются дополнительные ступени, как-то: выполнение фигур высшего пилотажа, экспериментальные полеты, полеты на моторных аппаратах и т. д. Автор считает, что такие полеты должны выполняться пилотами с профессиональной подготовкой по специально разработанным программам.

Кроме названных могут быть и другие этапы развития летного мастерства пилота, такие как переход на новую подвесную систему, или освоение новой стартовой площадки, или облет нового аппарата.

Всякий раз, когда осваивается новая ступень, статистика отмечает увеличение летных происшествий. При этом, если некоторые летные происшествия являются неизбежными в силу самой природы первооткрытия (как, например, в случае с Лилиенталем), то многих других могло бы и не быть, если бы у пилота была соответствующая подготовка.

Если проанализировать характер летных происшествий, причину которых в отчетах относят к «ошибке пилота», то обнаружится, что происшествия имели место из-за того, что пилот пытался выполнить задачу, к которой не подготовился полностью, или встретился с условиями, оказавшимися для него непривычными, или просто сделал то, что не должен был делать. Сейчас накоплен

большой объем знаний, достаточный для того, чтобы избежать большинства этих происшествий. Он получен как содружеством дельтапланеристов, так и заимствован из других областей авиации.

Первая ступень — брелые полеты. Это полеты над ровной местностью, как правило, не выше 5 м. Эта ступень, пожалуй, самая важная во всем процессе обучения, ибо именно здесь закладываются основы хороших или плохих привычек. В безопасной близости от земли необходимо начинать полеты на простом аппарате, над простыми холмами и в простых условиях, обретать уверенность в воздухе, веру в надежность аппарата и свои возможности, познавать и отрабатывать основные приемы пилотирования. При этом не следует пытаться производить взлет и полет в неустойчивых условиях, с боковым, попутным, сильным или порывистым ветром. Не нужно пытаться гасить скорость до сваливания (за исключением посадки) или разворачиваться с креном более 25°. Эта предосторожность диктуется тем, что при возможной потере управления из-за малой высоты трудно исправить ошибку и возобновить нормальный полет. Ученик первой ступени должен быть компетентен в вопросах предполетной подготовки, хорошо отработать технику взлета и посадки, регулирование скорости и управление по курсу. Особенно важно, чтобы в этот период он научился правилам повседневного ухода за техни-

кой и проведению тщательных предполетных осмотров.

Для приобретения достаточного опыта ученику рекомендуется самое малое четыре дня летной практики и выполнение 20 полетов. После выполнения всех аттестационных требований ему разрешается летать без наблюдения инструктора на склонах для начинающих в устойчивых условиях с легким и ровным встречным ветром.

Вторая ступень — полеты на средней высоте. Это полеты на достаточном расстоянии от земли, как правило, не более 50 м, с относительной свободой маневрирования. Ученик второй ступени должен научиться готовиться к полету и составлять план полета. На этом этапе он изучает и отрабатывает следующие основные маневры: управление скоростью, координированные развороты и их комбинации, легкие сваливания в полете по прямой и на разворотах. Он должен научиться делать поправки на снос ветра, точный заход на посадку и саму посадку. При этом не разрешается взлетать при боковом, попутном, порывистом или сильном (свыше 8 м/с) ветре, а также пилотирование в неустойчивых и турбулентных условиях. Все маневры должны выполняться против ветра во избежание сноса на склон. Развороты на 360°, облет вешки, сваливание должны выполняться с особой осторожностью и на надежном удалении от земли с возможностью успеть войти в нормальный режим полета в случае потери управления.

Для приобретения опыта ученику второй ступени рекомендуется пройти четыре дня летной практики и совершить 20 полетов после выполнения всех квалификационных требований. Как и для первой ступени, пилот должен сдать экзамены по знанию аэродинамики, метеорологии, конструкции дельтаплана и особенностей его управления, по правилам воздушного движения, физической и психологической подготовке пилота.

Третья ступень — полеты над холмами и возвышенностями. Это полеты в динамических потоках обтекания. У этой ступени много своих промежуточных этапов с постепенным усложнением условий — от легких, с широким диапазоном возможных воздушных потоков до предельных, сильных и турбулентных потоков. Если у пилота на этом этапе все идет успешно, не надо обольщаться мыслью, что все легко и просто. Неверный расчет или маневр могут привести к падению на склон с попутным ветром или сносу на подветренную сторону склона с опасными завихрениями.

Освоив полеты этой ступени, ученик должен уметь выполнять координированные развороты с малой потерей высоты, часто в экстремальных условиях вблизи от склона, наблюдать за полетами других аппаратов в воздухе и совершать маневры в соответствии с правилами воздушного движения. Он должен уметь опознавать все виды срыва потока и быстро восстанавливать нормальный режим полета. Здесь дается больше

времени на пребывание в воздухе и гораздо меньше времени на раздумье и исправление ошибки. Поэтому грамотная оценка обстановки, умелое управление и автоматическое владение навыками становятся на этом этапе первостепенно важными. К этому этапу пилот должен иметь 90 успешных полетов и общий налет не менее 5 ч, из них 1 ч парения в динамических потоках обтекания. Эта ступень завершает период ученичества, и ученик получает звание пилота. Дальнейшее совершенствование пилот получает по своему личному усмотрению путем посещения лекций, семинаров, групповых и индивидуальных занятий.

Четвертая ступень — парение в термических потоках. Здесь нужно быть готовым к полетам, приближенным к граничным параметрам безопасной эксплуатации техники как в отношении скоростей, так и нагрузок. В данном случае важно хорошо знать порядок выхода из аварийных ситуаций, таких, как, например, срыв потока, штопор, перевернутое положение крыла, и уметь пользоваться парашютом. Не следует переоценивать свои возможности и возможности техники. Оказавшись в сильной турбулентности, не нужно паниковать и пытаться выйти из нее за счет большой скорости — это только увеличит вероятность отказа техники или потери управления. Правильнее всего маневрировать с небольшой скоростью, применяя при необходимости небольшие углы крена.

Пилот четвертой ступени дол-

жен уверенно выполнять развороты на 360° влево и вправо с креном до 45° ; крутые виражи с максимальным тангажом влево и вправо; сваливания на разворотах на 360° и выход в нормальный режим; взлет и полет в условиях турбулентности.

К этому периоду обучения пилот должен иметь налет не менее 10 ч, из них 2 ч в условиях термических потоков. Считается, что на данной ступени пилот способен заботиться как о собственной безопасности, так и безопасности других.

Пятая ступень — маршрутные полеты. Это полеты с использованием восходящих потоков на значительное удаление от стартовой площадки с возможным возвращением на нее. Эта ступень характеризуется почти неограниченными возможностями от простых и легких полетов до полетов на сотни километров. Пределы таких полетов зависят от способностей, знаний, навыков, опыта и летного мастерства пилота, а также от его решительности. На этой ступени способности пилота испытываются в максимальной степени. Пилот должен правильно оценивать маршрут и полетные условия, чтобы не приземлиться в запретной зоне, или в месте, где возможно получение при посадке травмы, или в отдаленном, малонаселенном районе. Нужно иметь в виду, что любая травма может привести к самым серьезным последствиям. Пилот должен быть уверен, что всегда кто-то знает о его полете и что в случае необходимости будет

организован поиск. Если есть хоть небольшая вероятность посадки в отдаленном и пустынном районе, то необходимо взять в полет соответствующий условиям аварийный комплект.

Для получения звания пилота пятой ступени спортсмен должен иметь более 20 ч налета и три маршрутных полета минимальной дальностью 15 км.

Необходимой принадлежностью пилота является личная книжка, где в полном объеме должна быть отражена учебная программа (табл. 5). Инструктор по мере отработки и освоения учеником элементов программы регистрирует это в книжке и представляет своего подопечного к аттестации на звание пилота соответствующей ступени.

Как отмечалось, летные происшествия чаще всего случаются в период перехода пилота на более высокую ступень. Система обучения, разработанная Фоссумом, выравнивает эти ступени, придавая им форму естественного роста летного мастерства. Переход на новую летную ступень недопустим, пока пилот не освоит все элементы предыдущей ступени. В практике отмечены случаи, когда опытный пилот, совершая сложный полет, вдруг делает простейшую ошибку — в свое время он не освоил один из элементов низших ступеней.

Возможные ошибки и отказы

Рассмотрим некоторые типичные опасные ситуации, возник-

ающие из-за ошибки пилота.

Сваливание при взлете. Волнение перед стартом иногда настолько сковывает пилота, что все его знания куда-то улетучиваются и он забывает даже последние напутствия инструктора. Все внимание на старте необходимо подчинить набору взлетной скорости. Если подвесная система снабжена стременинами, то вставать в стремя надо на достаточном удалении от склона и от других аппаратов, когда дельтаплан войдет в нормальный режим полета.

Разворот на склон. Причиной возникновения подобной ситуации является преждевременный ввод аппарата в поворот. Нерешительность, вялый разбег, порыв ветра, большой угол атаки увеличивают вероятность этой ситуации.

Падение на склон с попутным ветром. При полете в сторону склона пилот может испугаться быстрого приближения земли и инстинктивно отдать ручку управления от себя, вместо того чтобы, наоборот, увеличив скорость, выполнить разворот от склона. Описанная ситуация, к сожалению, неоднократно повторялась и повторяется, как в практике наших пилотов, так и за рубежом.

Перед полетом начинающему пилоту не следует давать такое задание, при выполнении которого надо решать сразу несколько задач. Так, если пилот в одном полете сталкивается

Таблица 5

Учебная программа

Отработка элементов по ступеням	Ступени мастерства					Аттестация
	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7
I. Маневры на земле						
1. Эксплуатация, обслуживание, транспортировка						
2. Сборка, разборка, предполетный осмотр						
3. Переноска, управление на старте						
II. Взлеты						
1. Взлет при ветре до 5 м/с						
2. Взлет в штиль						
3. Взлет в турбулентных условиях						
4. Взлет с боковым ветром						
5. Взлет при ветре до 12 м/с						
6. Взлет с отвесного склона при слабом ветре						
7. Взлет с отвесного склона при сильном ветре						
8. Взлет и входение в спокойный поток						
9. Взлет и набор высоты в турбулентном потоке						
10. Взлет с большой высоты						
III. Развороты						
1. Изменение курса менее, чем на 45°						
2. Разворот на 90° влево и вправо от малого до среднего радиуса						
3. Разворот на 180° влево и вправо от малого до среднего радиуса						
4. Разворот на 360° влево и вправо от малого до среднего радиуса						

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7
5. Крутые развороты на 360° влево и вправо с доведением угла тангажа до максимального						
6. Развороты с минимальным снижением (выполняются медленно и плавно)						
IV. Маневры с контролем скорости						
1. Маневр на скорости сбалансированного режима						
2. Маневр на максимальном качестве						
3. Маневр с минимальным снижением						
4. Маневр на больших скоростях						
5. Маневр в потоке						
6. Маневр в условиях турбулентности						
V. Маневры с учетом ветра						
1. Полеты «крабом»						
2. Полеты со встречным и попутным ветром на максимальном качестве						
3. Полеты по «коробочке»						
4. Полеты по спирали с постоянным радиусом						
5. Восьмерки с постоянным радиусом						
VI. Заход на посадку и посадка						
1. Заходы на посадку и посадки						
2. Нормальные посадки						
3. Посадки в цель						
4. Посадки на ограниченную площадку с препятствиями или без них						
5. Посадки на вершину						
6. Посадки на склон						
7. Посадки с боковым, попутным ветром и в условиях турбулентности						
VII. Аварийные ситуации						
1. Сваливание на крыло в прямолинейном полете						

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7
2. Сваливание на крыло при развороте (с различным креном)						
3. Сваливание на крыло при взлете						
4. Сваливание на крыло при заходе на посадку и посадке						
5. Сваливание на крыло при входе в поток						
6. Сваливание на крыло при сдвиге ветра (попутном, порывистом)						
7. Неудачные взлеты						
8. Штопор						
9. Неуправляемые пикирование, спирали, сваливание на крыло						
10. Перевернутое положение в пространстве						
11. Полет при ограниченной видимости						
12. Вынужденные посадки на деревья, водную поверхность						
13. Использование парашюта						

Примечание. Некоторые маневры не следует отрабатывать ввиду их опасности: пилот должен изучить их и твердо знать, как действовать при попадании в эти аварийные ситуации.

с рядом новых моментов, например, новая подвесная система, новая стартовая площадка, новые ветровые условия, вероятность ошибки пилота резко возрастает.

Потеря скорости, зависание — эта ошибка была самой массовой в 1980 году у дельтапланеристов США, даже тех, кто имел достаточно высокую подготовку 37 инцидентов, из них 8 со смертельным исходом по причине потери скорости в момент старта, при парении и

на посадке. Крыло послушно лишь на скорости. Вот пример из нашей практики, еще раз подтверждающий это и так, как казалось бы, ясное положение.

Зональные соревнования на Урале. Высота старта 100 м. После старта спортсмен отдает ручку от себя, видимо, желая терять высоту, и теряет скорость. Появляется крен и аппарат начинает разворачиваться. По курсу — одиночное дерево высотой 10—12 м. Уже вблизи дерева пилот, желая перелететь

его, еще больше отдает ручку управления, что приводит к скольжению аппарата. В таком режиме, цепляясь консолью за крону, аппарат разворачивается носом вниз и со скоростью несется к земле.

Еще одна, нельзя сказать типичная, но так и не исчезающая полностью ошибка пилота. Тщательно проведя предполетный осмотр аппарата, он забывает прицепить подвесную систему к аппарату. Опытный швейцарский пилот стартует на «Сапфире», тоже забывает провести эту операцию. В воздухе он инстинктивно хватается за ручку управления, не пытаясь воспользоваться парашютом. Через некоторое время силы покинули его и он отпустил ручку.

Чемпионат ФРГ по буксирным полетам. Опытный пилот после неудачной отцепки дельтаплана от буксировщика повторяет старт. В горячке он забывает застегнуть карабин на аппарате, но не забывает закрепить буксирный трос. После старта до высоты 15 м пилот держится за боковые стойки. Дельтаплан начал резко скользить вбок, но механик лебедки не сбросил тягу. В результате аппарат оказался на кроне дерева, а пилота выбросило на землю.

Еще один пример той же ошибки. Пилот из ФРГ на аппарате «Файербед-С11-спорт» заменяет штатный узел подцепки петель из перлона. Страховочная петля отсутствует. После старта петля развязывается, пилот некоторое время держится на трапедии,

но после пяти крутых неуправляемых спиралей срывается.

Что нужно, чтобы избежать этой не столь уж частой, но роковой ошибки? Принять за правило после подцепки проверять подвесную систему, принимая еще до старта полетное положение.

Опытные пилоты обсуждали вопрос, можно ли спастись в этой ситуации. Если стартовый склон пологий, то ясно, что аппарат сразу надо отпускать, пока высота полета небольшая. В полете, как известно, можно управлять дельтапланом, стоя на трапедии и перемещая тело вперед или назад. Долго висеть на руках в потоке воздуха ни один даже очень сильный человек не выдержит. Но как забраться на трапедию? Подъем вперед, как это делают гимнасты на турнике, — аппарат войдет в режим пикирования. Надежнее, забросив ноги на трапедию, подтянуться туда всем телом. В любом случае здесь от спортсмена потребуются и мужество и физическая сила.

Снос ветром. При парении над склоном в сильный ветер может случиться, что аппарат не сможет продвигаться вперед против ветра и его начнет сносить за склон. Такая ситуация чаще всего случается над суживающимися лощинами или над пологой частью перегиба крутого склона. С высотой сила ветра растет, поэтому снос может произойти и при парении в динамическом потоке обтекания на высоте. Самое лучшее решение — это предупредить снос.

Вблизи большинства возвышенностей на подветренной стороне может возникать опасная турбулентность. Если появляется опасность сноса, то надо постараться набрать максимальную высоту в восходящем потоке, и при сносе за линию перегиба развернуть аппарат носом по ветру, а затем преодолевать турбулентную зону на максимальной высоте.

В большинстве видов спорта, сопряженных с риском травматизма, в систему обучения спортсмена входит и выработка навыков самостраховки. К сожалению, в дельтапланеризме такая подготовка проводится явно недостаточно. Статистика свидетельствует о том, что немало травм было получено при падении с малой высоты или даже просто при грубой посадке. В то же время, москвичи были свидетелями, как пилот дельтаплана, у которого на высоте более 20 м сложилось крыло, упал на склон, четко сгруппировавшись, и отделался легким испугом. Аппарат сложился в воздухе оттого, что его создатель лишь слегка обжал заделки тросов, надеясь в летных испытаниях отрегулировать их до оптимальной длины.

В дельтапланерном клубе Московского авиационного института разработали рекомендации по самостраховке дельтапланериста при падениях.

Предлагаются два способа. Первый — группировка, как это делает вратарь, рекомендуется при падении с малой скоростью и с малой высоты. Такие падения характерны, в основном,

для начинающих. Спортсмен в этом случае должен, бросив ручку управления, сжать ладони в кулаки и прижать к лицу для защиты глаз, а локти к туловищу, голову втянуть в плечи. Нельзя встречать землю вытянутой вперед рукой или держась руками за трапецию это чревато вывихами или переломами, что не раз отмечалось на практике. Хотя группировка — это инстинктивная защитная реакция, целесообразно ее отработать на тренажерах.

Второй способ применяется при падениях с большой высоты и с большой скоростью. Спортсмен должен перейти в вертикальное положение, держась за боковые стойки ручки управления, непосредственно перед землей выбросить аппарат вперед, чтобы конструкцией самортизировать удар, сгруппироваться, плотно сжав ноги и слегка согнув их в коленях, руками прикрыть лицо. В последний момент он должен напружить тело, выдохнуть, встречая землю ногами, и по возможности переводя падение в скользящий удар.

Парашют дельтапланериста

Практически в любой опасной ситуации, грозящей пилоту неблагоприятным исходом, у него всегда есть надежный и верный друг — парашют.

В настоящее время из множества различных вариантов применения на дельтаплане парашюта можно выделить три основных. Первый — это парашютная система спасения Бил-

ла Беннета, при которой парашют в полете находится в сложенном состоянии на груди пилота в двойной укупорке. При аварийной ситуации пилот выбрасывает парашют с внутренней укупоркой, и тот под действием собственного веса падает вниз на полную длину фала, после чего происходит раскрытие укупорки. Освободившись от нее, парашют сносится воздушным потоком назад, и начинается наполнение его купола. Дельтаплан, тормозящийся парашютом, снижает свою скорость и переходит в положение носом вниз под парашютом, с небольшой вертикальной скоростью опускаясь на землю. Пилот в это время должен пронырнуть ногами вперед через трапецию и, держась руками за боковые стойки, приземлиться на ноги.

Второй вариант, нашедший наибольшее распространение, это система Штоллингера. В отличие от системы Беннета, парашют укладывается в одинарную укупорку — наружный чехол, при раскрытии которого парашют сразу сносится воздушным потоком назад. Далее все происходит аналогично первой схеме. Однако в данном случае парашютная система может запутаться вокруг нижних тросов. Во избежание этого пилот должен осмотрительно производить отброс парашюта назад.

Третий вариант — это система спасения «Хелп систем». Парашют здесь уложен в специальный контейнер обтекаемой формы, который закреплен на самом вершине мачты. По команде, с помощью спираль-

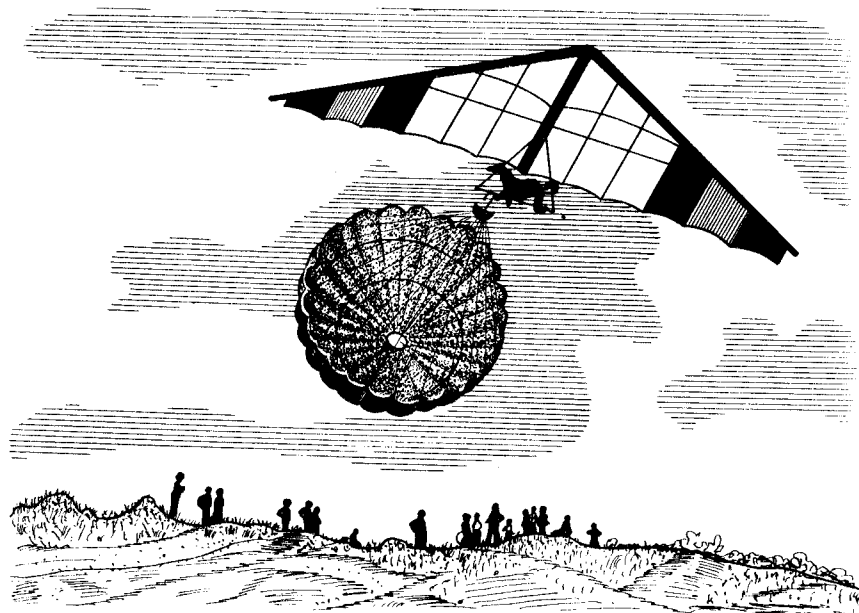
ной пружины раскрывается вытяжной парашют, который вводит в действие основной парашют. Спасательный парашют раскрывается над дельтапланом, и несущая поверхность крыла остается в горизонтальном положении, сохраняя частично свои собственные парашютирующие свойства.

Во всех трех схемах парашютный фал крепится к карабину подвесной системы пилота, причем в варианте «Хелп систем» он проходит к карабину через отверстие в куполе под мачту.

Нагрудное расположение парашюта в первых двух случаях несколько стесняет пилота в движениях. Третий способ лишен этого недостатка. Однако наличие на мачте противовеса — «чужой головы», как окрестили его пилоты, влияет на управление аппаратом. Правда, по заявлению пилотов, они довольно быстро привыкают к противовесу, и управление аппаратом не вызывает особых затруднений.

Площадь купола спасательных парашютов дельтапланериста колеблется от 25 до 55 м², время раскрытия от 1 до 2 с, масса от 2 до 4,5 кг. Скорость снижения вместе с дельтапланом и пилотом в зависимости от нагрузки изменяется от 5 до 7,5 м/с. Длина фала составляет 4—6 м (рис. 56).

Для моторных аппаратов площади парашютов возрастают до 80—86 м², а скорости снижения повышаются до 9 м/с. Для приведения такой системы в действие применяются механические или пиротехнические

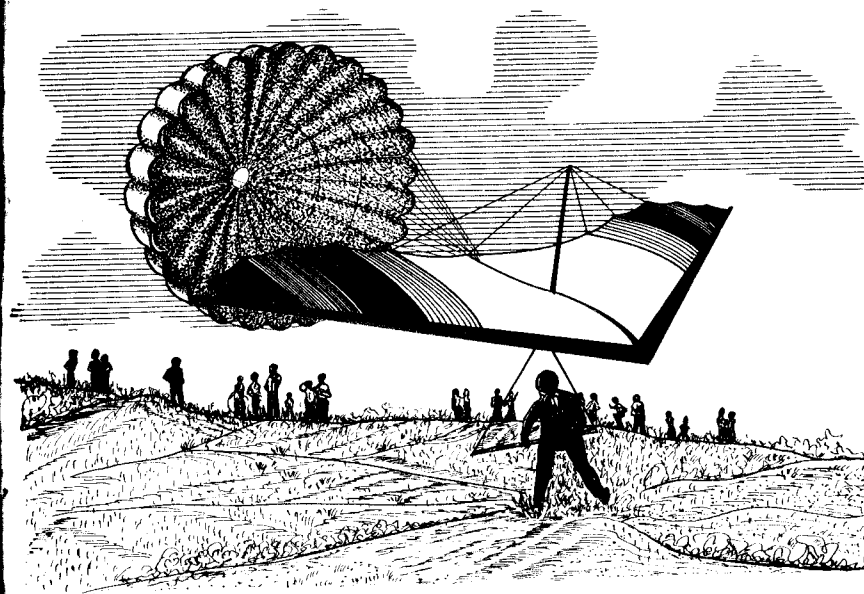


а

средства выброса. Хотя с мото-дельтаплана возможен прыжок с индивидуальным парашютом, но система спасения рассчитана на спуск совместно летательного аппарата и пассажиров.

С учетом времени приведения спасательной системы в действие применение парашюта на малых высотах (ниже 40—60 м) нецелесообразно. При полетах на высотах свыше 100 м пилот обязан иметь парашют. Разработчики спасательных парашютных систем гарантируют сохранность жизни пилота, но допускают возможность незначительных травм или повреждения аппарата. Правда, во многих случаях при использовании парашюта ни пилот, ни аппарат не подвергались значительным перегрузкам.

Одним из эксплуатационных требований к парашютной системе является исключение возможности самопроизвольного введения ее в действие. Что при этом может произойти, рассказал тренер сборной страны Валерий Жеглов. Осенью 1986 года он был командирован на Кубу для оказания помощи кубинским друзьям в освоении дельтапланеризма. Работа проходила успешно, были определены места для проведения полетов, несколько кубинцев получили первоначальную подготовку и начались самостоятельные полеты. В день, завершающий учебный курс, Валерий должен был провести с одной из вершин показательный полет. Собрав аппарат и оставив около него подвесную систему,



б

Рис. 56. Испытания спасательного парашюта дельтапланериста на дельтадроме «Петровские горки»: а — раскрытие парашюта в полете; б — проверка раскрытия парашюта на земле

он пошел к месту старта оценить метеоусловия полета. В это время любознательные ученики стали изучать устройство подвески своего советского инструктора, осматривать уложенный в ней парашют и напоследок забыли плотно закрыть ворсистую молнию клапана, закрывающего чехол с парашютом. Ничего об этом не знавший Жеглов надел подвесную систему и, пристегнувшись к крылу, стартовал. В первые же секунды полета поток откинул клапан и парашют стал выбиваться из кармана. Одной рукой держась за ручку управления, Валерий пытался другой

затолкнуть парашют на место. Все было бесполезно! Придерживая локтем «бунтующий» парашют, Валерий отошел подальше от склона горы, туда, где кончались колючие кустарники, и дал парашюту волю. Все прошло согласно инструкции и пилот вместе с дельтапланом мягко совершил посадку. Ни пилот, ни аппарат не получили никаких повреждений. Кубинские друзья восторгались инструктором, полагая, что тот согласно своей программе демонстрировал им способ применения парашюта. Валерий был раздосадован случившимся, но в то же время

наглядно убедился в безотказности и надежности спасательного парашюта дельтапланериста.

Такой парашют разработан в нашей стране. Он прошел всесторонние испытания и запущен в серийное производство. Уже в этом году первые партии спасательного парашюта для дельтапланериста поступят в дельтаклубы страны.

Помощники пилота

Нужны ли дельтапланеристу навигационные приборы? По этому вопросу у пилотов не всегда бывает единое мнение. Птица летает без приборов, а дельтапланеризм на сегодня — это максимальное приближение к свободному птичьему полету. Птицы умеют чувствовать и находить в воздухе восходящие потоки, инстинктивно определяют нужную в полете скорость или угол атаки крыла при посадке. В какой-то мере эти способности присущи и дельтапланеристу. Но можно ли обойтись только врожденными чувствами и благоприобретенным опытом? Практика подсказывает, что этого недостаточно. Во-первых, не у всех эти чувства развиты одинаково и в достаточной степени. Во-вторых, при полетах в условиях сильной турбулентности, когда случается, ручку управления вырывает из рук, пилот на какое-то время теряет способность правильно ориентироваться во времени и пространстве, и только приборы могут дать объективную оценку режима

полета. Очевидно, полагая, что рукотворные навигационные приборы уступают созданной природой, известный дельтапланерист Руди Кишхази решил летать вместе с орлом. Эта мысль пришла спортсмену, когда однажды за ним на высоте 2000 м длительное время следовала пара орлов. Он поделился своей мечтой с директором зоопарка в городе Кинцхейм в Эльзасе. И тот предложил ему вырастить и научить летать птенца орла, появившегося на свет в инкубаторе.

Бризи с самого своего появления на свет знала только людей. Заменивший юной орлицей родителей, Руди постоянно навещал Бризи, с любовью ухаживал за ней, кормил ее, стараясь создать по возможности естественные условия развития. Под присмотром своего «приемного отца» Бризи развивалась очень быстро.

Первые свои попытки летать она начала с маленьких подскоков в воздух во время многочисленных прогулок в окрестностях Шамоникса. А далее бывший инженер стал брать свою «приемную дочь», если погода была благоприятной, в полеты на дельтаплане. Ученица оказалась весьма способной. После первого же успешного старта с дельтаплана она по сигналу свистком снова села на руку своего учителя. Так начался новый этап воспитания.

Сначала Руди боялся, что Бризи может повредить себе крылья, задев при посадке за тросы дельтаплана, или сесть на толстую кожаную крагу, что

при мощных когтях орлицы было не очень желательно. Но вскоре эти опасения рассеялись: Бризи досконально знает свой аппарат, четко подлетает снизу к пилоту, минуя тросы, и мягко садится на свое, ставшее привычным, место. Не представляют для нее затруднений также плохая погода или сильная турбулентность. Летает ученица, кстати, лучше и быстрее своего учителя. Аэродинамическое качество орлиного крыла равняется 22, а дельтаплана всего 9. Также не может соперничать Кишхази на своем аппарате с орлицей и в скорости полета: Бризи легко развивает скорость до 80 км/ч, в то время как дельтаплан без большой скорости снижения позволяет достигать лишь 40—50 км/ч. Но Бризи не всегда демонстрирует свои преимущества перед искусственным крылом. Чаще она предпочитает лететь рядом с дельтапланом, выдерживая ту же скорость и высоту. Хотя учитель уже больше ничему не может научить свою воспитанницу, верная Бризи всегда остается полезной для Руди: она может с помощью всего десяти тонких нитевидных перьев на концах своих крыльев улавливать не только мощные, но и самые слабые восходящие термические потоки.

Пилоты только мечтают о волшебных очках, которые позволяли бы видеть невидимые термические потоки. Руди Кишхази нашел себе живой сказочный прибор — орлицу Бризи, которая указывает ему в воздухе, куда держать путь.

Основные характеристики, величины которых надо знать пилоту при том или ином режиме полета, — это воздушная горизонтальная скорость, вертикальная скорость и высота полета.

При нормальном полете пилота прежде всего интересует воздушная скорость аппарата. Ее не надо путать с путевой, то есть скоростью полета относительно земли. Особенно не следует забывать эту разницу при полетах вблизи земли. Опасаясь кажущегося зависания при полете против ветра, или наоборот, теряя скорость в полете с попутным ветром, пилоты не раз попадали в опасные ситуации.

При парении в динамических потоках обтекания, а особенно в термических потоках, главным для пилота становится знание вертикальной составляющей скорости. 1977 год — год массового освоения полетов в термических потоках был назван «годом вариометра» в честь прибора, выполняющего для дельтапланериста те же функции, что и нитевидные перья для орла.

Знание высоты особенно важно при полетах в горных условиях, когда по привязке основных ориентиров к высотным отметкам можно оценивать запас высоты, грамотно строить маршрут и выполнять различные маневры. При маршрутных полетах на соревнованиях все тактические и стратегические расчеты базируются на показаниях высотомера.

При всех официальных попытках установления рекорда

на дельтаплане обязательно должен быть барограф — самописец, регистрирующий с привязкой ко времени высоту траектории полета. Для судейской коллегии его показания служат средством объективного контроля, что пилот совершил полет без промежуточных посадок и без посторонней помощи. Рекорд, даже подтверждаемый множеством свидетелей, но совершенный без барографа на борту, к рассмотрению авиационной федерацией не принимается.

Прибором для измерения воздушной скорости служит указатель скорости (УС). Принцип его действия основан на замере разности между полным и статическим давлениями в полете. Он состоит из приемника воздушного давления, включающего камеры статического и полного (статического и динамического) давлений, и чувствительного дифференциального манометра. Чем больше скоростной напор, тем больше отклонение стрелки прибора, отградуированного в единицах измерения скорости. Промышленностью пока не выпускается прибор с диапазоном скоростей, пригодный для дельтапланеристов. Поэтому пилоты используют в чистом виде или с доработкой, повышающей его чувствительность, прибор УС-250. Диапазон измеряемых им скоростей от 20 до 250 км/ч, точность показаний ± 3 км/ч. Масса прибора 460 г, габариты $116 \times 82 \times 100$ мм.

Московскими пилотами еще в 1977 году применялся простейший индикатор скорости, пред-

ставлявший собой пластмассовую планку длиной 40 см, выпускаемую промышленностью для установки стекол в книжных полках. Свободно закрепленная на передних тросах в полете при сбалансированной скорости полета она располагалась параллельно тросам. На высоких скоростях поднималась выше, а на малых — ниже тросов. Если предельно сверить ее полетное положение с показаниями указателя скорости, то это будет простейший способ контроля воздушной скорости в полете.

Как уже говорилось, для измерения вертикальной скорости служит вариометр. Принцип его действия основан на том, что с высотой давление падает. Это тот же чувствительный дифференциальный манометр, смонтированный в него капилляром. Выпускаемые серийно промышленностью вариометры с диапазоном измерений до ± 10 м/с вполне пригодны для дельтапланов. За рубежом рядом фирм выпускаются вариометры, разработанные специально для дельтапланов. Некоторые из них являются акустическими вариометрами, то есть вместе с показаниями на шкале они звуковыми сигналами разной частоты сообщают пилоту, в какую зону он попал — восходящих или нисходящих потоков.

Для определения высоты полета служит высотомер, действие которого, как и вариометра, основано на изменении атмосферного давления с изменением высоты. Для дельтапланеристов полностью подхо-

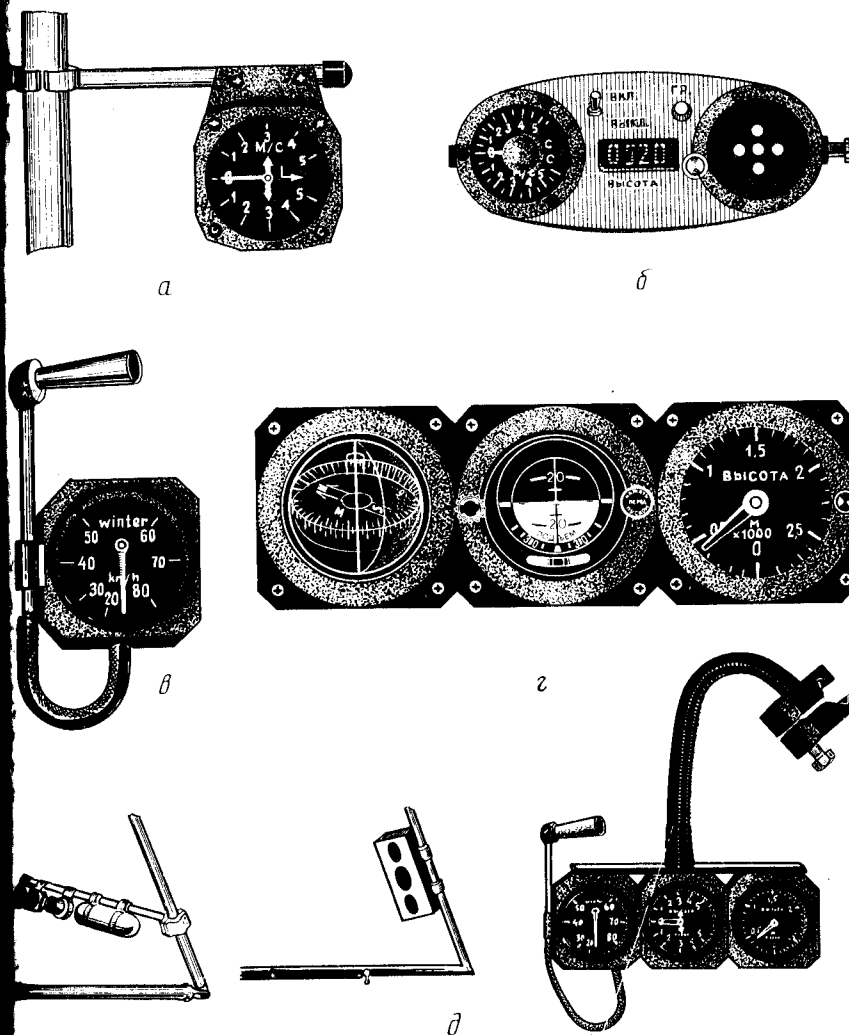


Рис. 57. Навигационные приборы для дельтапланериста:

а — электронный акустический вариометр, инерционность менее 1 с, размеры 80×135 мм, автономное питание на 8 ч; б — электронный акустический вариометр с высотомером (диапазон измерений ± 5 м/с, инерционность менее 1 с, автономное питание на 8 ч, размеры $200 \times 85 \times 100$ мм); в — указатель скорости типа «Винтер» (диапазон измерений от 0 до 80 км/ч); г — комплект приборов: компас КМ-48, указатель скольжения (креноскоп) и авиаторизонт (указатель угла планирования), высотомер с диапазоном измерений от 0 до 3000 м; д — способы размещения навигационных приборов на рукоятке управления

дит парашютный высотомер, который, благодаря его малой массе и размерам, можно носить на руке, как часы. Прибор отличается высокой точностью показаний, не уступая в этом большинстве зарубежных аналогов, и обеспечивает измерения до высоты 6000 м.

Так как атмосферное давление даже на одной высоте не бывает постоянным, то перед полетом высотомер надо выставлять по какой-либо контрольной высотной отметке. При желании его можно выставить на «ноль» по отношению к месту старта или посадки. Тогда в полете дельтапланерист будет знать свой запас высоты относительно места приземления. Одновременно высотомер может служить и барометром: если его показания растут, значит, давление падает, если снижаются, значит, давление растет.

Обычно приборы размещают на приборном щитке, который крепится прямо на боковой стойке рулевой трапеции, или на выносной штанге. В настоящее время на смену механическим приборам приходят электронные схемы. Приборы становятся компактнее, увеличивается точность их показаний, снижается масса. Современный приборный комплект для дельтаплана, включающий до пяти приборов, весит меньше, чем один прибор, работающий на механическом принципе (рис. 57). Но и стоимость такого комплекта приближается к

стоимости самого дельтаплана.

Приборы, основанные на электронике, давно разработаны для спортсменов и конструкторов. Сергей Казанцев. Сейчас на базе его разработок к выпуску приборов приступает одно из предприятий. С отнесением дельтаплана и сопутствующему оборудованию к товарам широкого потребления у промышленности появился к дельтапланерной технике определенный интерес. И, возможно, мечта дельтапланеристов о совершенной отечественной дельтапланерной технике наконец-то станет явью.

Помочь дельтапланеристу оценить перед стартом метеорологическую обстановку должен прибор для измерения скорости ветра — анемометр. Из выпускаемых нашей промышленностью можно рекомендовать ручной анемометр АРИ-49 (ГОСТ 7193—74). Диапазон измеряемой им скорости ветра от 2 до 30 м/с, масса прибора 350 г, срок службы 6 лет. Его можно использовать при температуре от —40 до +45 °С. При замере ветра прибор держат на значительном удалении от земли, не заслоняя его телом или другими предметами. Принцип действия анемометра основан на измерении угловой скорости вращения трехчашечной вертушки с помощью электрического индукционного тахометра. Показания снимают через 5—10 с после установки прибора с учетом его инерционности.

Глава 9.

ВИНТОМОТОРНАЯ ГРУППА (ВМГ) ДЕЛЬТАПЛАНА

Иногда мы наблюдаем удивительные возвращения, но с техническим решением уже на новом уровне. Современные сверхлегкие летательные аппараты (СЛА) по терминологии 30-х годов назывались бы авиетками. Правда, современное понятие СЛА более широкое, чем было заложено в понятие авиетки. Но она, несомненно, входит в понятие СЛА.

Под авиеткой понимался летательный аппарат, занимающий промежуточное положение по мощности двигателя между мотопланером и самолетом (табл. 6).

В 30-е годы любительское строительство авиеток было

достаточно распространено. В этих аппаратах сочетались высокие аэродинамические качества легкого самолета, легкость мотопланера и собственная компактность (малые размеры).

Правда, в те годы существовало мнение, что, вследствие малого запаса мощности, управление подобным летательным аппаратом доступно лишь летчику высокой квалификации, а потому практическое значение авиеток невелико.

Современные мотодельтапланы и другие СЛА опровергли это утверждение. Проектирование авиеток послужило базой для разработки современ-

Таблица 6

Классификация летательных аппаратов спортивной авиации в зависимости от мощности двигателя

Летательный аппарат	Мощность двигателя, л. с. (кВт)
Мотопланер	5—15 (3,68—11,04)
Авиетка	20—30 (14,72—22,08)
Мотодельтаплан	5—60 (36,8—44,16)
Спортивный самолет	40—300 (29,44—220,8)

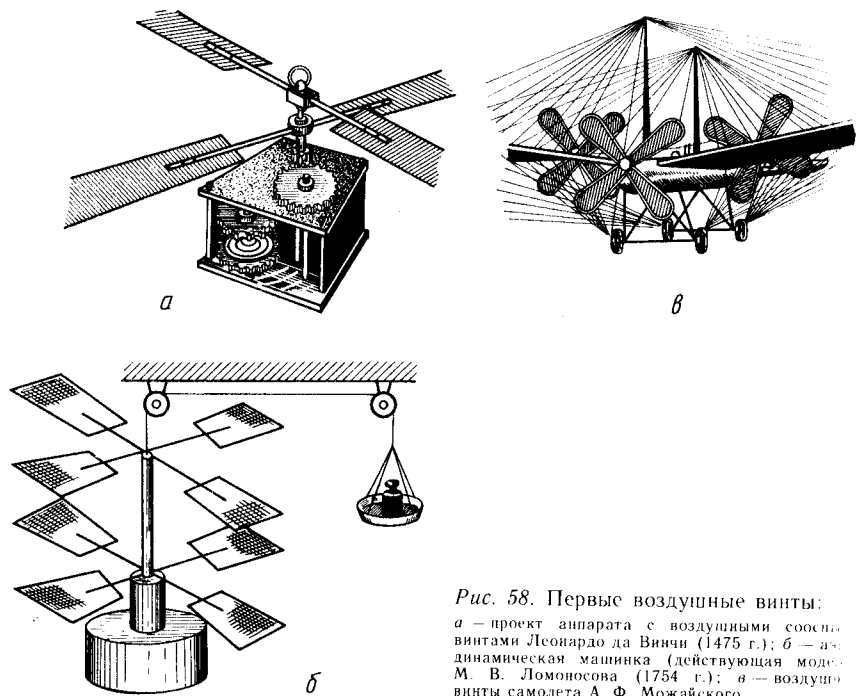


Рис. 58. Первые воздушные винты: а — проект аппарата с воздушными винтами Леонардо да Винчи (1475 г.); б — динамическая машинка (действующая модель) М. В. Ломоносова (1754 г.); в — воздушные винты самолета А. Ф. Можайского

ных СЛА, особенно их винтомоторная группа (ВМГ). Достижения тех лет используются и сегодня, прежде всего в области проектирования и изготовления воздушных винтов фиксированного шага (ВФШ).

В настоящее время воздушный винт представляет собой по форме и конструкции сложный механизм.

Геометрические характеристики винта

Над формой и размерами воздушных винтов размышляли еще ученые XVI—XVIII веков (рис. 58), но практическое применение они нашли только в XX столетии (рис. 59).

Воздушные винты применяются на мотопланах, СЛА, самолетах, вертолетах, автожирах, глиссерах, аппаратах на воздушной подушке и аэросанях, то есть на летающих, плавающих и едущих аппаратах. Главной геометрической характеристикой винта является его диаметр D (а следовательно, и его радиус R), равный диаметру окружности, описываемой концами лопастей. С диаметром винта непосредственно связаны масса винта, сила тяги, потребляемая мощность и габариты.

Условия применения винта накладывают ограничения на величину его диаметра. Так, например, в случае создания моторного дельтаплана или дру-

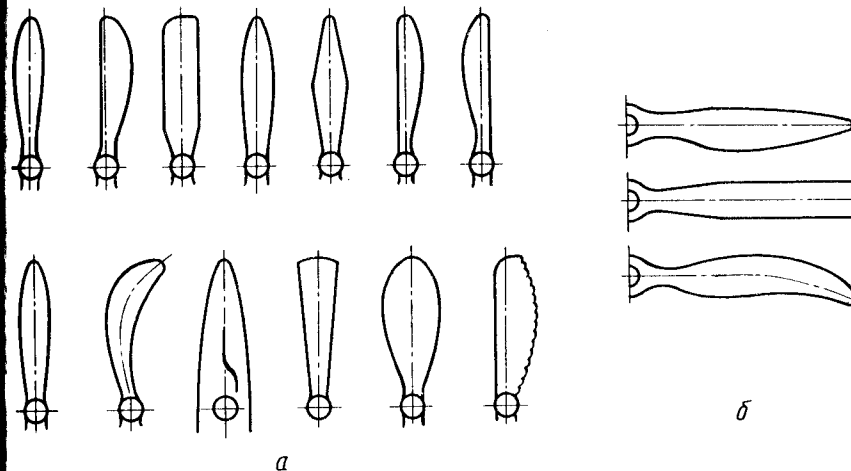


Рис. 59. Формы лопастей воздушных винтов в плане: а — разработанные до 1932 г.; б — современные воздушные винты

того СЛА с двумя винтами концы лопастей должны быть удалены друг от друга не менее чем на 250 мм для ослабления вредного взаимодействия.

В теории винта пользуются понятием ометаемой винтом площади F :

$$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2),$$

где d — нерабочая часть диаметра винта (втулка и комель лопасти). Обычно отношение $\frac{d}{D}$ равно $0,20 \div 0,25$. Нерабочая часть всей ометаемой винтом площади составляет не более 5%. Поэтому в приближенных расчетах пользуются выражением:

$$F = \frac{\pi}{4} D^2.$$

Число лопастей i воздушных

винтов обычно не превышает четырех. Большое число лопастей заметно снижает КПД винта. Кроме того, конструктивное их выполнение сложно, тем более, если лопасть строится поворачивающейся в полете — винт изменяемого шага (ВИШ).

Профиль лопасти. Профиль — сечение лопасти плоскостью, параллельной оси вращения. Винтовые профили в общем сходны с крыльевыми профилями. В прошлом наиболее часто применялись винтовые профили ВС-2 (ЦАГИ), а также Clark-4 и серии Ф (ЦАГИ).

Геометрия винтового профиля, как и крыльевого, задается в виде таблиц координат верхней и нижней поверхности, или только верхней, если нижняя поверхность — плоскость (рис. 60).

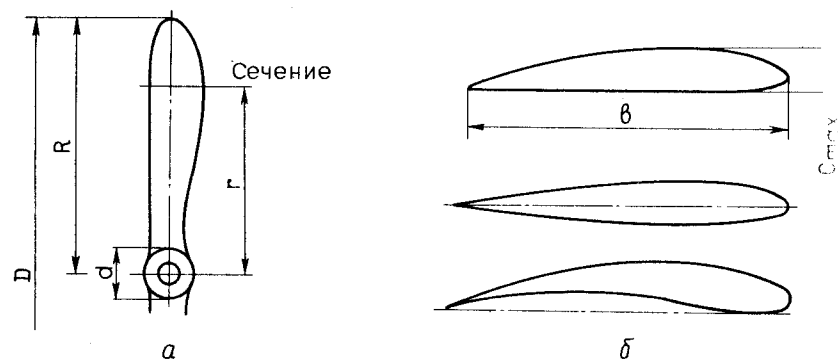


Рис. 60. Геометрические параметры воздушного винта:
а — на виде спереди; б — сечение профиля лопасти воздушного винта

Эффективность работы винта оценивается коэффициентом полезного действия. Для аэродинамических сил тяги — окружного сопротивления (или мощности сопротивления вращению винта) могут быть рассчитаны их безразмерные коэффициенты.

Коэффициенты тяги винта, мощности, потребные на преодоление сил окружного сопротивления, и коэффициент полезного действия винта являются его аэродинамическими характеристиками.

Ширина и толщина лопасти. Величина хорды элементов лопасти (ширина лопасти) и их толщина определяются выражениями:

$$\bar{b} = \frac{b}{D} \text{ и } \bar{c} = \frac{c_{\max}}{b},$$

где b — хорда лопасти, c — толщина лопасти.

Форма лопасти в плане. Лопасти в плане имеют самую разнообразную форму. Наиболее распространены ло-

пасти с прямой и с изогнутой осью. Они могут сужаться к концу и к комлю, иметь симметричную или несимметричную форму относительно оси. Лопасти в плане могут иметь форму, близкую к прямоугольнику, или даже расширяться к концу. Толщина лопасти этих винтов от конца к комлю меняется в пределах от 2 до 20%. Лопасти выполняются прямоугольными с той целью, чтобы при той же абсолютной толщине элементов их относительную толщину за счет большей хорды сделать малой. Такие лопасти дают большой КПД, работая в кольцах (туннелях).

Углы установки элементов лопасти. Плоскость, перпендикулярная к оси винта, называется плоскостью его вращения. Хорда каждого элемента лопасти составляет угол с плоскостью вращения винта, называемый углом установки элемента φ (рис. 61).

Радиусом сечения r называется расстояние от оси винта

до данного сечения. Отношение радиуса сечения к радиусу винта называется относительным радиусом $\bar{r} = \frac{r}{R}$.

Так как элементы лопасти имеют различные углы установки, то положение лопасти винта в целом принято чаще всего определять по углу установки ее элемента, расположенного на условном радиусе $r = 0,75$:

$$\varphi_{\text{лоп}} = \varphi_{r=0,75}.$$

На практике принято для всех элементов лопасти задавать не углы установки, а крутку по отношению к элементу на условном радиусе $r = 0,75$.

Круткой называется разность углов установки выбранного элемента и элемента на условном радиусе

$$\Delta\varphi = \varphi_r - \varphi_{r=0,75}.$$

Крутка концевой элемента лопасти составляет примерно 7° , а комлевого элемента 13 — 15° . Таким образом, общая крутка лопасти от комля к ее концу составляет примерно 20 — 22° . Такая сильная крутка лопасти дается для того, чтобы все ее элементы в условиях полета обтекались под углами атаки, близкими к наивыгоднейшему, то есть углу атаки максимального качества профиля.

Положение каждого элемента лопасти относительно плоскости вращения может быть задано не только углом установки, но и величиной шага этого элемента. Шагом элемента лопасти H называется путь, который прошел бы данный элемент вдоль оси винта за один

оборот, если бы винт вращался в твердой среде (понятие, аналогичное понятию шага нарезки болта и гайки). Для выяснения величины шага элемента лопасти H сделаем развертку цилиндрической поверхности, по которой движется элемент лопасти, описывая спиральную кривую. Шаг и угол установки элемента лопасти связаны между собой выражением

$$H = 2\pi r \operatorname{tg} \varphi.$$

Отношение абсолютного шага к диаметру винта называется относительным шагом элемента лопасти

$$\bar{h} = \frac{H}{D}.$$

За шаг лопасти или за шаг винта в целом принимается шаг элемента лопасти на условном радиусе $r = 0,75$.

Поступь винта. Путь, фактически пройденный всеми элементами лопасти в направлении оси винта за один его оборот, называется абсолютной поступью винта

$$H_a = \frac{V_0}{n_s},$$

где n_s — частота вращения, с^{-1} .

Отношение абсолютной поступи к диаметру винта называется относительной поступью или, для краткости, просто поступью винта:

$$\lambda = \frac{H_a}{D} = \frac{V_0}{n_s D}.$$

Понятием поступи винта широко пользуются в теории воздушного винта и на практике. Она является критерием кине-

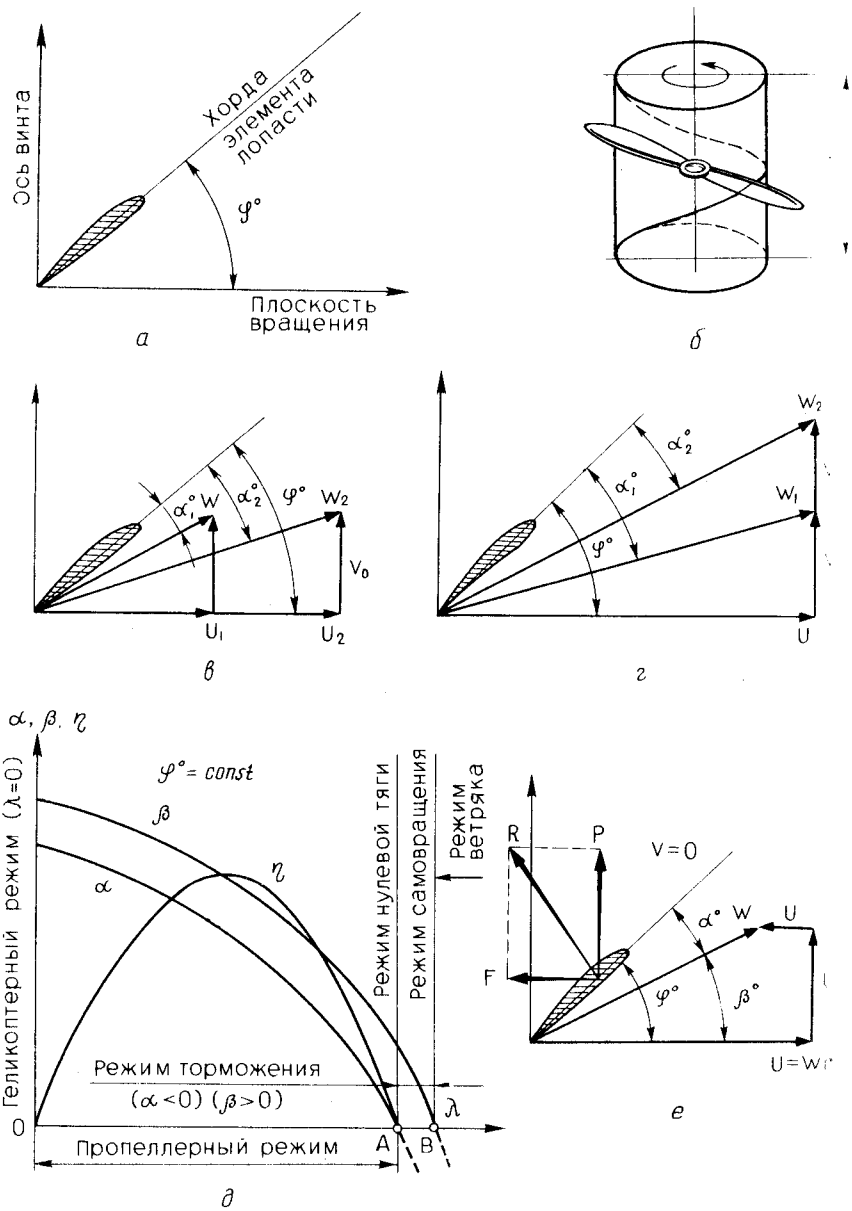
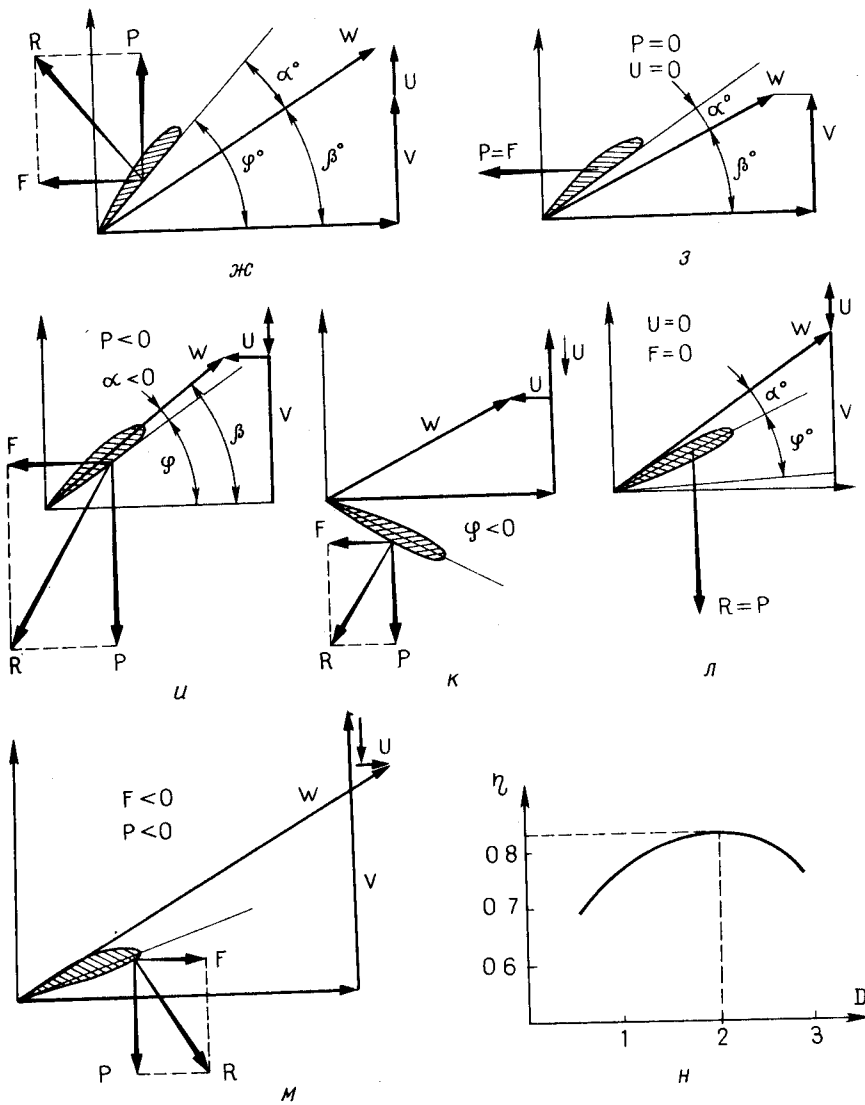


Рис. 61. Угол установки элементов лопасти и треугольники скоростей:
 а — теоретическая схема; б — шаг элементов лопасти (H); в — увеличение угла атаки элемента лопасти при увеличении оборотов винта и неизменной скорости полета; г — уменьшение угла атаки элементов лопасти при увеличении скорости полета и при неизменных оборотах винта; д — нормальные характеристики винта; е — многоугольник сил и многоугольник скоростей



элемента лопасти при работе винта на месте; ж — многоугольник сил, действующих на лопасть, и многоугольник скоростей для элемента лопасти на пропеллерном режиме; з — многоугольник сил, действующих на лопасть, и многоугольник скоростей элементов лопасти на режиме нулевой тяги; и — многоугольник сил, действующих на лопасть, и многоугольник скоростей элементов лопасти на режиме торможения; к — многоугольник сил, действующих на лопасть, и многоугольник скоростей элемента лопасти при отрицательном угле ее установки; л — многоугольник сил, действующих на лопасть, и многоугольник скоростей элемента лопасти при режиме авторотации; м — многоугольник сил, действующих на лопасть, и многоугольник скоростей элемента лопасти при режиме ветряка; н — зависимость КПД винта от его диаметра на выбранном расчетном режиме полета

матического подобия для винтов.

В зависимости от условий полета поступь может быть меньше, равна или больше шага винта. Последние соотношения имеют место на пикировании аппарата. При работе на месте поступь винта λ равна нулю.

Частота вращения винта. Весьма важной характеристикой является частота вращения винта. На практике винты имеют частоту вращения от 12 до 35 с⁻¹.

Подобие воздушных винтов. Есть воздушные винты, которые себя хорошо зарекомендовали на летательных аппаратах. Но эти винты малы или велики для проектируемого аппарата. Иначе говоря, возникает вопрос о подобии обтекания винта потоком воздуха.

Понятие о подобии винтов аналогично понятию о подобии крыла. Здесь также пользуются понятиями геометрического, кинематического и динамического подобия. Винты считаются геометрически подобными, если любые сходственные линейные размеры их находятся в одинаковом отношении. Явления обтекания винтов потоком газа считаются кинематически подобными, если любые сходственные участки линий тока проходятся частицами газа в пропорциональные отрезки времени. Наконец, явления обтекания винтов потоком газа считаются динамически подобными, если отношение любых физических величин во всех сходственных точках рассматриваемых потоков будет одним и

тем же. Естественно, что это отношение для каждой физической величины будет иметь свою величину. Наличие геометрического и кинематического подобия винтов является непременным условием динамического подобия.

Условия динамического подобия. Важнейшим критерием динамического подобия по вязкости является число Рейнольдса Re . После ряда преобразований формулы $Re = \frac{W_b}{\nu}$ получим равенство

$$n_{so} \cdot D_0^2 = n_{sn} \cdot D_n^2.$$

Отсюда следует, что для соблюдения подобия винтов по вязким свойствам среды необходимо, чтобы произведение частоты вращения на квадрат диаметров существующего винта и рассчитываемого для нового аппарата были равны. Отсюда вывод, если на одном и том же аппарате заменен двигатель и его частота вращения не равна предшествующей, то воздушный винт необходимо менять.

Так, например, для двигателя мощностью $N=60$ л. с. $=0,736 \times 60 = 44,16$ кВт, с частотой вращения 23 с⁻¹, диаметр D_0 составляет 2000 мм. При двигателе с той же мощностью, но оборотами $n=37$ с⁻¹

$$D_n = \sqrt{\frac{D_0^2 n_{so}}{n_{sn}}} = 1580 \text{ мм} \approx 1600 \text{ мм}.$$

Теперь остается построить многоугольник скоростей для заданных элементов лопасти или же совмещенную эпюру.

Из этих построений опреде-

ляется кривая лопасти и делается рабочий чертеж.

При заданной мощности двигателя существует соотношение nD^2 , позволяющее получить максимальную тягу. Чрезмерное увеличение частоты вращения приводит к снижению КПД на взлете, так как значительно уменьшается ометаемая площадь. Кроме того, концевые части лопасти могут достичь критического числа Маха ($M_{кр}$). Следовательно, концевая часть лопасти может войти в режим волнового кризиса.

Эффективными мерами уменьшения $M_{кр}$ лопасти является уменьшение толщины c всех элементов лопасти и выбор профиля с большим значением $M_{кр}$ (заостренный носик, большая величина x_c). Правда, можно вывести концы лопастей из зоны критического обтекания уменьшением диаметра, компенсируя уменьшение ометаемой площади постановкой более широких лопастей или увеличением их числа, но это тоже уменьшит КПД винта. Замена двухлопастного винта на четырехлопастной снижает КПД винта η примерно на 0,1.

Тяга и мощность винта. Рассматривая полную аэродинамическую силу элемента лопасти винта по обычной аэродинамической формуле, можно получить равенство из безразмерных величин в виде отношения тяги винта P к произведению $\rho n^2 D^4$, которое называется коэффициентом тяги винта и обозначается через α .

Тогда формула тяги винта примет вид

$$P = \alpha \rho n^2 D^4,$$

где ρ — плотность воздуха.

Проводя аналогичные преобразования для мощности винта получим

$$\frac{N}{\rho n^3 D^5} = \beta.$$

Это коэффициент потребляемой винтом мощности или просто коэффициент мощности винта. Тогда формула мощности винта примет вид

$$N = \beta \rho n^3 D^5.$$

Коэффициенты α и β имеют аэродинамическую природу и подобно аэродинамическим коэффициентам зависят от формы винтов, их ориентировки в потоке и критериев подобия. Находятся эти коэффициенты опытным путем и зависят от поступи винта λ как характеристики режима его работы.

КПД винта. Винт является преобразователем энергии, которую он получает от двигателя и передает аппарату. Часть энергии при работе винта теряется. Поэтому естественным является использование понятия КПД винта, под которым понимается отношение полезной мощности, передаваемой винтом для движения аппарата к мощности, потребляемой винтом

$$\eta = \frac{g P V_0}{N_e}.$$

Здесь P — тяга в килограммах, V_0 — скорость полета аппарата в метрах в секунду и N_e — мощность двигателя в ваттах.

Коэффициент полезного дей-

ствия винта можно выразить, как произведение отношения коэффициента тяги α к коэффициенту мощности β на поступь винта λ :

$$\eta = \frac{\alpha}{\beta} \lambda.$$

Современные воздушные винты имеют наибольшее значение КПД примерно 0,82—0,85. В отдельных случаях для весьма тонких винтов он может достигать до 0,87—0,88, а у мускулолетов за счет большой ометаемой площади и малой частоты вращения до 0,9.

Нормальные характеристики винта. Зависимость коэффициента тяги α , коэффициента мощности, потребляемой винтом, β и коэффициента полезного действия винта η от поступи λ для каждой серии определяется опытным путем. Винты в каждой серии обычно отличаются друг от друга углом установки лопасти на условном радиусе $r=0,75$ и значительно реже — шагом.

При $\lambda=0$, то есть при работе на месте, винт не совершает полезной работы, так как нет перемещения. Поэтому его коэффициент полезного действия η равен нулю, хотя винт создает тягу $\alpha > 0$ и потребляет мощность $\beta > 0$. Схема сил, действующих на элемент лопасти, и скоростной треугольник для этого случая показан на рис. 61. Такой режим работы винта называется геликоптерным, ибо он для несущего винта геликоптера (вертолета) является наиболее характерным. На этом режиме тяга и сила окружного сопротивления винта положи-

тельны: кажущийся угол атаки равен углу установки лопасти $\alpha_{\text{каж}} = \varphi^\circ$.

При изменении поступи винта $\lambda > 0$ коэффициенты тяги α и мощности β и коэффициент полезного действия η положительны, следовательно, положительны силы тяги и окружного сопротивления: $P > 0$, $F > 0$.

По мере увеличения поступи винта λ коэффициент полезного действия η вначале растет, доходит до своего максимума, а затем падает до нуля при поступи λ , соответствующей точке A . Такие значительные изменения КПД винта объясняются тем, что в рассматриваемом диапазоне изменений поступи λ сильно меняются углы атаки элементов лопасти α . При работе на месте кажущиеся углы атаки равны углам установки элементов, то есть являются большими закритическими углами. Затем, по мере нарастания поступательной скорости движения V_0 , углы атаки, уменьшаясь, доходят до наивыгоднейшего и далее до угла атаки, близкого к углу нулевой подъемной силы α_0 .

Здесь следует иметь в виду лишь то, что истинные углы атаки элементов меньше кажущихся. В струе винта на этом режиме всегда имеются осевые и окружные индуцированные скорости, которые приводят к положительному скосу потока у элементов лопасти, то есть уменьшают величину истинного угла атаки элементов по сравнению с кажущимся углом атаки, не меняя общей картины обтекания элементов лопасти.

Точкой A обозначен характерный режим работы винта, который можно назвать режимом нулевой тяги. В этом случае тяга отсутствует, мощность, потребляемая винтом, идет на преодоление силы окружного сопротивления вращению винта F , когда она равна полной аэродинамической силе R , действующей на лопасть.

Величина поступи, при которой тяга винта равна нулю, зависит от серии винтов и, главным образом, от угла установки лопасти, то есть от угла установки ее элемента на условном радиусе $r=0,75$.

Чем больше поступь λ , при которой тяга равна нулю, тем на большей скорости полета будет иметь место этот режим работы винта.

При дальнейшем увеличении поступи винт будет работать на режиме торможения. Коэффициент тяги α меньше нуля, а коэффициент мощности β больше нуля, следовательно, винт будет потреблять мощность на свое вращение, но давать отрицательную тягу или силу торможения движению аппарата. Этот режим представляет интерес с точки зрения уменьшения пробега после приземления или с точки зрения уменьшения скорости пикирования.

Увеличивая поступь винта, мы приходим к режиму авторотации (точка B на рис. 61). Коэффициент мощности, а следовательно, и мощность, потребляемая винтом, на этом режиме равны нулю.

Винт, вращаясь, не потребляет мощности и создает отрицательную тягу, то есть силу

сопротивления полету. На этом режиме полная аэродинамическая сила, действующая на лопасть R^1 , равна отрицательной тяге P^1 .

Дан характерный многоугольник скоростей для элемента лопасти на этом режиме (см. рис. 61).

Величина поступи, на которой имеет место режим авторотации, также сильно зависит от угла установки лопастей.

При еще большем увеличении поступи λ винт оказывается на режиме ветряка. На этом режиме как коэффициент тяги α , так и коэффициент мощности β оказываются отрицательными. Следовательно, винт в этом случае создает отрицательную тягу и имеет отрицательную мощность, то есть он не потребляет мощность на свое вращение, а отдает ее, совершая некоторую работу. Направление сил, действующих на лопасть винта в этом случае, и характерный многоугольник скоростей для элемента лопасти приведены на рис. 61.

На этом режиме можно использовать энергию встречного потока, а при пикировании завести остановившийся двигатель.

Серийные диаграммы винтов

Под современными сериями воздушных винтов подразумевается совокупность винтов, отличающихся друг от друга углом установки лопасти на условном радиусе $r=0,75$. Это по существу один винт с пово-

рачивающейся лопастью. При испытании такой серии винтов для каждого из них получаются нормальные характеристики в виде кривых, дающих зависимость коэффициентов тяги α , мощности β и полезного действия η от поступи винта λ . При достаточно большом числе углов установки лопастей винта совместный анализ и использование полученных характеристик ввиду большого числа кривых оказывается затруднительным. Поэтому принято строить сводную диаграмму результатов испытания винтовой серии, называемую серийной диаграммой.

Суть такого построения состоит в том, что вместо трех кривых для каждого винта строят лишь одну кривую зависимости коэффициента мощности от поступи $\beta = f(\lambda)$, на которой производят разметку КПД винта. В результате такого построения для всей серии винтов получается серия кривых $\beta = f(\lambda)$, размеченных по КПД винта, каждая из которых относится к вполне определенному углу установки лопастей, о котором и делается соответствующая отметка.

При совмещенном построении таких кривых на одной фигуре через точки одинакового значения КПД винта проводятся кривые «изо КПД».

Серийная диаграмма винтов связывает четыре величины — коэффициент потребляемой винтом мощности β , поступь винта λ , его коэффициент полезного действия η и угол установки лопасти φ . Серийная диаграмма позволяет по двум за-

данным величинам, например, углу установки лопастей φ и поступи винта λ , найти коэффициент потребляемой винтом мощности β и КПД винта η . Что касается коэффициента тяги α , то он при любой заданной поступи λ для каждой пары значений β и η определится по формуле:

$$\alpha = \frac{\beta}{\lambda} \eta.$$

Серийные диаграммы винтов имеют большое распространение. С их помощью решаются задачи подбора винта и построения характеристик силовой установки, под которыми подразумеваются зависимости предполагаемой тяги или мощности от скорости полета.

Важными при оценке винтовой серии являются величины наибольшего значения КПД винта, а также поступь λ_m и коэффициент потребляемой мощности β_m , которые соответствуют этому коэффициенту полезного действия (точка А, рис. 61).

Возможные максимальные значения КПД винта в широком диапазоне углов установки лопастей (от 15 до 45°) изменяются незначительно.

Подбор винта по серийной диаграмме

В виде примера использования серийных диаграмм винтов рассмотрим самую простую задачу о подборе винта по серийной диаграмме без учета сжимаемости воздуха. Суть такой задачи состоит в опреде-

лении величины диаметра винта данной серии, при котором на расчетном режиме он будет иметь наибольший КПД.

Расчетный режим полета для подбора винта определяется скоростью V_0 и высотой полета H , мощностью N_e и частотой вращения двигателя n (точнее, секундными оборотами винта n_s).

Известны $V_{расч}$, $H_{расч}$, $N_{eрасч}$, $n_{sрасч}$. Останавливаемся на какой-либо серии воздушных винтов, для которой нам должны быть известны серийная диаграмма и чертеж винта.

Расчет ведется в следующем порядке:

выбирают ряд диаметров винта D_1, D_2, \dots, D_n ;

для каждого винта определяют поступь по формуле:

$$\lambda_{расч} = \frac{V_{расч}}{n_{sрасч} \cdot D};$$

рассчитывают коэффициенты потребляемой винтом мощности $\beta_{расч}$, имея в виду, что на расчетном режиме винт потребляет всю мощность двигателя; этот коэффициент находят для каждого диаметра винта по формуле:

$$\beta_{расч} = \frac{N_{eрасч}}{g Q_{расч} n_{sрасч}^3 D^5};$$

для каждого винта по найденным значениям $\lambda_{расч}$ и $\beta_{расч}$ на серийной диаграмме находят КПД винта η ;

строят график η в зависимости от диаметра винта D (рис. 61);

по этому графику выбирают диаметр винта D , соответствующий наибольшему КПД винта этой серии.

Величина найденного диаметра винта в соответствии с принятым стандартом для диаметров винтов должна быть округлена до десятых долей метра.

Для решения вопроса о наиболее подходящей серии воздушных винтов под заданные расчетные условия необходимо такой расчет провести по всем интересующим нас сериям и остановиться на той серии и на том диаметре винта, для которого расчетный КПД окажется наибольшим. Винты каждой серии имеют чертеж. Зная диаметр винта, легко определить все остальные его размеры.

Упрощенный метод подбора винта

Задача проектирования винта состоит обычно в нахождении его формы (для этой цели используют рабочие чертежи). При этом винт должен развивать возможно большую тягу и быть достаточно простым при условии, что он при заданной частоте вращения n_s и скорости полета V_0 потреблял бы заданную мощность N_e . Проще всего проектировать винты с постоянной осевой скоростью.

Тщательное определение геометрических размеров воздушного винта позволяет полностью использовать мощность двигателя и получить тягу, близкую к максимальной при имеющейся мощности. При этом особую важность имеет правильный выбор диаметра винта, от которого во многом зависит не только КПД движителя, но и уровень шума, зависящий от окружной скорости.

Таблица

Зависимость частоты вращения от диаметра винта

Покрытие δ	Шаг винта относительный	Диаметр винта, мм	Допустимая частота вращения, c^{-1}	Передаточное отношение при частоте вращения двигателя $4500 c^{-1}$
0,165	0,52	2000	25	3
0,50	0,65	1000	50	1,5

Исследованиями установлено, что для полной реализации возможностей воздушного винта, например, при мощности 18,5 кВт (25 л. с.) необходимо иметь его диаметр около 2000 мм. Чтобы обеспечить наименьшие энергетические затраты, воздух должен отбрасываться назад струей с наибольшей ометаемой площадью.

Уменьшение диаметра винта до 1000 мм для снижения уровня шума уменьшит площадь, ометаемую винтом, в четыре раза, а это, несмотря на увеличение скорости в струе, вызовет падение тяги на 37%. Компенсировать полностью это снижение тяги не удастся ни шагом, ни числом лопастей, ни их шириной.

Каждому диапазону эксплуатационных скоростей (при за-

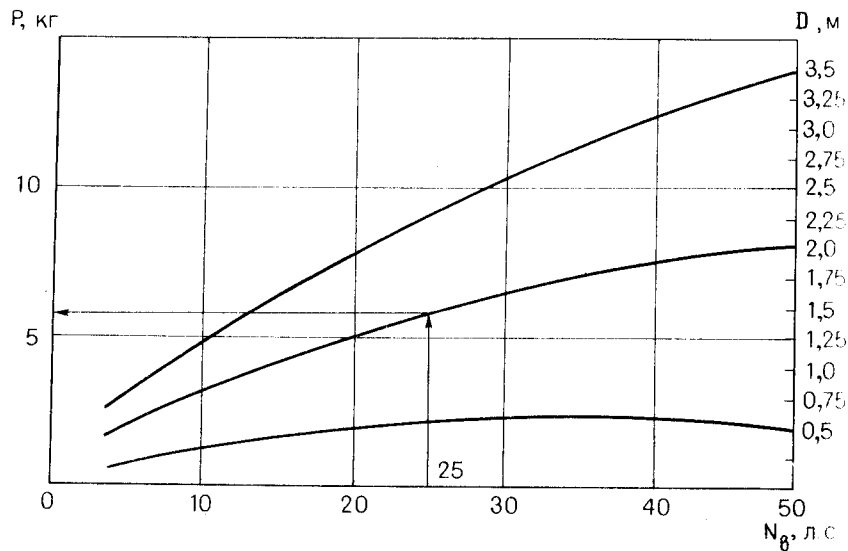


Рис. 62. Зависимость тяги P от мощности N_b на валу винта и его диаметра D (для $\eta_r = 0,78$)

данной мощности двигателя) соответствует свой оптимальный диаметр винта. С увеличением мощности оптимальный по КПД (при неизменной скорости) диаметр увеличивается. Допустимый шум соответствует максимальной окружной скорости 180 м/с. Определив, исходя из этого условия, нормы и диаметр винта, максимальную частоту вращения (число оборотов), установим передаточное отношение от вала двигателя к валу винта.

Для диаметра 2000 мм допустимая по уровню шума частота вращения будет около $25 c^{-1}$, а для $D=1000$ мм — около $50 c^{-1}$ (табл. 7).

По графику (рис. 62 и 63) можно определить величину тя-

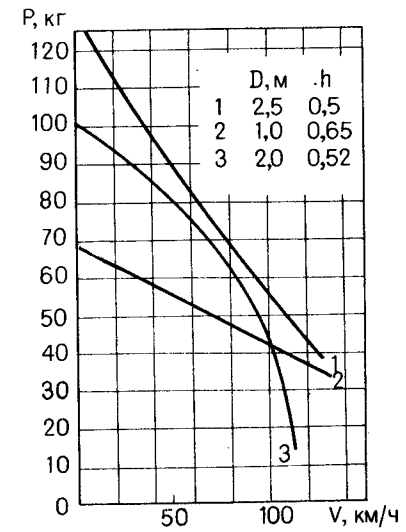


Рис. 63. Кривые тяги воздушного винта в зависимости от его диаметра и скорости полета

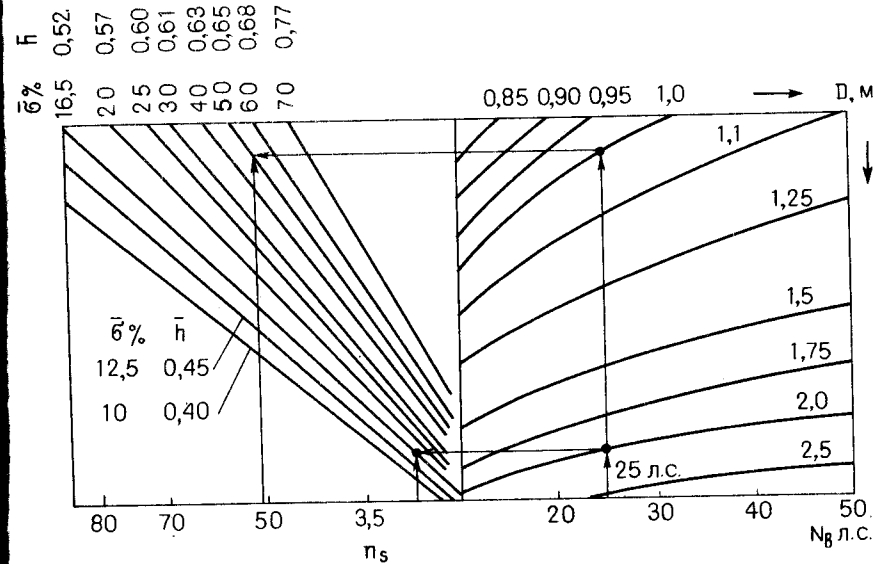


Рис. 64. Номограмма для определения величины покрытия винта $\sigma = \frac{\Sigma B}{D}$ и относительного шага $\bar{h} = \frac{H}{D}$ в зависимости от мощности на валу винта N_b и частоты вращения n_s .

Рис. 65. Геометрические параметры английского серийного винта, использованного И. Н. Виноградовым на своей авиетке

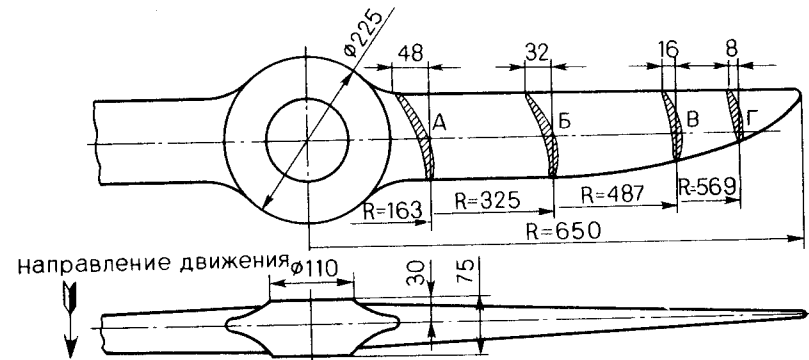
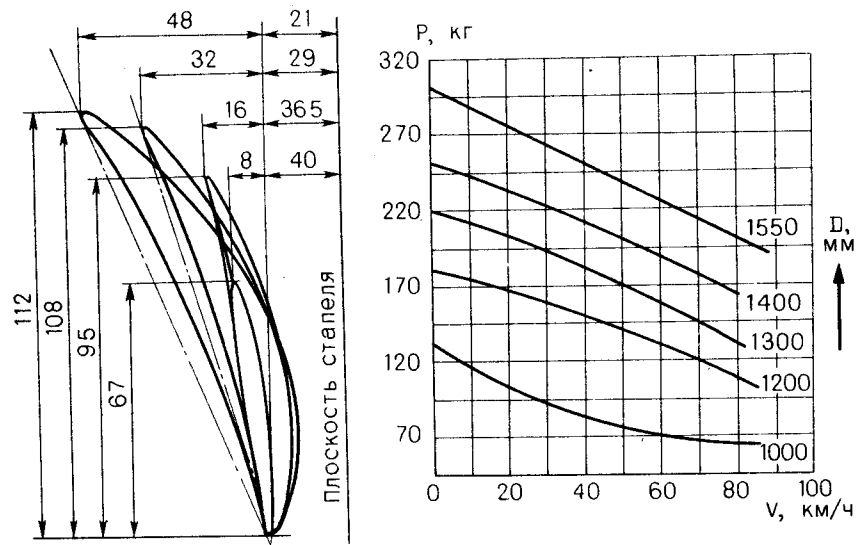
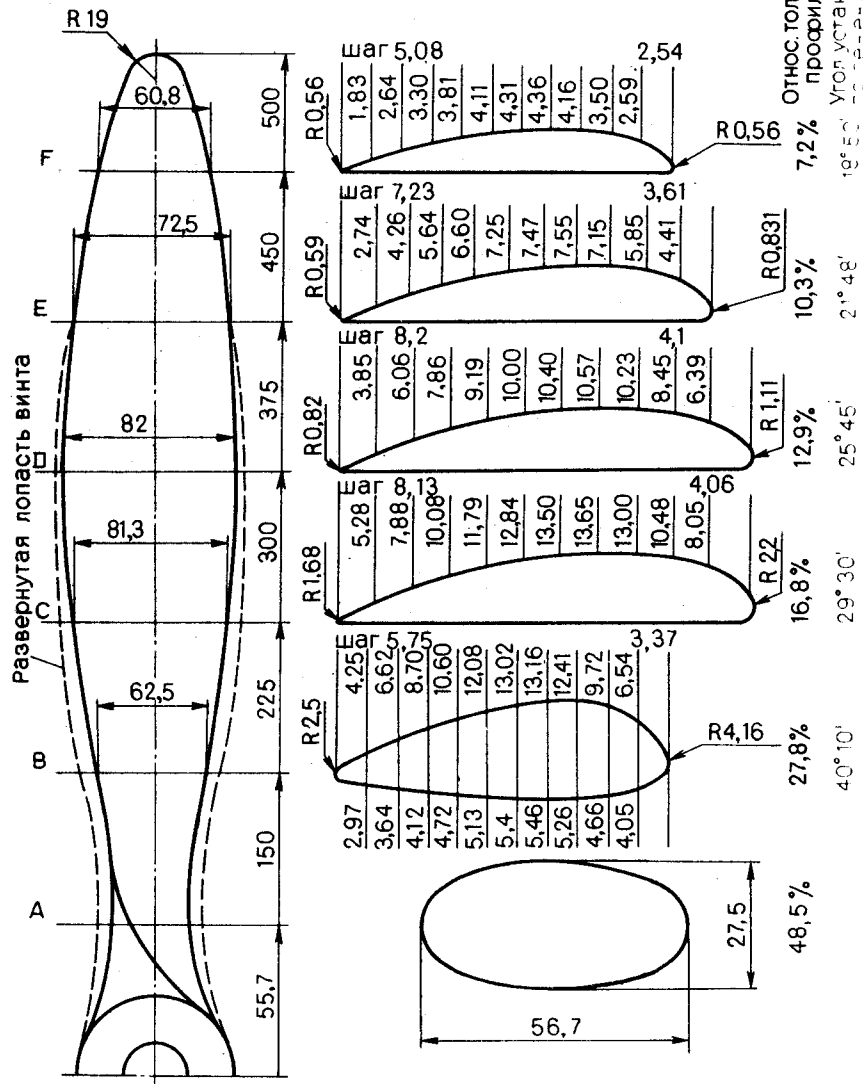


Рис. 66. Воздушный винт серии 0167 для двигателя мощностью до 9 кВт (12 л. с.)

ги воздушного винта, если уже выбраны диаметр винта и мощность двигателя.

График составлен для КПД винта $\eta = 0,78$.

Для определения ширины лопасти и шага можно воспользоваться номограммой (рис. 64).

На горизонтальной правой шкале из точки, соответствующей

шей мощности на валу винта, проводят вертикаль до пересечения с кривой, соответствующей выбранному диаметру винта, а от точки пересечения — горизонтальную прямую до пересечения с вертикалью, проведенной из точки, лежащей на левой шкале числа оборотов. Полученное значение определяет отношение суммы ширины ло-

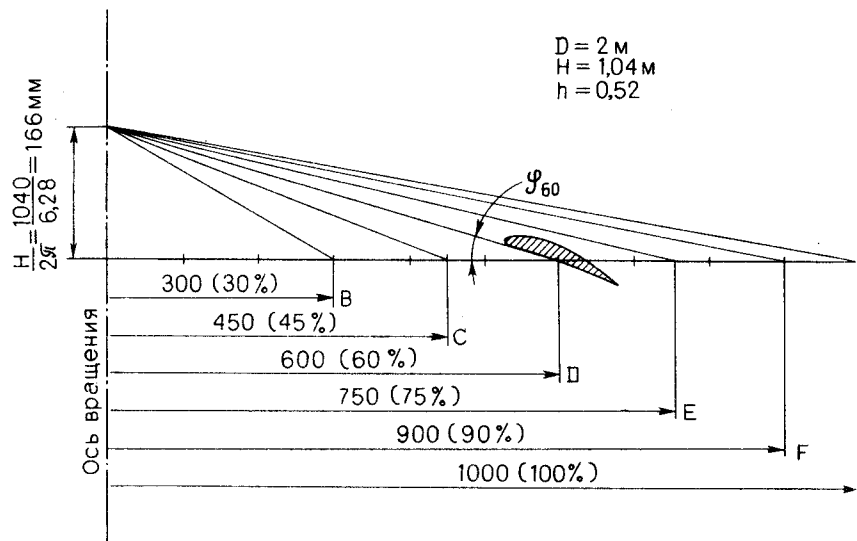


Рис. 67. Пример построения установочных углов сечений лопасти винта по постоянному шагу. Сечение D составляет 16,4 % от радиуса, устанавливается на расстоянии 600 мм от оси (60 %) под углом φ_{60} (на схеме сечение условно возвращено на 90°)

пастей к диаметру — величину покрытия проектируемого винта.

Винт диаметром 2000 мм должен быть двухлопастным, с шириной лопасти 16,5 % R , так как величина покрытия невелика. Винт с диаметром 1000 мм может быть 6-лопастным с шириной лопасти 50 % : 3 = 16,6 % R , или 4-лопастным с шириной лопастей 50 % : 2 = 25 % R . Увеличение числа лопастей даст дополнительное уменьшение уровня шума.

На рис. 65 приводятся геометрические размеры лопасти шириной 16,5 R английских деревянных серийных винтов.

Приведенный воздушный винт использовался И. Н. Виноградовым для авиетки «Иг-

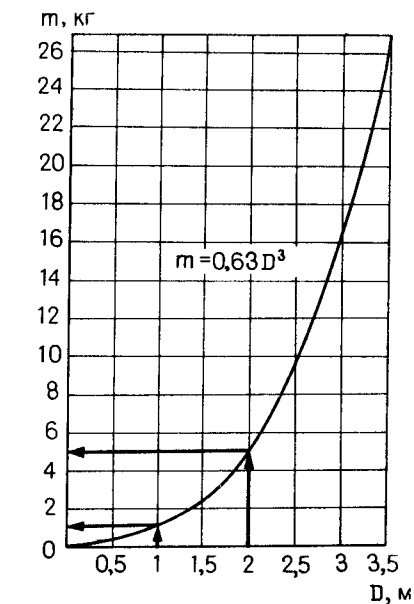


Рис. 68. Масса деревянного винта в зависимости от его диаметра

даро». При диаметре 2000 мм, мощности двигателя 60 л. с. (44,5 кВт) и частоте вращения $23,3 \text{ с}^{-1}$ был получен КПД винта $\eta = 0,88$, то есть винт серии 0167 (рис. 66).

На рис. 67 показано построение установочного угла сечения лопасти по найденному шагу воздушного винта.

Данный приближенный метод не трудоемок и дает хорошие результаты. Расхождение с натурными испытаниями составляет по мощности до 3 %, а по тяге 5—7 %, причем с той же погрешностью определяется масса винта (рис. 68).

Недостатки ВФШ и переход к ВИШ

Винт с жестко закрепленными лопастями, угол установки которых в полете не изменяется, называется винтом фиксированного шага (ВФШ). Основным недостатком такого винта является то, что он работает с достаточно высоким КПД только на одном расчетном режиме. При изменении режима полета, то есть при изменении поступи, КПД винта фиксированного шага сильно изменяется. Есть и другой недостаток у такого винта — он снимает всю мощность двигателя N_e только на одном расчетном режиме. На всех других режимах он берет от двигателя меньшую мощность. В самом деле, если винт подобран на режим V_{max} , то при переходе, например, к взлетному режиму углы атаки элементов такого винта растут, вместе с этим увеличиваются

силы окружного сопротивления и момент сопротивления вращению винта.

Как принято говорить, винт становится в этом случае аэродинамически тяжелым и двигатель не в состоянии вращать его с прежними оборотами. Поэтому частота вращения такого винта (значит, и двигателя) на нерасчетных режимах будет уменьшаться. Следовательно, развиваемая двигателем и передаваемая винту мощность будет уменьшаться. Этот же результат будет иметь место, если за расчетный режим будет взята, наоборот, взлетная скорость.

На режиме V_{max} углы атаки всех элементов лопасти уменьшаются, в результате чего уменьшаются силы окружного сопротивления и момент сопротивления вращению винта. Как принято говорить, в этом случае винт фиксированного шага оказывается аэродинамически легким и поэтому он начнет увеличивать частоту вращения (пойдет на разгон). Из-за больших динамических нагрузок у двигателя такое увеличение частоты вращения не допускается. Поэтому в случае подбора винта на взлетную скорость при переходе на большие скорости полета приходится двигатель дросселировать, то есть уменьшать развиваемую им мощность. Таким образом, винт фиксированного шага снимает всю мощность двигателя только на одном расчетном режиме и использует меньшую мощность на всех других режимах.

Можно кратко отметить и другие недостатки ВФШ. Они

состоят в том, что характер изменения потребляемой винтом мощности значительно отличается от изменения ее у двигателя. Так, мощность, потребляемая винтом, пропорциональна кубу частоты вращения, а у двигателя (поршневого) пропорциональна частоте вращения в степени меньше единицы; мощность двигателя почти не зависит от скорости полета, а у винта при изменении скорости (поступи) сильно изменяется коэффициент потребляемой мощности β , значит, и сама мощность N ; у винта с подъемом на высоту потребляемая мощность уменьшается пропорционально плотности, а у двигателя она падает быстрее.

Все эти обстоятельства затрудняют согласованную работу двигателя и винта, что приводит к значительному снижению КПД и мощности на всех режимах, кроме расчетного.

Преимуществом ВФШ является простота конструкции и относительно малая масса. Этот винт достаточно удовлетворительно работает при сравнительно малой мощности двигателя и малом диапазоне скоростей полета. Поэтому в настоящее время эти винты устанавливаются на моторных дельтапланах с двигателями малой мощности.

Постоянство частоты вращения винта и двигателя повышает надежность и устойчивость работы двигателя вследствие постоянства его тепловых и газодинамических процессов и динамических нагрузок.

С ростом мощности двигателей на мотодельтапланах и соз-

дания мускулолетов, где недопустимы потери в мощности, возникла необходимость в переходе к винтам изменяемого шага (ВИШ). На практике принято изменять углы установки лопастей так, чтобы частота вращения оставалась постоянной ($n_s = \text{const}$) независимо от изменения скорости и высоты полета. Очень легкий автомат с электронным управлением ВИШ установлен на аппарате «Солар Челленджер». Оптимальный шаг винта зависит от солнечного излучения и параметров окружающей среды.

При постоянстве полной мощности двигателя и частоты вращения у ВИШ-автомата при неизменной высоте полета оказывается постоянным и коэффициент потребляемой винтом мощности ($\beta = \text{const}$). Поэтому его характеристикой на серийной диаграмме является линия, параллельная оси абсцисс.

Можно представить и такой винт изменяемого шага, у которого КПД менялся бы в зависимости от поступи таким образом, чтобы при любом угле установки лопасти φ он был бы наибольшим (линия $O-O$). Такой винт называется оптимальным.

Из формулы для мощности, потребляемой винтом, следует: при постоянстве частоты вращения винта $n_s = \text{const}$ и полной мощности двигателя $N_e = \text{const}$

$$\beta D^5 = \frac{N_e}{g \rho n_s^3} = \text{const};$$

при неизменном диаметре и полной мощности двигателя

$$\beta n_s^3 = \frac{N_e}{g \rho D^5} = \text{const}.$$

У оптимального винта коэффициент потребляемой им мощности β зависит от поступи λ . Из приведенных формул следует, что такой винт должен, помимо переменного угла установки лопастей, иметь еще или переменную частоту вращения, или переменный диаметр. Конструктивные затруднения, связанные с осуществлением переменной редукции от двигателя к винту и переменного диаметра винта изменяемого шага, до настоящего времени не позволили создать оптимальный винт.

Увеличение количества лопастей не только усложняет конструкцию винта, но и снижает его КПД. Причина — в неблагоприятном взаимном влиянии лопастей друг на друга. Идеальный винт с точки зрения аэродинамики должен иметь одну лопасть. Но, с другой стороны, увеличение количества лопастей позволяет несколько уменьшить диаметр винта. Увеличение количества лопастей на ВФШ увеличивает лобовое сопротивление аппарата при планировании с остановленным двигателем.

Планирование дельтаплана с остановленной ВМГ

Планирование на моторном дельтаплане с остановленным винтом может быть как заранее предусмотренным, так и по причине экстремальной ситуации.

Дополнительное сопротивление остановленного винта определяется по обычной аэродинамической формуле:

$$X_{\text{винт}} = C_p \frac{\rho X^2}{2} D^2,$$

где C_p — коэффициент лобового сопротивления винта, зависящий для подобных винтов от угла установки лопасти φ , а для вращающегося винта еще и от поступи λ .

Но здесь не учтено, что коэффициент сопротивления винта прямо пропорционален количеству лопастей, то есть площади лопастей, которая занята ими в ометаемой площади винта.

Коэффициент лобового сопротивления винта зависит от выражения

$$\frac{i \cdot b_{\text{ср}}}{D},$$

где i — количество лопастей винта.

Для нового суммарного C_x можно подсчитать новый угол планирования θ , скорость $V_{\text{пл}}$ и дальность планирования $L_{\text{пл}}$, причем θ и $V_{\text{пл}}$ будут больше первоначальных значений, а $L_{\text{пл}}$ — меньше.

Постановка ВИШ позволит поставить лопасти винта при вынужденном планировании во флюгерное положение, снизить C_x и тем самым увеличить возможность выбора места посадки.

Соосные винты

Винты с совмещенной осью вращения называются соосными или спаренными. По спаренным винтам проводились достаточно фундаментальные исследования, которые показали,

что наилучшие результаты получаются тогда, когда винты вращаются в разные стороны и имеют одинаковый диаметр, потребляемая ими мощность также одинакова, а углы установки переднего и заднего винта имели бы соотношение:

$$\varphi_{\text{зад}} = \varphi_{\text{пер}} + (1 - 1,5)^\circ.$$

Такие винты будут иметь одинаковый коэффициент полезного действия $\eta_{\text{зад}} = \eta_{\text{пер}}$, то есть вредное взаимодействие между ними будет отсутствовать. Расстояние между этими винтами может быть порядка одной-двух десятых диаметра

$$\Delta X = (0,1 - 0,2) D.$$

Спаренные винты по сравнению с одиночным винтом той же мощности двигателя имеют ряд преимуществ:

у них меньше диаметр;

отсутствуют окружные потери, так как окружная индуцированная скорость у них стремится к нулю;

отсутствует реактивный момент винтов, что обеспечивает действительную симметрию обтекания, что важно, если за ними есть элементы конструкции;

у спаренных винтов суммарный гироскопический момент равен нулю, что упрощает пилотирование аппарата и делает правые и левые маневры одинаковыми.

Эти преимущества предугадал М. В. Ломоносов, построив свою первую летающую модель именно с соосными винтами за 155 лет до установки спаренных винтов на самолет А. Г. Уфимцевым (1909 год).

Как любое техническое ре-

шение, спаренные винты имеют и недостаток — усложнение конструкции, обусловленное появлением более сложного редуктора и валов, расположенных один в другом. Но эти недостатки компенсируются преимуществами системы соосных винтов. Эти преимущества более ощутимы, когда спаренные винты заключены в туннель.

Винты, заключенные в туннель

Расчеты, проведенные с высокой точностью на основании современной теории лопаточных машин были проверены на первых ступенях осевых компрессоров двухконтурных воздушно-реактивных двигателей, а также на самолетах вертикального взлета и посадки с поворотными воздушными винтами в кольцевых каналах. Диаметр каналов был меньше, чем у аналогичных аппаратов с поворотными воздушными винтами, но не заключенными в каналах, выигрыш в тяге составлял 12,5%. Винты, а точнее ступени осевого компрессора, заключенные в туннель, позволяют повысить производительность движителя без снижения его КПД при увеличении оборотов.

Прочность воздушных винтов

Расчет лопастей воздушных винтов на прочность, представляющих собой либо тонкие искривленные пластины, либо более сложные конструкции типа

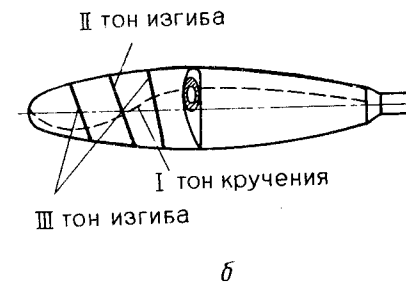
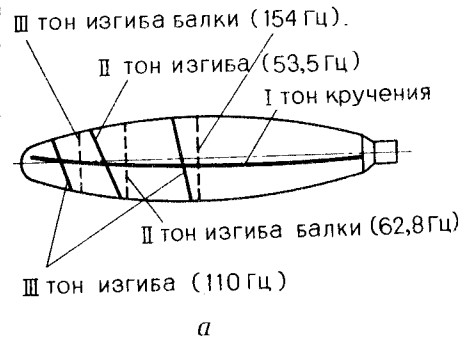


Рис. 69. Расположение тонов изгиба на лопастях винта:
а — цельный винт; б — пустотелый винт

оболочки из металлических или композиционных материалов, по балочной теории дает недостаточно хорошие результаты. Особенно это относится к саблевидной лопасти.

Металлическая лопасть для СЛА представляет собой тонкостенную искривленную панель. При работе винта может наблюдаться монотонное возрастание частот по мере увеличения оборотов вращения лопасти. Частота колебаний крутильного тона практически не меняется. Узловые линии напряжения расположены под углом относительно хорды для симметричной лопасти (рис. 69, а)

При расчете винта как консольной балки погрешность по изгибным нагрузкам может составлять от 5 до 44%, поэтому необходимо брать больший запас прочности.

Стеклопластиковая лопасть представляет собой тонкостенную оболочку, пустую или с наполнителем из пенопласта. Внутри лопасти располагается еще одна оболочка или балка (лонжерон). Такая конструкция

применяется на мускулолетах. Поперечное сечение лопасти образует трехсвязный контур. Стеклопластиковые лопасти рассчитываются как анизотропные пластинки (рис. 69, б).

Формы собственных колебаний саблевидной лопасти настолько сложны, что расчет их как балок не представляется возможным. Погрешность в расчетах по определению собственных частот колебаний по экспериментальным данным иногда достигает 60%.

Воздушные винты обычной или соосной схемы должны удовлетворять требованиям «Норм прочности воздушных винтов самолетов», предъявляемым к статической прочности, защищенности воздушного винта от флаттера и условиям выносливости.

Редукторы

При создании ВМГ наибольшей сложностью является создание надежного редуктора.

Цепные и ременные передачи,

изготовленные в кустарных условиях, оказываются ненадежными и имеют низкий КПД, хотя на современных СЛА применяются ременные передачи с передаточным отношением 2—3.

Вынужденная установка винта на вал двигателя приводит к уменьшению диаметра, а значит, к снижению эффективности движителя.

Большую частоту вращения могут иметь не только двигатели внутреннего сгорания, но и электрические, которые необходимо снабжать понижающим редуктором. Современные пластмассовые шестерни незначительно увеличивают массу ВМГ и всего аппарата, но редуктор, собранный из пластмассовых шестерен, надежен, удобен и бесшумен. Пластмассовые шестерни начали применяться даже в тракторостроении.

Такие зубчатые колеса работают при температурах от -40 до $+100^{\circ}\text{C}$. Полимерные звездочки цепных передач работают с окружными усилиями до 2,5 кН. Их изготавливают из полиамидов с стеклонеполнителем ПА6-210-ДС и ПА6.6-КС (ОСТ 6-11-498-79) литьем под давлением (табл. 8)

По сравнению со стальными масса полимерных звездочек уменьшается в 7 раз, срок службы цепи увеличивается в два раза, шум от цепной передачи снижается на 2—3 дБ (10—25 %), появляется возможность работы без смазки.

Для напряженных звездочек подшипники качения могут быть заменены полимерными подшипниками скольжения из самосмазывающихся антифрикционных материалов САМ-3 — САМ-6.

Таблица 8

Параметры полимерных звездочек, разработанных на кафедре прикладной механики Черниговского филиала Киевского политехнического института

Характеристика	Тип звездочки			
	ЧФ-100	ЧФ-201	ЧФ-220	ЧФ-401
Число зубьев	12	8	14	25
Сопрягаемая цепь, мм:				
шаг	15,875	12,7	12,7	15,875
расстояние между внутренними пластинами	9,65	5,4	3,3	9,65
ширина внутренней пластины	14,15	11,81	9,91	14,73
Диаметр отверстия под вал, мм	16	6	20	20

Характеристики двигателей

Мощность, необходимая на вращение винта, подводится к нему от двигателя. Полная мощность двигателя зависит от числа оборотов, высоты и скорости полета. Эти зависимости называются характеристиками двигателя.

Сложность процессов, происходящих внутри работающего двигателя, и множество факторов, влияющих на его характеристики, не позволяют получить для них аналитические выражения. Поэтому на практике принято характеристики двигателя представлять графически.

На современных мотodelта-планах применяются преимущественно карбюраторные двигатели внутреннего сгорания, работающие на легких сортах жидкого топлива.

Для определения параметров винта — его тяги и геометрических характеристик — необходимо знание мощности двигателя. Мощность — это величина, показывающая, какое количество работы производит двигатель в единицу времени. Работу двигателей характеризуют индикаторной, эффективной и литровой мощностью.

Индикаторной называется мощность, развиваемая газами в цилиндрах двигателя.

Индикаторная мощность для двухтактных двигателей равна:

$$N_i = \frac{1,64 P_i V_d n_s}{60},$$

для четырехтактных двигателей:

$$N_i = \frac{0,815 P_i V_d n_s}{60},$$

где P_i — среднее индикаторное давление,

V_d — рабочий объем двигателя,

n_s — число оборотов коленчатого вала.

Эффективной или действительной называется мощность N_e , которую можно получить на выходе коленчатого вала работающего двигателя. Эффективная мощность двигателя меньше индикаторной, так как часть индикаторной мощности затрачивается на преодоление механических сопротивлений в двигателе. Эта затрата мощности носит название механических потерь.

Механический коэффициент полезного действия показывает, какую долю от полной мощности составляет полезная мощность на валу, то есть отношение эффективной мощности к индикаторной равно механическому КПД. Механический КПД можно увеличить, заменив подшипники скольжения (там, где они стоят) подшипниками качения, использовав соответствующие сорта масел и поддерживая наиболее подходящие их температуры, повысив чистоту обработки трущихся поверхностей. Для современных карбюраторных двигателей механический КПД лежит в пределах от 0,7 до 0,9.

Максимальная эффективная мощность, полученная с одного литра рабочего объема двигателя, называется удельной или литровой мощностью:

$$N_n = \frac{N_e}{V_n}$$

Литровая мощность в основном зависит от среднего эффективного давления, числа оборотов, числа рабочих тактов двигателя, степени сжатия, коэффициента наполнения цилиндра горючей смесью и качества смесиобразования. Процесс повышения литровой мощности двигателя называется форсированием, а сам двигатель — форсированным.

При компоновке двигателя, а особенно при его форсировании, следует предусматривать глушители. Это необходимо, во-первых, для защиты окружающей среды от шумовых эффектов. Во-вторых, шум оказывает вредное воздействие на организм человека, особенно на центральную нервную систему, вызывая переутомление и истощение клеток коры головного мозга. В результате длительного воздействия шума, а моторные полеты могут быть длительными, у пилота может нарушиться регулирующее влияние центральной нервной системы на сердечно-сосудистую систему.

Один из путей устранения шума от двигателей внутреннего сгорания — это переход на электрические двигатели.

Высотные характеристики

Современные моторные дельтапланы обычно летают до высоты 3000 м, где $\Delta = 0,74205$. Следовательно, мощность уменьшается на 25 %.

Для определения летных характеристик летательного аппарата с ВМГ необходимо построить характеристику его воздушного винта и диаграмму мощности выбранного двигателя.

Мощность двигателя внутреннего сгорания, а они на моторных дельтапланах на сегодня являются основными, с высотой изменяется по закону, близкому к прямой линии. Приближенно можно построить высотную характеристику двигателя N_n , считая изменение мощности с высотой пропорциональным плотности окружающего воздуха:

$$N_n = N_i \cdot \Delta$$

Обычно эффективную мощность у поверхности земли на ходят умножением индикаторной мощности N_i на КПД двигателя η_m :

$$N_e = N_i \cdot \eta_m$$

Механические потери мощности определяются из выражения:

$$N_m = N_i \frac{1 - \eta_m}{\eta_m}$$

Если на диаграмме мощности двигателя от точки нормальной частоты вращения выбранного двигателя отложить вниз полученную величину, а найденную точку соединить с началом координат, то отрезок N_i представит индикаторную мощность двигателя.

Для получения высотной характеристики значения кривой при $H=0$ умножаются на Δ плотности воздуха. Получаются

кривые располагаемых мощностей по высоте.

Пример конструктивного решения и компоновки винтомоторной группы

Примером удачного конструктивного решения и компоновки винтомоторной группы на дельтаплане можно признать ВМГ мотодельтаплана «Космос».

Силовая установка. Базовая модель оснащена двухтактным двухцилиндровым двигателем «Робин 440» японского производства. Рабочий объем цилиндров 440 см³. Масса двигателя вместе с системой питания и электрооборудования 38 кг.

В целях лучшей компоновки силовой установки двигатель установлен вниз головками цилиндров. Это позволило более рационально выполнить его крепление и «поднять» воздушный винт над землей для защиты его от попадания в плоскость винта посторонних предметов при взлете, посадке и рулении.

Опыт эксплуатации показал высокую эффективность воздушного принудительного охлаждения двигателя в самом широком диапазоне температур.

Электрооборудование включает магдино с блоком электронного зажигания, электрический стартер, расположенный в приливе картера с правой стороны, две стартерные кислотные аккумуляторные батареи и замок зажигания авто-

мобильного типа. Напряжение в электросети 12 В.

Магдино обеспечивает только зажигание. Аккумуляторные батареи не подзаряжаются от работающего двигателя, их зарядка производится стационарно, от наземного источника.

Слабым местом системы зажигания являются свечи. Из-за нижнего расположения цилиндров их очень часто заливают во время продолжительной стоянки на земле. После слива топливного конденсата из головок цилиндров двигатель отлично запускается как электро-стартером, так и механическим стартером.

Механический стартер размещен в блоке с вентилятором охлаждения. По конструкции он мало отличается от аналогичного стартерного устройства отечественного двигателя РТЗ-640, установленного на снегоходе «Буран».

Стартерный шнур выведен через два блока в удобное для пилота место — на вертикальную балку чуть выше головы. Благодаря этим блокам значительно снижено усилие, прилагаемое пилотом при запуске двигателя.

Запуск двигателя с успехом выполняется даже в воздухе.

Система питания двигателя включает пластиковый топливный бак цилиндрической формы емкостью 11 л, изготовленный из прозрачного материала, что обеспечивает удобный контроль уровня топлива. Бак размещен на моторной раме и крепится к ней резиновым шнуром.

Двигатель оснащен двумя карбюраторами с горизонталь-

ной осью поплавков. Карбюраторы крепятся к двигателю посредством резиновых фланцев-амортизаторов, частично гасящих вибрацию. Кроме того, резиновые фланцы играют роль термоизоляторов. Это повышает качество топливной смеси, способствует сохранению мощности двигателя по мере его прогрева.

Хотя уровень топлива обеспечивает подачу его в карбюраторы самотеком, на двигателе установлен топливный насос мембранного типа. Для повышения надежности работы системы питания, в магистраль на участке топливный бак — насос установлен топливный фильтр неразборной конструкции, который по мере необходимости заменяется новым, имеющим пластмассовый прозрачный корпус для контроля его загрязнения.

Серийный «Космос» комплектуется одним топливным баком, который при полной заправке обеспечивает полет продолжительностью до 1 ч, в некоторых случаях этого недостаточно. Поэтому предусмотрена установка двух дополнительных баков, которые располагаются под сиденьем пилота. Подача топлива из них производится штатным насосом. В таком варианте «Космос» имеет запас топлива на 3 ч полета.

Поскольку степень сжатия в цилиндрах составляет 8,6, то применяется высокооктановый тип бензина. «Робин» одинаково хорошо работает на отече-

ственном АИ-93 и авиационном Б-91. Бензин применяется в смеси с маслом МС-20 в соотношении 1 : 35. Это достигнуто благодаря конструкции коленчатого вала — шатун имеет игольчатые подшипники в нижней головке.

Система выпуска. Первое, что бросается в глаза при взгляде на силовую установку «Космоса», это внушительные размеры выпускной системы. В сравнении с компактным двигателем она кажется громоздкой. Но достаточно запустить двигатель, чтобы убедиться в высокой эффективности глушителя. Сам глушитель имеет небольшие размеры, гораздо больше него резонатор. Благодаря резонатору* двигатель при частоте вращения, превышающей 80 % от максимальной, получает прибавку мощности до 20 % и дает на этом режиме существенную экономию топлива.

Резонатор, несмотря на размеры, имеет небольшую массу, поскольку выполнен из тонкостенной стали.

Вся выпускная система смонтирована на резиновых амортизаторных блоках.

Для облегчения холодного запуска двигателя, особенно при низких температурах воздуха, с левой стороны сиденья установлен топливный обогатитель. Как показала практика эксплуатации «Космоса» в зимних условиях, двигатель отлично запускался с первой-третьей попытки при обогаще-

нии смеси даже при температуре -25°C . В подавляющем большинстве случаев пилоты пользуются механическим запуском, поскольку «Робин» отличается отличным запуском. Стартерные батареи, масса которых 6 кг, при этом снимают. Поэтому серийные «Космосы» по желанию заказчика могут поставляться только с механическим стартером.

Система управления двигателем. Управление заслонками карбюраторов выведено на рычаг, расположенный под правой ногой пилота на вилке носового колеса. Ножная педаль «газа» обеспечивает оперативное управление оборотами двигателя на режимах взлета, посадки, в маневренном полете, то есть когда требуется постоянное изменение тяги.

Помимо ножной педали «газа» (автомобильное управление) предусмотрено ручное (самолетное) управление. Сектор ручного «газа», расположен-

ный слева от пилота (на «корзине» сиденья), обеспечивает фиксацию в любом положении за счет фрикционного механизма. Это создает дополнительные удобства в длительном полете на постоянном режиме. Кроме того, на ручной «газ» возложена еще одна важная функция, во многом способствующая безопасности, — он позволяет инструктору, сидящему сзади, увеличивать частоту вращения двигателя независимо от положения педали ножного управления «газом».

В первых сериях ручной сектор «газа» снабжался встроенным тумблером аварийной остановки двигателя. Однако в скором времени от него пришлось отказаться из-за частых случаев непреднамеренного выключения двигателя в воздухе — сидящий на заднем сиденье пилот постоянно касался коленом тумблера и нередко выключал его таким образом.

* Сведения о конструкции и методике расчета резонаторов см. в книге И. М. Григорьева «Мотоцикл без секретов» (М.: ДОСААФ, 1973).

Глава 10.

ШАГ В ЗАВТРАШНИЙ ДЕНЬ?

Уменьшение угла стреловидности у современных дельтапланов до 30 и даже до 20° с одновременным ростом удлинения до 7 и даже 8, введение объемного крыла до 70, а на некоторых моделях и до 100% по длине хорды, и плавающая поперечная балка, спрятанная в полости крыла, — таковы характерные особенности аппаратов пятого поколения, которые сейчас стали основными спортивными аппаратами ведущих спортсменов у нас в стране и за рубежом. Вводятся гибкие законцовки на концах боковых балок, улучшающие летные характеристики крыла.

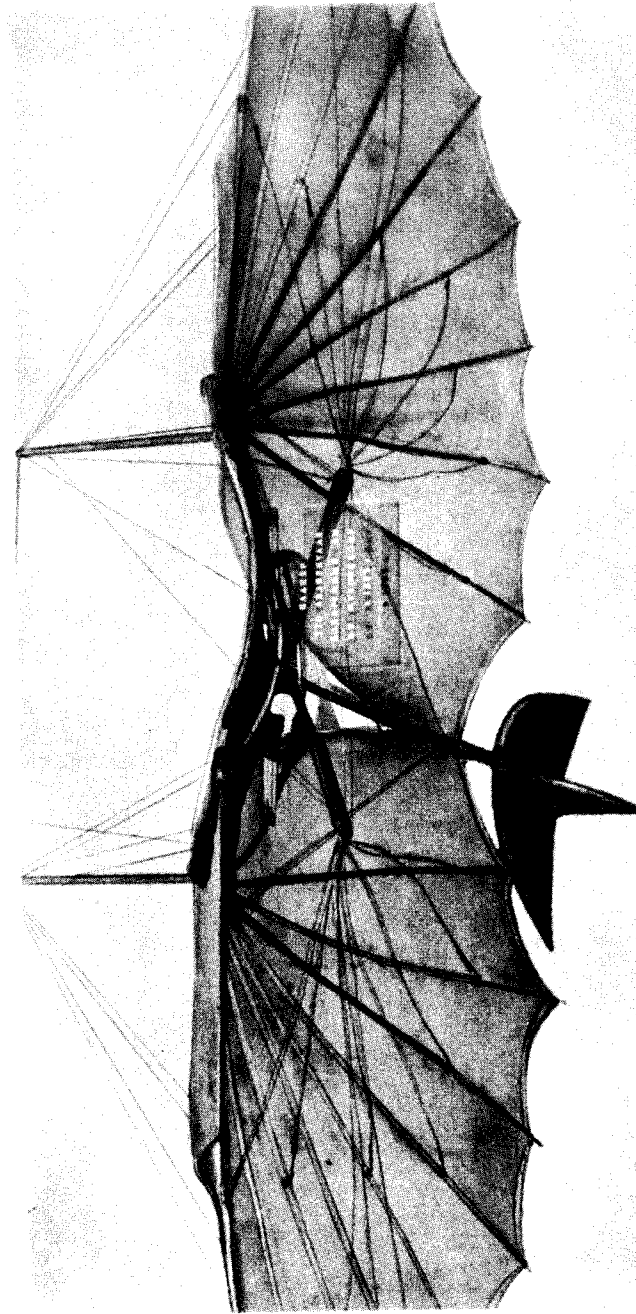
По мнению опытных дельтапланеристов, в ближайшее время нужно ждать нового скачка в конструкции СЛА, который не только сравняет их с классическим планером по аэродинамическому качеству крыла и дальности полетов, но и вплотную приблизит человека к извечной мечте — летать как птица (рис. 70).

В 1935 году в Новочеркасске под руководством инженера С. Ченчиковского был создан аппарат с воздушным винтом от педального привода. Аппарат сам стартовать не мог, но

во время обучения на нем планерным полетам дальность увеличивалась на 30% за счет использования тяги винта. В 1938—1939 годах появляются мускулолеты в Италии и Германии, но они тоже не могли самостоятельно взлетать.

В 1966 году, т. е. чуть более 20 лет назад, И. К. Костенко — один из ведущих специалистов по аэродинамике и полетам на малых числах Рейнольдса — сделал математический анализ и показал, что СЛА с мускульным приводом летать не могут. Эти расчеты подтверждала тогдашняя практика.

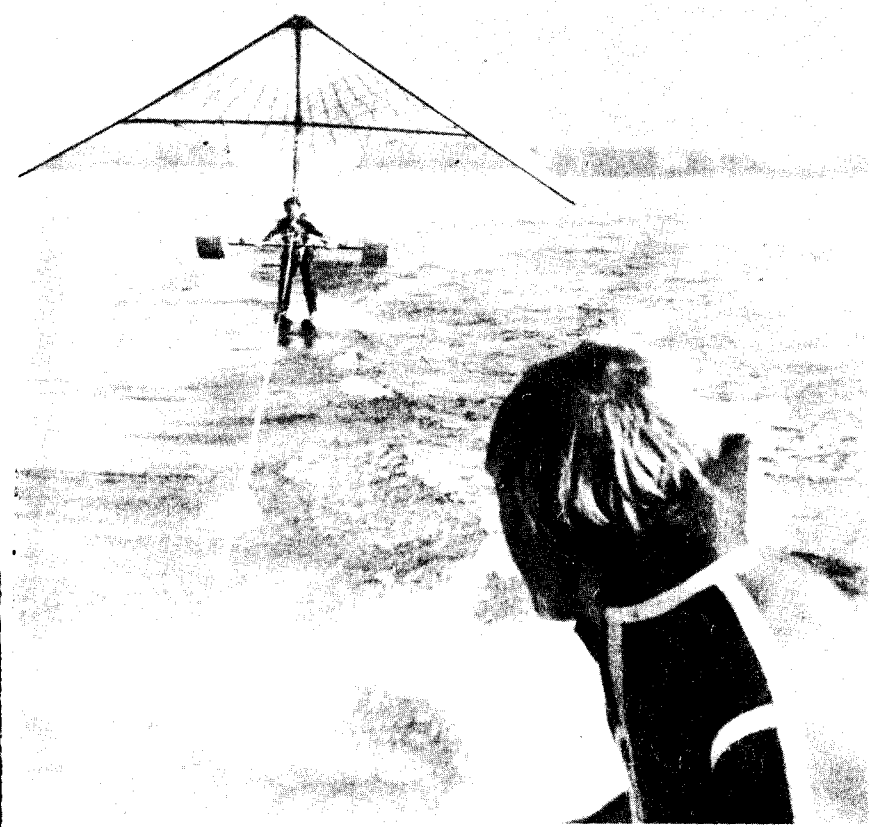
Но вот проходят годы, и достижения в области таких наук, как материаловедение, возможность расчетов и математического анализа результатов на ЭВМ, принципиально новые подходы к проектированию общих видов СЛА, принципиально новые подходы в конструировании и технологии открыли широкие двери аппаратам, которые в 60-е годы были нереальны. И сегодня встречается немало трудностей, но это трудности создания реальных СЛА — сверхлегких летательных аппаратов.



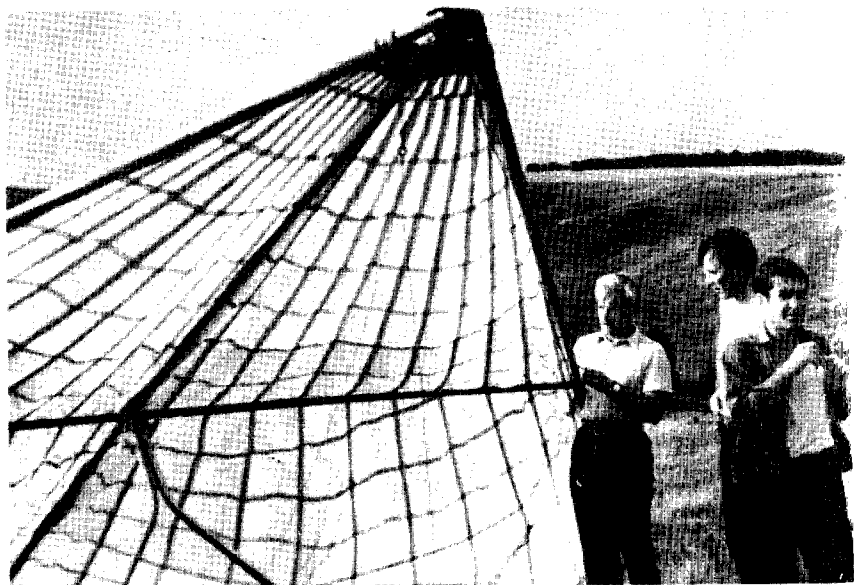
Балансирный планер Отто Лилленталя, подаренный им Н. Е. Жуковскому (Москва, музей Н. Е. Жуковского)



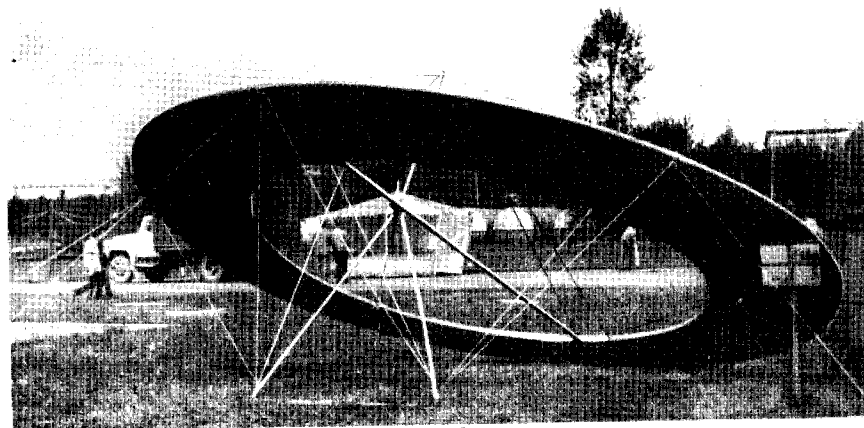
В полете «Поиск-2», разработанный СКБ Московского института инженеров гражданской авиации



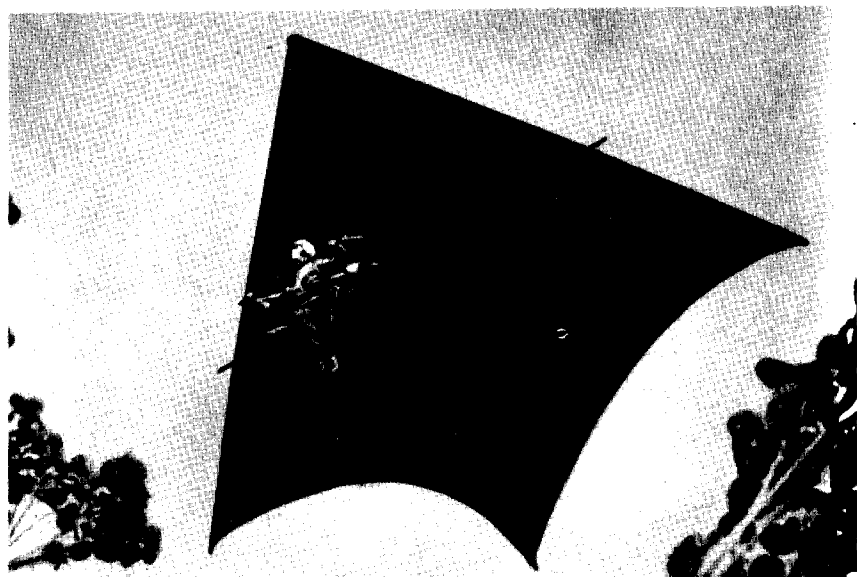
Буксировочный полет за катером на крыле Рогалло над Пироговским водохранилищем (старт с лыж)



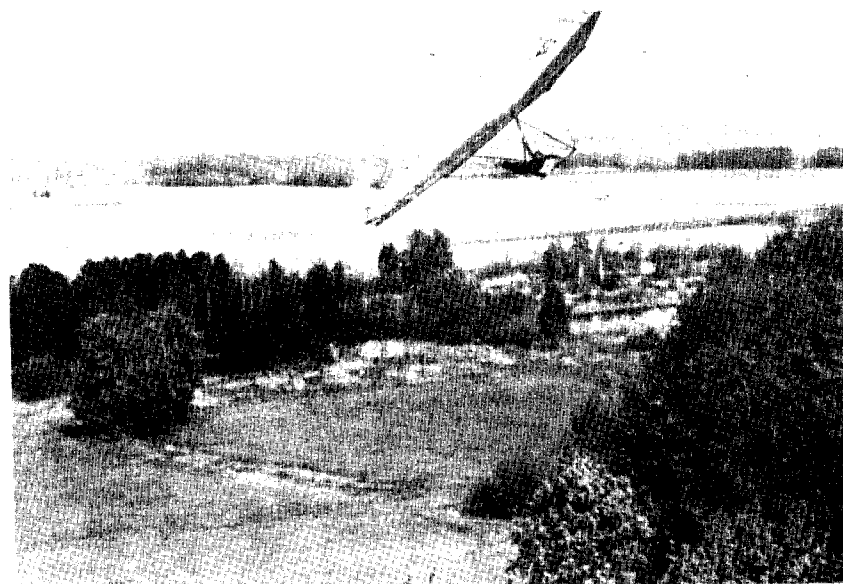
Сборка одного из первых дельтапланов



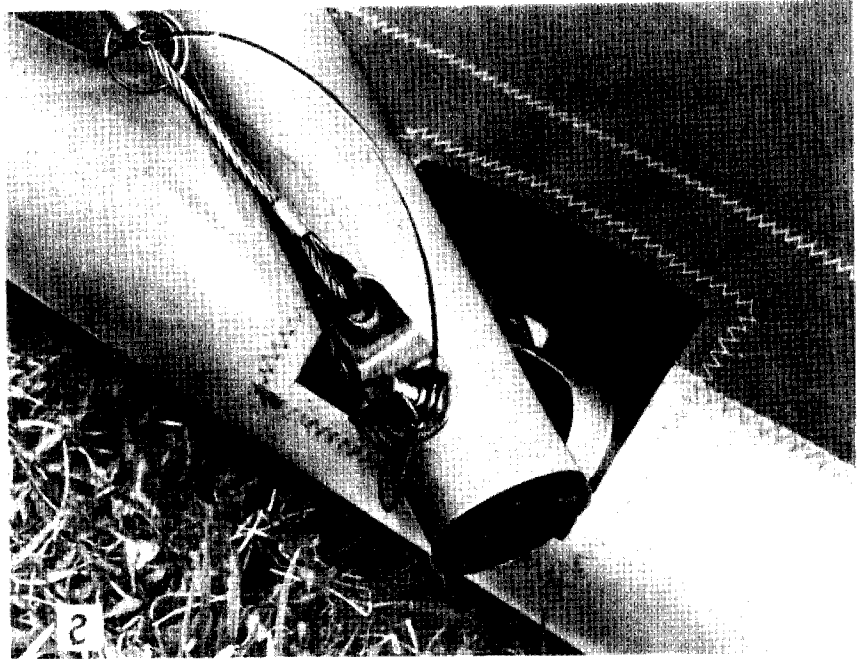
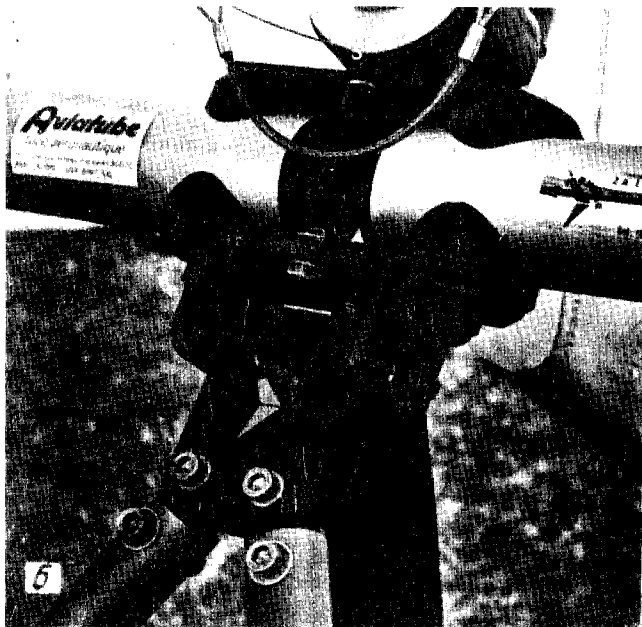
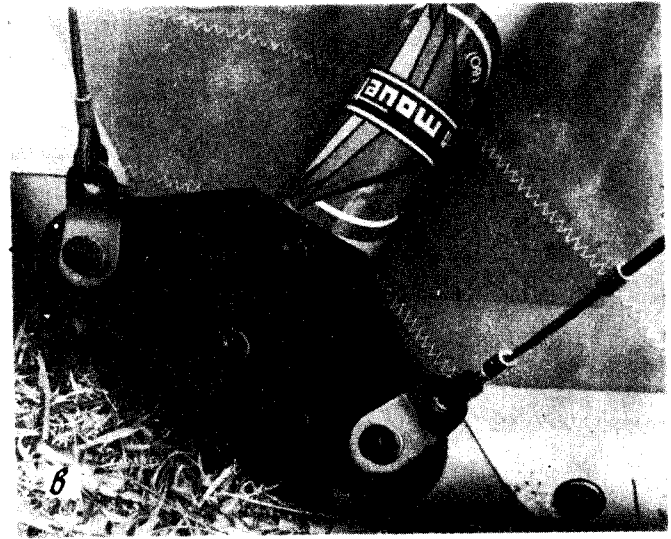
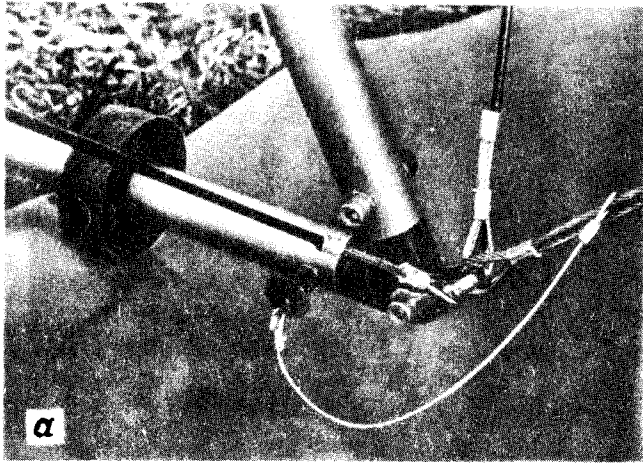
Кольцевое крыло (разработка Уфимского авиационного института)

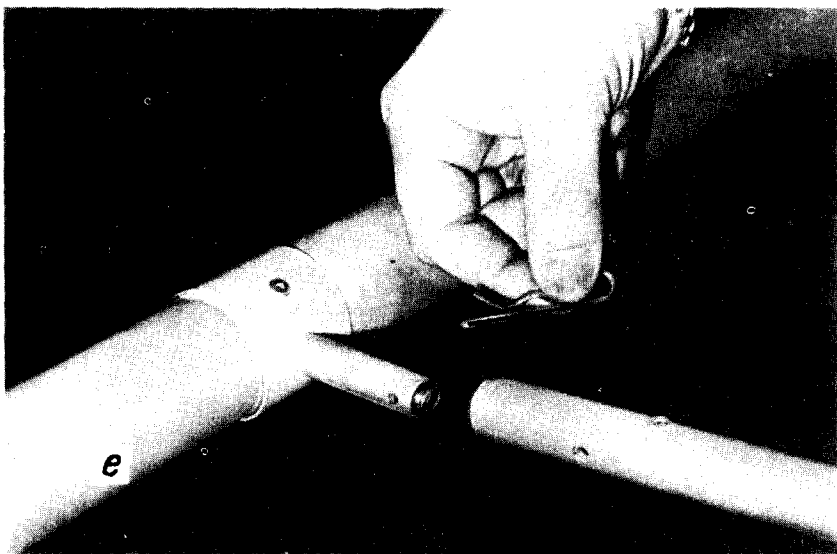
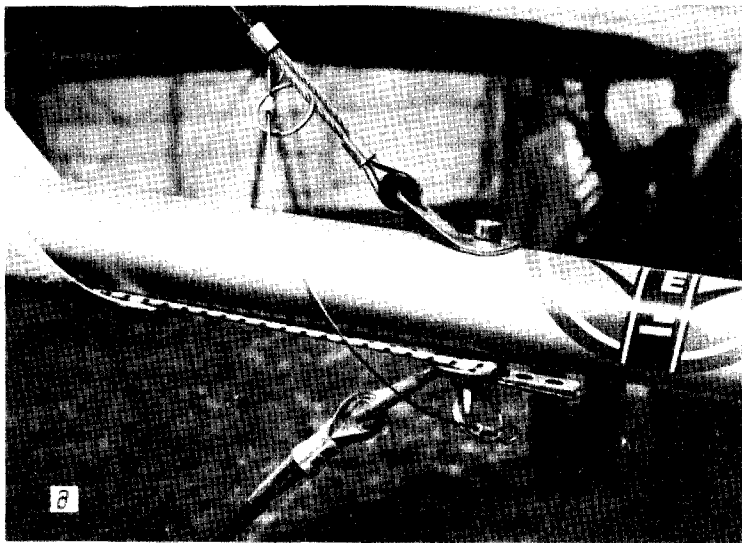


На аппарате «Рысенок» разработки А. Кареткина пилот Н. Адиятуллин



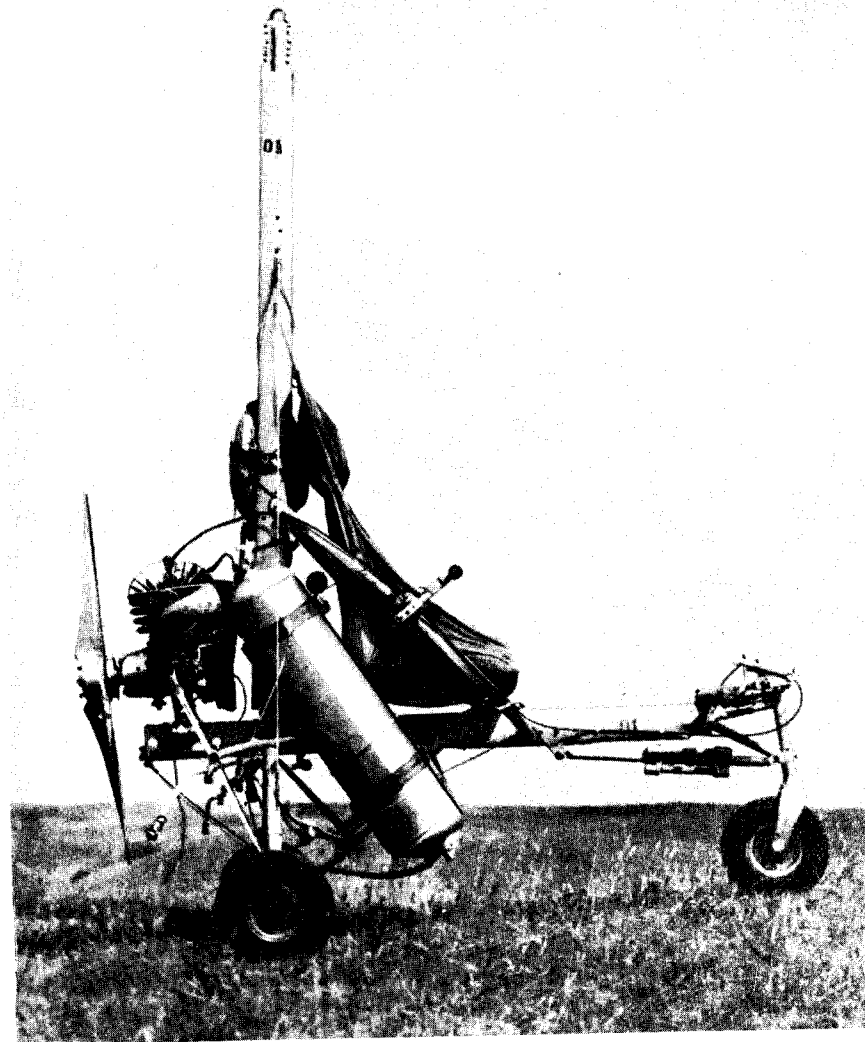
В полете дельтаплан «Атлас»



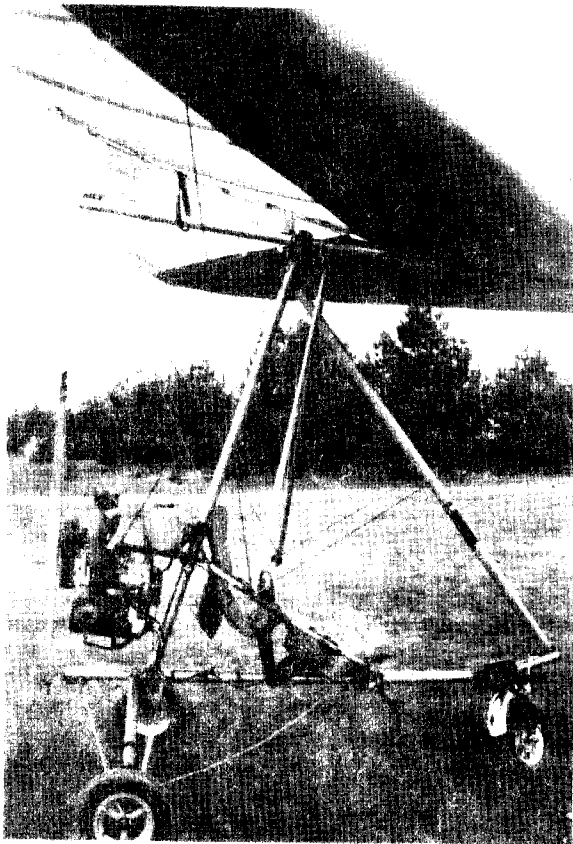


Узлы конструкции дельтаплана «Атлас»:

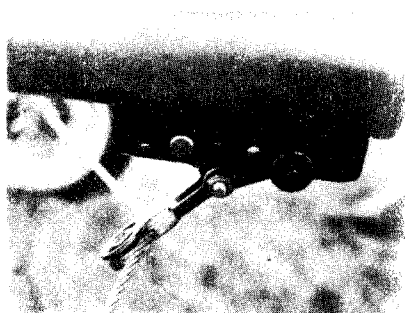
a — быстроразъемный узел на трапции; *b* — центральный узел; *в* — носовой узел; *г* — боковой узел; *д* — задний узел; *е* — установка антициклирующего устройства



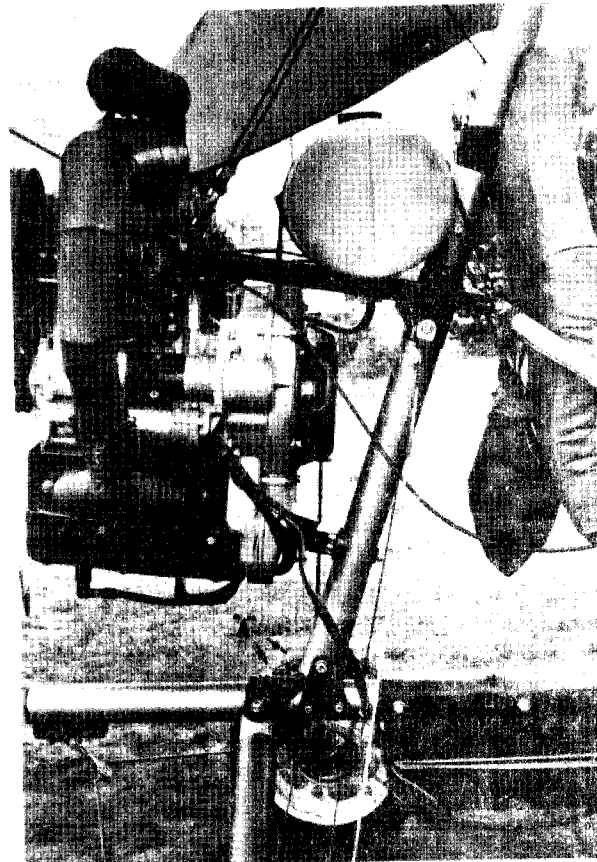
Рабочий модуль сельскохозяйственного мотodelьтаплана «Гриф-20», разработанный Красноярским студенческим конструкторским бюро «Поиск» (руководитель Г. Коваленко), по бокам модуля расположены емкости для ядохимикатов



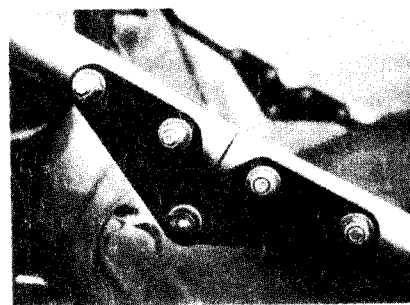
Общий вид моторельтаплана «Космос»



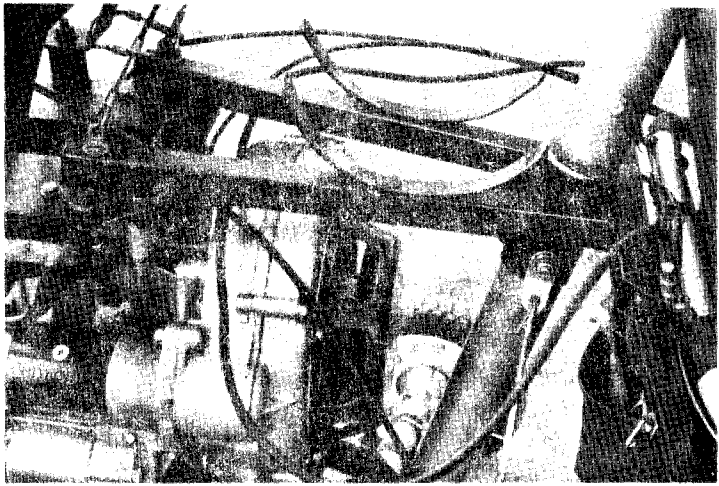
Эксплуатационный разъем тросовой системы шасси моторельтаплана «Космос»



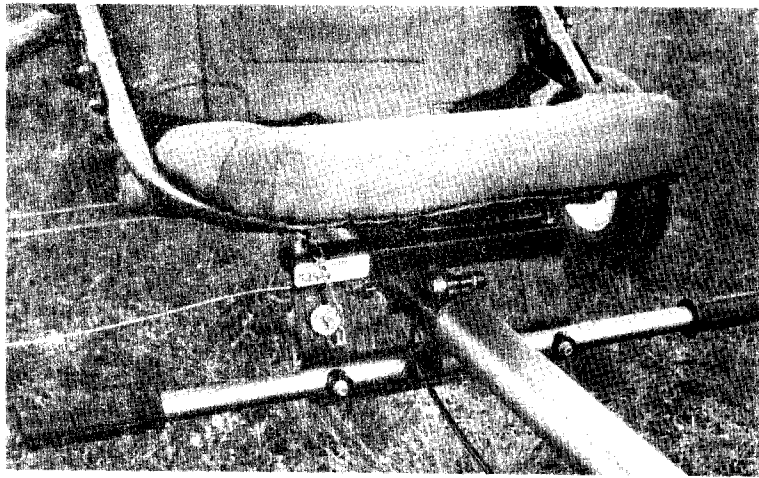
Вид сбоку на двигатель, моторную раму, топливный бак и узлы соединения балок



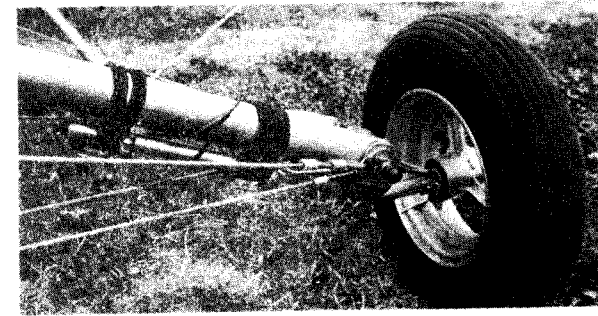
Шарнир «корзины» сиденья пилота (пластины толщиной 2,5 мм из алюминиевого сплава, болты М6)



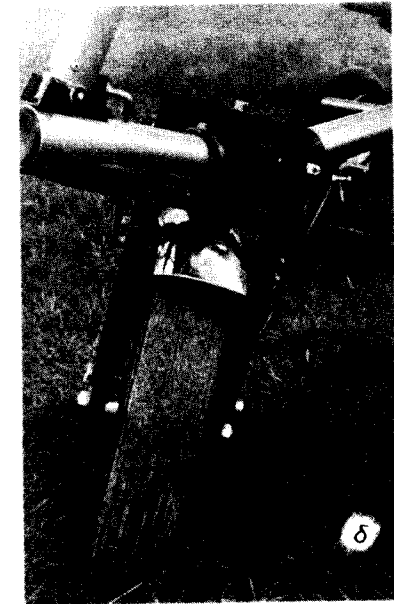
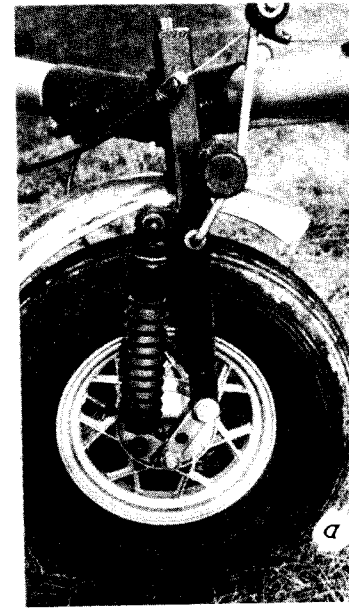
Моторная рама с ложеентами топливного бака и верхнее крепление «корзины» сиденья пилота



Нижнее крепление «корзины» сиденья пилота, подножки для второго пилота (пассажира). Слева под сиденьем расположен замок зажигания

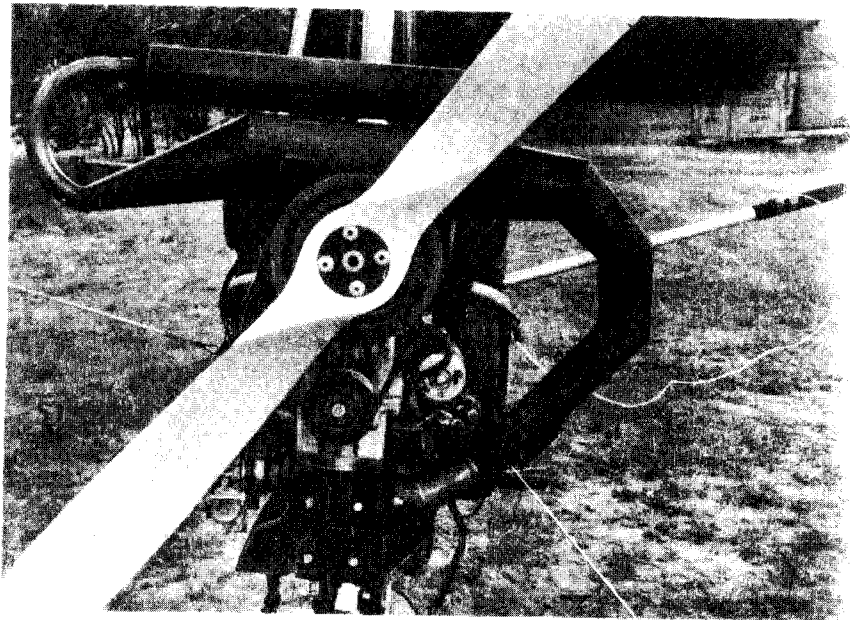


Резиношнуровая амортизация заднего колеса

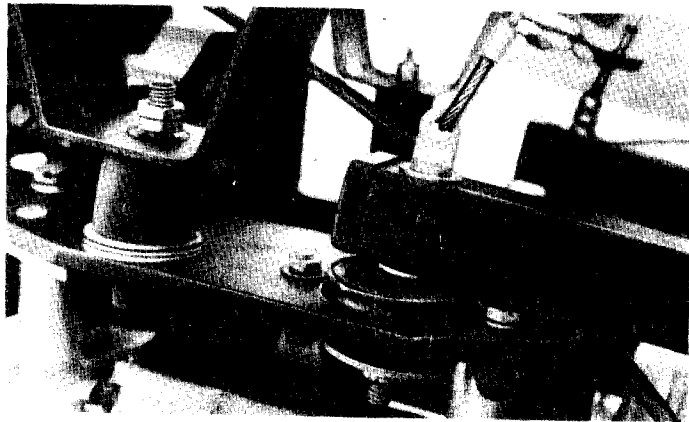


Переднее колесо:

а — вид сбоку (в центре — пружинно-гидравлический амортизатор, наверху — ножной привод сектора газа); б — вид спереди (слева вверху эксплуатационный разъем)



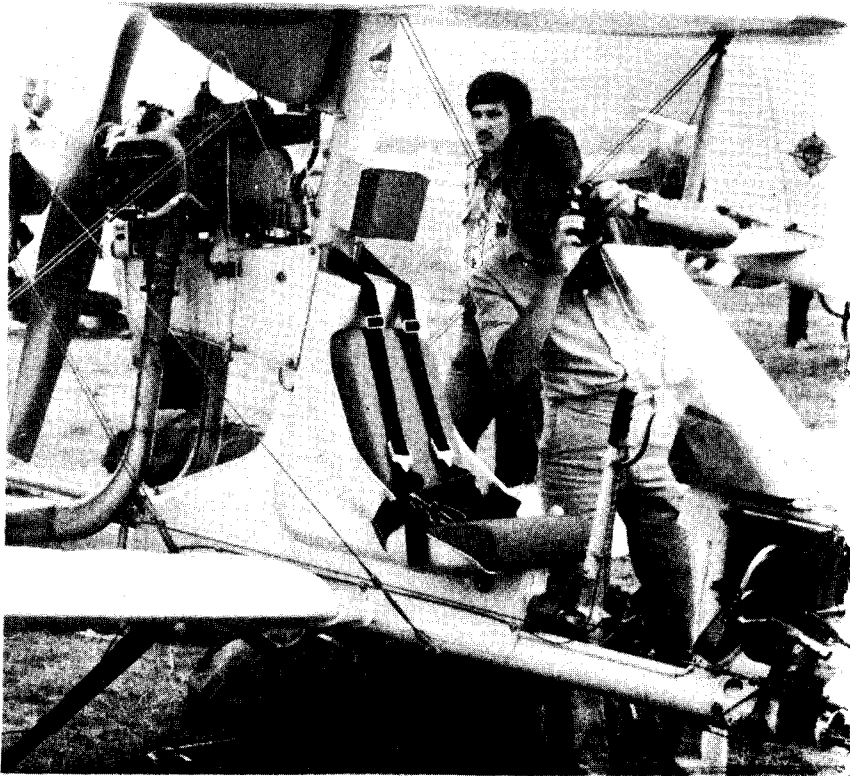
Вид двигателя со стороны винта (по оси винта расположена полая втулка для прохода буксировочного троса). Мощная выпускная система двигателя, включающая резонатор и глушитель, обеспечивает 20 % прибавки мощности.



Узел крепления двигателя к моторной раме и поддерживающим тросам с помощью резинометаллических амортизаторов. Слева узел крепления глушителя к опорной площадке через резиновый блок-амортизатор.



Пилот и пассажир заняли полетное положение. Над пассажиром видна рукоятка ручного стартера. Сейчас прозвучит команда: «От винта!»



Смотр-конкурс СЛА-87 (Тушино)

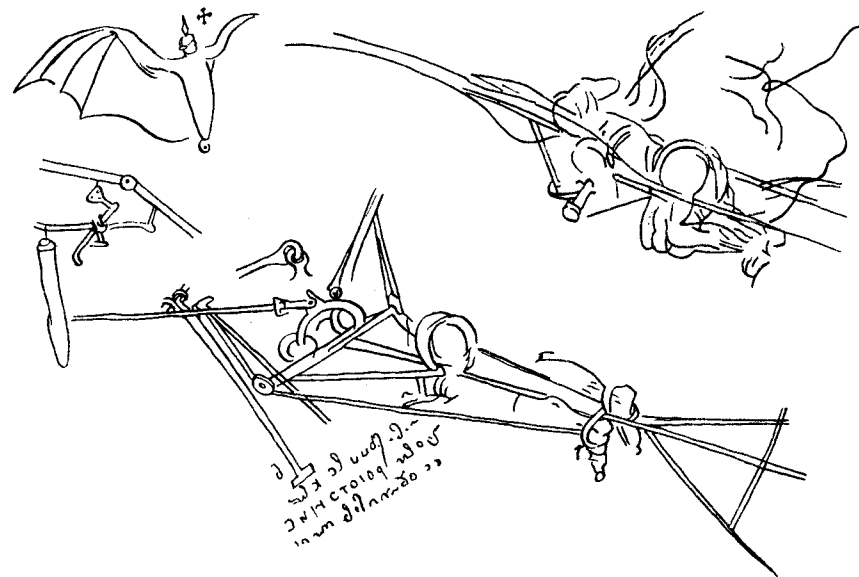


Рис. 70. Первый проект мускулолета — чертежи Леонардо да Винчи

Появились материалы, которые, благодаря высоким удельным прочности и жесткости, позволили создать аппарат со значительно меньшим весом. А значит, теперь нужна меньшая подъемная сила. При равном аэродинамическом качестве лобовое сопротивление будет во столько раз меньше, во сколько уменьшится подъемная сила, а лобовое сопротивление уравновешивается тягой винта.

Тяга оказалась доступной для ее создания человеком средних физических возможностей.

Мускулолеты

Международная ассоциация по развитию средств передвижения, использующих му-

скульную силу человека, поощряет создание и участие мускулолетов различного типа в конкурсах и соревнованиях на суше, на воде и в воздухе, не налагая каких-либо ограничений на их конструкцию. Человечество, в первую очередь, видит в таких аппаратах средство передвижения, незагрязняющее окружающую среду.

Из всех групп человеческих мускулов мускулы ног позволяют получить наибольшую отдачу при большой кратковременной нагрузке.

Круговое движение при вращении педалей, то есть велосипедного типа, остается на практике наиболее эффективным методом непрерывной передачи энергии от человека к машине. Велосипедист мирового класса может в течение нескольких секунд развивать

мощность около 2 л. с. (1,472 кВт). В течение более продолжительного времени (6 мин) он может развивать мощность не более 0,5 л. с. (0,368 кВт). Средний тренированный человек развивает мощность на крейсерском режиме не более 0,3 л. с. (0,221 кВт) (рис. 71).

Но и этого оказалось достаточно (рис. 72). При продолжительной работе — свыше 1 мин — преимущества pedalного привода теряются из-за ограничений, накладываемых возможностями кровеносной и дыхательной систем человека. Но этого времени достаточно для взлетного режима, набора высоты или выхода в восходящий поток.

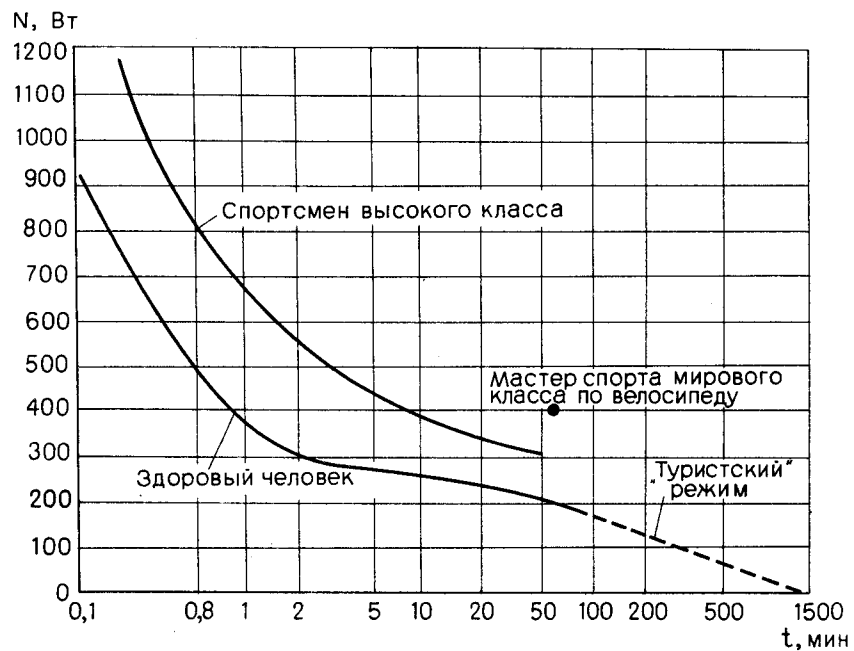
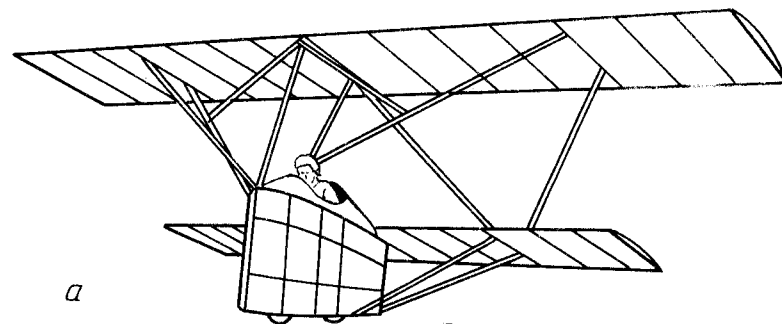


Рис. 71. Мощность, развиваемая человеком при мускульном приводе в зависимости от физической подготовки и времени работы (1 кВт=1,3 л. с.)

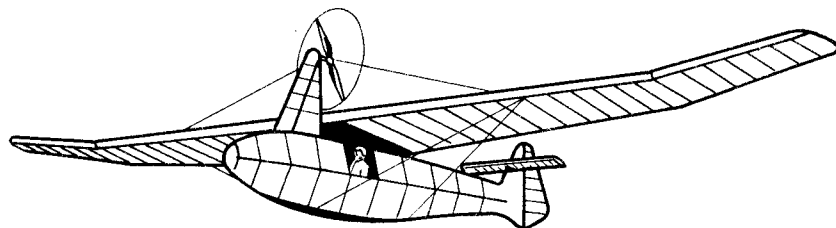
На величину вырабатываемой мощности влияют многие факторы, в том числе высота сиденья, длина шатунов, а также физическое состояние пилота и его психологический настрой.

Из истории вопроса. Если не считать различных экзотических конструкций и «крылатых велосипедов», появившихся в начале нашего столетия, то всего в мире было построено около 60 летательных аппаратов с мускульным приводом. По аэродинамическим и конструктивным признакам все эти аппараты можно подразделить на три поколения (рис. 73).

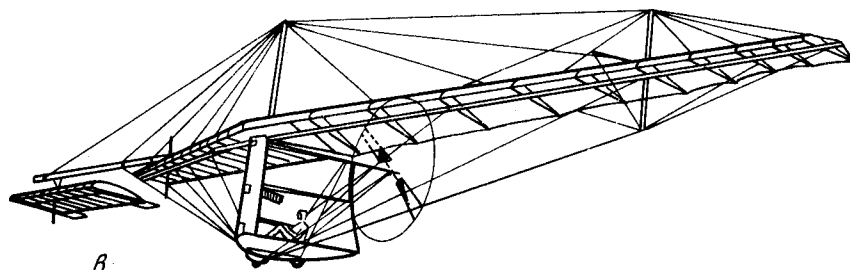
Аппараты первого поколения заимствовали конструктивные



a



б



в

Рис. 72. Ступени развития летательных аппаратов с мускульным приводом: а — модель «Aviette»; б — модель «Muffli»; в — модель «Condor»

решения у планеров. Они могли летать только прямо и не более 1 км.

Аппараты второго поколения уже были управляемыми и могли долго держаться в воздухе благодаря физическим усилиям пилота.

Эти аппараты имели довольно необычные очертания, поскольку конструкторам удалось выйти за рамки привычных представлений. Эти аппараты были похожи на первые самолеты и дельтапланы 70-х годов. Они были громоздкими и хруп-

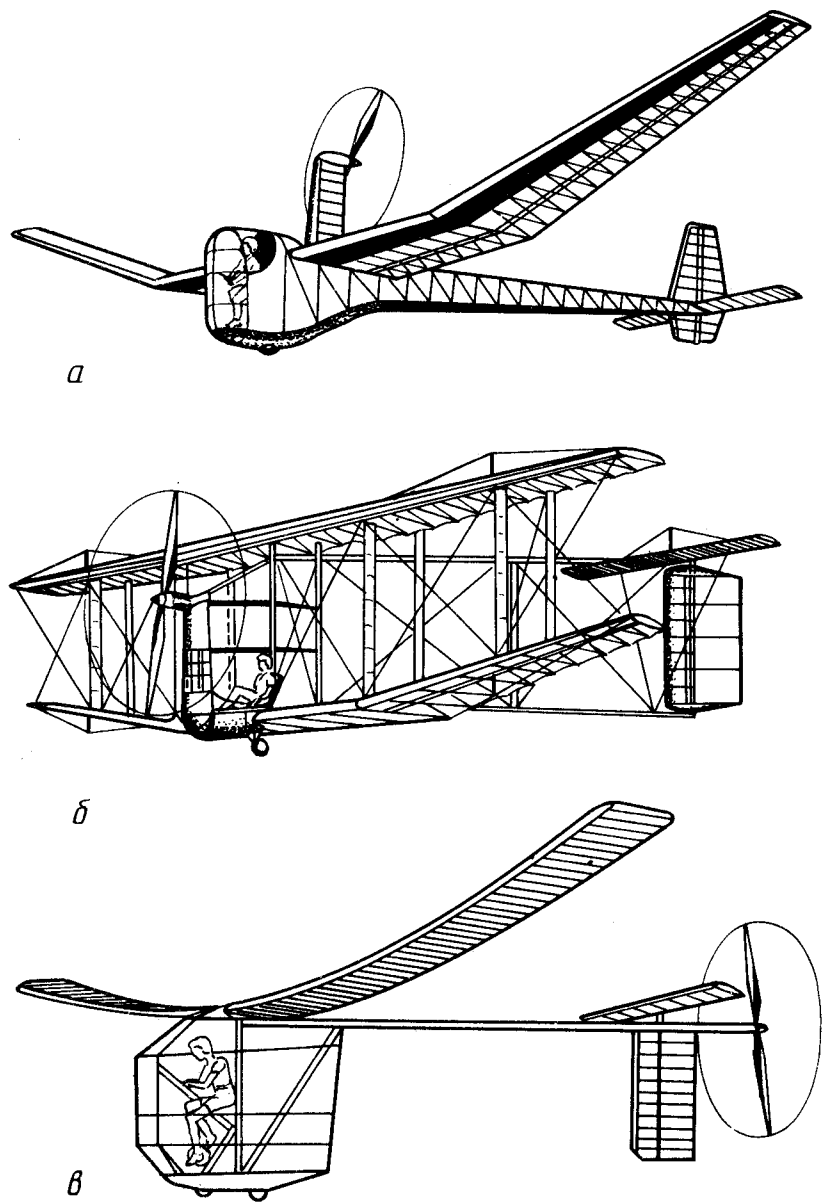


Рис. 73. Деление летательных аппаратов с мускульным приводом на три поколения, отражающее основные различия в конструкциях аппаратов:

а — первое поколение (аппараты имели внутренний ферменный деревянный каркас); б — второе поколение (каркас из алюминиевых трубок); в — третье поколение (современные материалы, такие как углепластики, позволили использовать балочные конструкции)

кими, становились неуправляемыми даже при небольшом ветре. Они не получили распространения даже после шумевшего перелета через Ла-Манш.

Аппараты третьего поколения предназначались для скоростных состязаний и поэтому по своим размерам значительно меньше. Внешне они несколько похожи на аппараты первого поколения, а также на свободнолетающие авиационные модели и даже модели некоторых ракетопланов.

Аппараты третьего поколения смогли появиться, так как они вобрали в себя лучшие достижения в области аэродинамики, методики конструирования, технологии и материаловедения, а также опыт, накопленный при расчетах и эксплуатации аппаратов второго поколения и авиационных моделей.

Поиски. Конструкторы мускулолетов всех трех поколений сталкивались с одной и той же проблемой — как снизить необходимую для полета мощность до уровня, доступного человеку. Если вспомнить о многочисленных исследованиях в этой области, то можно лишь удивляться, что до сих пор нет ответа на важный вопрос: следует ли пилоту находиться в сидячем или в лежачем положении. При отсутствии точных физиологических данных выбор конструктивного решения определяется такими факторами, как динамика полета, используемые материалы и распределение массы.

Мощность, которой должен обладать мускулолет, равна

произведению его лобового сопротивления на скорость:

$$N = X \cdot V.$$

Поэтому снизить требуемую мощность можно, создавая мускулолет с малым лобовым сопротивлением. Другой путь — это уменьшение скорости полета.

Проблема уменьшения лобового сопротивления. Долгое время образцом аппаратов с малым лобовым сопротивлением служили планеры, поэтому естественно, что на них и были похожи первые летательные аппараты с мускульным приводом. Конструкторы стремились облегчить планер, снабдить его воздушным винтом, но не идти при этом на снижение аэродинамических характеристик. Детали каркаса и узлы крепления располагались внутри и были закрыты обшивкой. Сейчас мы понимаем, что с поставленной таким образом задачей существующая в то время технология и материаловедение справиться не могли. В результате появились аппараты тяжелые и с небольшими размерами. Малый размах крыла и относительно высокая скорость полета предъявляли такое требование в отношении мощности, которое оставляло пилоту мало возможностей для управления аппаратом.

Мы знаем из дозвуковой аэродинамики, что такую составляющую лобового сопротивления, как сопротивление трения, можно уменьшить за счет уменьшения площади по-

верхности аппарата и в первую очередь площади крыла, выбора для него аэродинамически эффективной формы (снизив профильную составляющую лобового сопротивления). А для того, чтобы стало меньше индуктивное сопротивление, нужно увеличить размах крыльев и ограничить скорость полета. Мы сталкиваемся здесь с как будто бы взаимоисключающими тенденциями, хотя оба направления имеют теоретическое и практическое ограничения, которые не позволяют свести на нет влияние вредных факторов. Поэтому на аппаратах второго поколения, чтобы снизить потребную мощность, была поставлена задача снизить скорость.

Снижение скорости полета. Выигрыш, достигаемый в планерах за счет снижения лобового сопротивления, был принесен в жертву ради конструкции с внешними расчалками и верхней мачтой, как у дельтапланов. Увеличение лобового сопротивления было компенсировано существенным увеличением размаха крыла и уменьшением массы аппарата. В результате потребная мощность уменьшилась за счет достигнутого снижения скорости до 16 км/ч.

Относительная малая скорость — это фактор, который усложняет конструирование аппарата с мускульным приводом с точки зрения принятых норм в большой авиации. Для мускулолетов с такой скоростью полета свойствен «необычный» аэродинамический режим, на котором летают лишь боль-

шие птицы и авиамодели. С формальной точки зрения этот режим характеризуется относительно низким значением числа Рейнольдса. Обычные самолеты и планеры движутся при числах Рейнольдса от $2 \cdot 10^5$ до $2 \cdot 10^6$. За время, прошедшее с первой мировой войны, эта область движения была хорошо изучена. Аппараты с мускульным приводом летают при числах Рейнольдса меньше 1 млн, а эта область движения изучена еще недостаточно, что очень хорошо ощущают авиамоделисты.

Выбор аэродинамического профиля. Малые числа Рейнольдса, а также необходимость иметь большой коэффициент подъемной силы, низкое лобовое сопротивление и небольшой момент тангажа вынудили конструкторов мускулолетов либо приспособлять для своих аппаратов уже существующие аэродинамические профили, в том числе авиамодельные, либо разрабатывать новые. Целью является создание определенного распределения давления на поверхности крыла. Грубо говоря, в мускулолетах могут использоваться два типа профилей — с задней нагрузкой и передней, когда большая часть аэродинамической нагрузки приходится в зависимости от выбранного профиля либо на заднюю, либо на переднюю часть крыла.

Типичный профиль крыла с задней нагрузкой обеспечивает большое аэродинамическое качество $K=U/X$ в широком диапазоне скоростей и углов атаки. Этот тип профиля хорош

для планеров, но не для мускулолетов. Его основной недостаток — большой отрицательный момент тангажа. Правда, чем меньше размер аппарата, тем меньше сказывается этот недостаток. Так, в аппарате третьего поколения «Musculair» (ФРГ) был использован профиль с задней нагрузкой.

Профили с передней нагрузкой характеризуются большим отношением U/X , а также наиболее высокими значениями мощностного параметра, но лишь в узком диапазоне скоростей и углов атаки (ламинарные профили). Из-за этих особенностей они непригодны для планеров и большинства самолетов, но идеально подходят для мускулолетов, диапазон скоростей которых вследствие ограниченной мощности невелик и летают они в узком диапазоне углов атаки. Кроме того, крылья с этими профилями имеют небольшой собственный момент тангажа, а значит, их можно сделать более легкими, так как у них получается меньший крутящий момент вдоль крыла, чем у крыльев с профилями задней нагрузки.

Двигатель — это еще один ключевой элемент аппаратов с мускульным приводом. Воздушный винт остается наиболее эффективным средством для преобразования механической энергии, которая вырабатывается пилотом, крутящим педали, в тяговое усилие, необходимое для того, чтобы преодолеть аэродинамическое сопротивление аппарата. Можно представить себе и другие виды

двигателей, например, машущие крылья или струю сжатого воздуха, но до сих пор все они оставались практически неосуществленными.

Любой двигатель (за исключением ракетного) «входит» со скоростью летящего аппарата в воздух и отбрасывает его назад с большей скоростью. Воздушный винт создает за собой так называемую спутную струю. Машущие крылья с каждым взмахом отбрасывают назад некоторую массу воздуха.

В любом случае воздушный поток за аппаратом обладает кинетической энергией, которую передал ему двигатель. Эта неиспользуемая энергия постепенно переходит в тепло. По мере возрастания скорости струи потери за счет уносимой ею энергии начинают преобладать над увеличением тяги. Возникает вопрос: нельзя ли создать двигатель, который бы «входил» в большую массу воздуха и лишь незначительно ускорял ее? Например, воздушный винт большого диаметра или машущие крылья, имеющие большой размах? Использование сжатого воздуха заведомо непригодно в том диапазоне скоростей, который характерен для аппаратов с мускульным приводом, поскольку в этом случае скорость струи очень велика.

Хотя теоретически машущие крылья могут быть весьма эффективным двигателем, они не нашли применения в аппаратах, приводимых в движение человеком или перевозящих пассажиров. Такое крыло долж-

Легкие летательные аппараты
с фотоэлектрической силовой установкой

Название аппарата	Конструктор	Год создания	Мощность электродвигателя, кВт	Переделан из аппарата	Дальность полета, км	Высота полета, м
1	2	3	4	5	6	7
«Солар Райзер»	Л. Мауро (США)	1979	3	Балансирный планер-биплан	0,8	12
«Солар Уан»	Ф. Ту, Д. Уильямс (Великобритания)	1978–1979	3	Планер, мотопланер	1,2	24
«Госемер Пингвин»	П. Маккриди (США)	1980	0,42	Мускулолет «Госемер Альбатрос» Схема «Утка»		3
«Солар Челленджер»	П. Маккриди (США)	1980	4,8		368	4359
«Солэр 1»	Рохельт (ФРГ)	1980	—	Схема «Утка»		—
ДС. 2000	Ганноверский университет (ФРГ)	1981	—			—

Примечание. Аппарат «Солэр 1» имеет аккумулятор, необходимый для взлета, который подзаряжается в полете.

но обладать способностью скручиваться вдоль оси — в одном направлении во время маха вниз и в другом во время маха вверх. Птицы справляются с этим прекрасно, но в механическом аппарате сочетать машущие движения со скручивающимися сложно, и тем сложнее, чем больше размер аппарата. По этой причине в аппаратах с мускульным приводом воздушный винт в настоящее время остается единственным практически используемым двигателем.

Невозможно достичь максимальной эффективности двигателя лишь за счет увеличения диаметра воздушного винта. Большой воздушный винт дает прибавку в весе, чего конструкторы всегда пытаются избежать. Кроме того, концы лопастей большого воздушного винта могут задевать землю при взлете и посадке. По этим причинам конструкторы вынуждены искать способ уменьшить паразитную кинетическую энергию в спутной струе за воздушным винтом, особенно тщательно следя за распределением нагрузки на лопастях. Трение воздуха о лопасти также влияет на выбор конструкции воздушного винта. Большие оптимально сконструированные воздушные винты на летательных аппаратах с мускульным приводом могут иметь КПД до 90 %.

Возможно, что дальнейшее развитие материаловедения и кинематики механических систем позволят получить в качестве двигателя для мускулолетов и машущее крыло. Но

этот полет требует, как минимум, двух движений крыла — вверх и вниз и вращения вокруг продольной оси крыла. Обнадеживает то обстоятельство, что существуют автоматы перекоса лопастей вертолетов. Разработкой аппаратов машущего полета в нашей стране занимались Б. Черановский, И. Виноградов, С. Топтыгин, М. Ляхов и другие достаточно известные конструкторы. Их опыт в будущем смогут использовать новые последователи.

Сверхлегкий летательный аппарат с фотоэлектрической силовой установкой

Аппараты с фотоэлектрическими силовыми установками (солнечными батареями), как и мускулолеты, не загрязняют окружающую среду. Фотоэлектрические генераторы — солнечные батареи, нашедшие широкое применение на космических аппаратах и автоматических метеостанциях, стали в последние годы потенциальными источниками энергии силовых установок СЛА, дирижаблей и других летательных аппаратов.

Первые летательные аппараты с силовыми установками на солнечной энергии появились в конце 70-х годов. В основе их конструкций лежали усовершенствованные различные планерные схемы (табл. 9 и 10).

Аппарат «Солар Челленджер» сконструирован без растяжек, которые бы затеняли солнечные батареи. Стабилизатор с рулями высоты имеет большую площадь и слу-

жит также, как крыло, платформой для размещения солнечных элементов. Профиль Лиссемэн-Хиббс 8025 обеспечивает крылу за линией 0,15 хорды плоскую поверхность для одинаковой ориентации солнечных элементов относительно Солнца. Слегка выпуклая нижняя поверхность способствует ламинаризации обтекания, то есть поставлен профиль обратной кривизны. Воз-

можно и другое конструктивное решение. Элементы солнечной батареи располагаются на плоскости, а аэродинамическую кривизну верхней поверхности крыла образует прозрачная несущая обшивка.

Верхняя поверхность стабилизатора составляет еще большую плоскую часть, чем у крыла, благодаря профилю Лиссемэн-Хиббс 8230 (рис. 74).

Технические характеристики аппаратов с фотоэлектрической силовой установкой

Характеристика	«Солар Челленджер»	«Солар 1»
	1	2
Размах крыла, м	14,3	16,5
Длина аппарата, м	8,84	5,4
Удлинение крыла	8	
Площадь, м ² :		
крыла	26	22,3
стабилизатора	9,3	(вместе с оперением)
солнечных батарей	21,9	—
Масса, кг:		
взлетная	152,8	—
пустого аппарата	90	120
пилота	54,4	60—90
конструкции планера	59	—
солнечных батарей	22,7	—
ВМГ с приборами	30	—
Мощность солнечных батарей (H=3000 м), кВт	3,5	2,5
Скорость полета (H=3000 м), км/ч:		
максимальная	68	—
минимальная	28	—
Практический потолок, м	3000	—
Потолок без ограничений, связанных с жизнедеятельностью, м	15 000	—
Максимальная скороподъемность, м/с	1	—
Диаметр воздушного винта, м	3,35	2,65
Диапазон эксплуатационных перегрузок	От -4 до +6	От -2 до +4

Крыло спроектировано из условия безотрывного турбулентного обтекания при коэффициенте подъемной силы $C_y=1$, а при летных испытаниях достигалась величина $C_y=1,6$. Поскольку аэродинамическое качество аппарата 13,5, пилот

располагает значительной свободой в выборе места посадки в случае неполадок с силовой установкой.

Двухлопастный воздушный винт изменяемого шага имеет профиль лопастей Эпплер 193 и обеспечивает КПД винта,

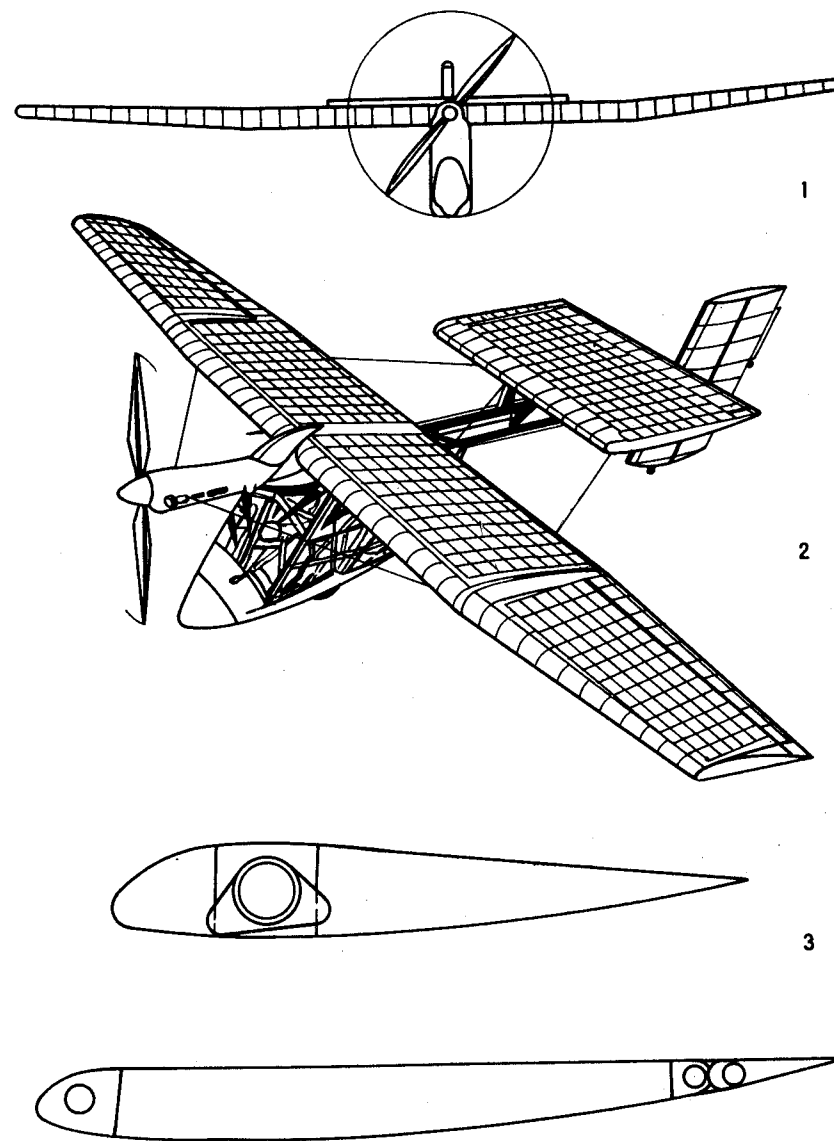


Рис. 74. Аппарат «Челленджер» с фотоэлектрической силовой установкой:

1 — вид спереди; 2 — расположение панелей солнечных батарей; 3 — аэродинамические профили обратной кривизны крыла и стабилизатора

равный 86 %. Шаг воздушного винта может изменяться от 2,13 до флюгерного.

На аппарате установлен электродвигатель со сдвоенным якорем. Постоянные магниты электродвигателя выполнены из сплава кобальта и самария. Привод на винт осуществляется от двухступенчатого редуктора (первая ступень — ременная с зубчатыми колесами, вторая — цепная). Общее понижающее передаточное число редуктора равно 23, частота вращения воздушного винта диаметром 3,35 м составляет 320 с^{-1} . Диаметр электродвигателя 76 мм, длина 330 мм, номинальная частота вращения 7000 с^{-1} , мощность 4,5 кВт, масса двигателя с редуктором 6,8 кг.

Оптимальный шаг воздушного винта зависит от высоты солнца, ориентации поверхности солнечных батарей, интенсивности солнечного излучения, температуры окружающего воздуха и скорости полета. Кабина оборудована высотомером, указателем воздушной скорости, амперметром, ваттметром, магнитным компасом и аварийным радиомаяком. Для высотных полетов, а с подъемом на высоту эффективность работы солнечных элементов увеличивается (рис. 75), пилот снабжается кислородной маской.

Такого типа высотные летательные аппараты могут найти применение в качестве радиорелейных станций, для картографирования, связанных и разведывательных операций, наблюдения за посевами, лесными

пожарами и т. д.

Значительные перспективы открывают дальнейшее совершенствование солнечных элементов и технологии их установки на обшивке аппарата.

Новая конструкция солнечного элемента. Сторонники использования солнечной энергии давно пытаются найти такой экономически эффективный способ преобразования солнечного света в электроэнергию, который позволил бы получать ее в количестве, достаточном для питания бортовых источников летательных аппаратов. До сих пор все попытки реализовать эту идею оказывались тщетными из-за высокой стоимости и низкого КПД имеющихся фотоэлектрических, или солнечных, элементов. Предложен новый метод преобразования солнечной энергии, который по эффективности превосходит все известные ранее. Это достижение является существенным шагом вперед на пути к экономическому получению электроэнергии с помощью солнечных батарей.

Солнечные элементы делаются из полупроводниковых материалов, таких, как кристаллический кремний, в котором под действием света определенной энергии электроны утрачивают свои связи с атомами в кристаллической решетке и становятся свободными. Свободные электроны могут перемещаться в толще кремния, оставляя на покинутых местах «дырки» (незаполненные электронные уровни).

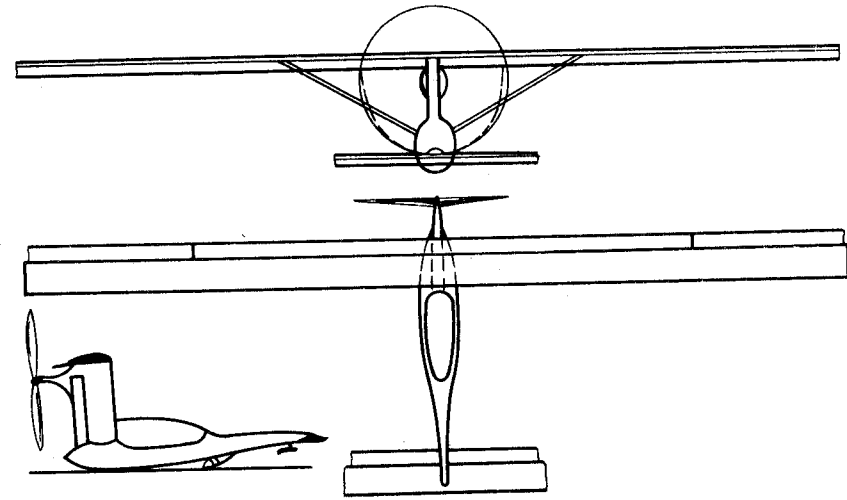


Рис. 75. Аппарат с фотоэлектрической силовой установкой «Солэр 1»

Путем «вкрапления» атомов других элементов в кристаллическую структуру кремния (процесс, называемый легированием) можно получить полупроводник либо с электронной проводимостью, либо с дырочной (в первом случае он называется полупроводником *n*-типа, во втором *p*-типа). Заряды, возникающие под действием фотонов на границе двух слоев полупроводника *n*-типа и *p*-типа, разделяются: электроны диффундируют в слой *n*-типа, а дырки — в слой *p*-типа.

Создающийся в результате направленного движения зарядов электрический ток можно отвести, если к внешним поверхностям этой двухслойной структуры подсоединить проводники. К сожалению, поскольку в обычном солнечном элементе эти проводники «зак-

рывают» поверхность полупроводника, какая-то часть света неизбежно блокируется и не падает на поверхность. Кроме того, присутствие атомов легирующих элементов в областях кремния, расположенных непосредственно вблизи тех мест, где подсоединены отводящие ток проводники, приводит к тому, что свободные электроны рекомбинируют с «дырками», и в результате электрический ток уменьшается. Это явление дополнительно снижает КПД солнечных элементов.

Теперь удалось уменьшить потери, обусловленные как первой, так и второй причинами, путем легирования крошечных областей с внутренней стороны слоя диоксида кремния. Тонкие нити осажденного алюминия выполняют роль токоотъемников на крошечных *n*-

и p -областях. Такая необычная конструкция исключает «загораживание» падающего на внешнюю поверхность солнечного света и сводит к минимуму размер областей, подвергаемых легированию. В результате у такого солнечного элемента КПД достигает 27,5% (при освещении направленным светом).

Новые солнечные элементы создают реальные возможности для появления моторных дельтапланов или мотопланеров с электрическими двигателями, что особенно важно с точки зрения защиты окружающей среды.

Выбор электрического двигателя. Существует три схемы электродвигателя постоянного

тока: с параллельным включением обмотки возбуждения — шунтовые, с последовательным включением обмотки возбуждения — серийные и со смешанным возбуждением — компаундные.

Двигатель с последовательным возбуждением имеет «мягкую» характеристику с большими начальными моментами. Это делает его незаметным при раскрутке воздушного винта. Пусковые токи при запуске этого двигателя меньше, чем у двигателя с параллельным возбуждением. Эти токи не превосходят трехкратного номинального тока.

Двигатели со смешанным возбужде-

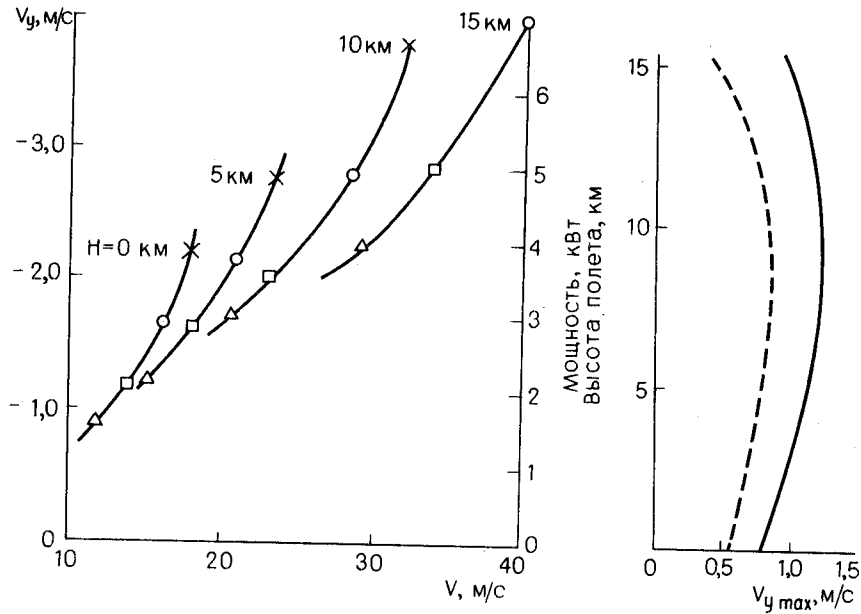
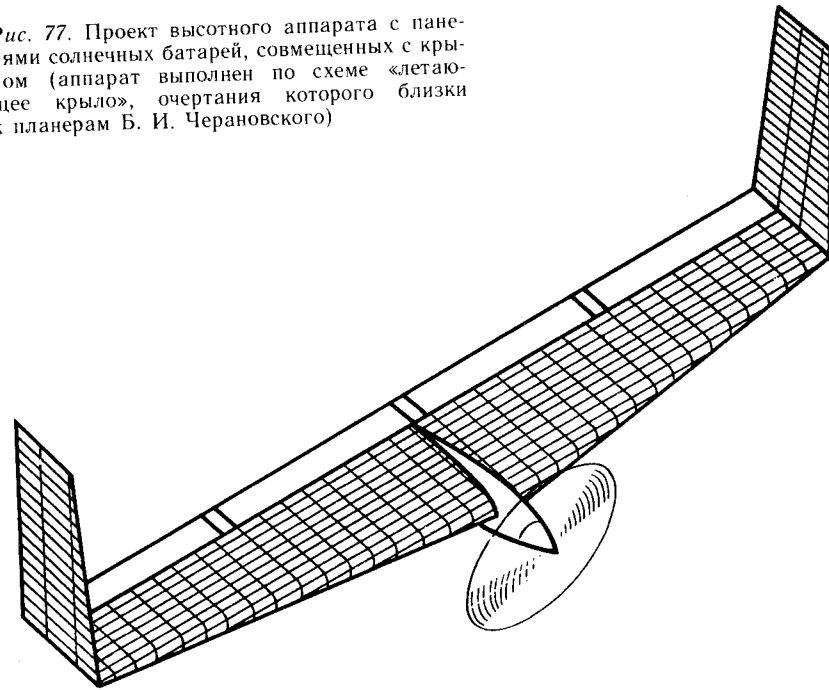


Рис. 76. Графики летных характеристик проектируемого аппарата с фотоэлектрической силовой установкой

Рис. 77. Проект высотного аппарата с панелями солнечных батарей, совмещенных с крылом (аппарат выполнен по схеме «летающее крыло», очертания которого близки к планерам Б. И. Черановского)



нием могут быть с прямым и противоположным включением обмоток возбуждения.

Двигатели с прямым включением обмоток обладают характеристиками промежуточного вида. Двигатели с противоположным включением обмоток возбуждения могут обеспечить строго постоянное или даже нарастающее с повышением нагрузки число оборотов. Большие перспективы открывает возможность использования сверхпроводимости в электрических двигателях. При этом площадь и необходимая мощность панелей солнечных батарей за счет падения электрического сопротивления резко сократятся.

Проектирование СЛА с применением ЭВМ. Аппараты с фотоэлектрической силовой установкой, а также мускулолеты и авиамодели должны иметь оптимальные аэродинамические характеристики при числах Рейнольдса, равных 10^5 или меньших. С помощью метода синтеза на ЭВМ уже разрабатываются аэродинамические профили и воздушные винты для применения при малых числах Re .

Особенностью компоновки создаваемых ныне аппаратов (рис. 76 и 77) являются большие поверхности аэродинамических шайб на концах крыла, которые для планерной посадки

отклоняются в горизонтальное положение, увеличивая площадь крыла. В то же время их поверхности покрыты солнечными батареями для полетов с боковым освещением.

Между сверхлегкими летательными аппаратами — дельтапланом (планером или моторным), мускулолетом и аппаратом с фотоэлектрической силовой установкой — есть много общего. Поэтому не исключается, что опыт разработок всех трех (или четырех) направлений создаст синтез, на базе которого будут созданы аппараты нового поколения.

Их проектирование потребует составления программ для ЭВМ, применения новейших материалов и технологий, а при конструировании придется отказаться от традиционных представлений, на которых базировалась авиация нынешнего столетия.

Трудно предсказывать, создадут ли эти аппараты новый вид спорта или же они захватят высоту между потолком полетов современной авиации и нижним пределом траектории искусственных спутников Земли.

Каждый человек, а тем более занимающийся авиационным видом спорта, должен владеть навыками по оказанию первой медицинской помощи. Эти знания могут быть полезны не только в условиях тренировочных полетов и соревнований по дельтапланерному спорту, но и в повседневной жизни.

Первая помощь, оказанная сразу на месте происшествия до прихода врача или другого медицинского работника, сокращает сроки заживления, предохраняет от осложнений. При оказании первой помощи следует знать, что любая травма не является местным заболеванием, а отражается на деятельности всего организма. Вследствие этого оказание первой помощи состоит из двух компонентов: во-первых, применяются местные мероприятия — перевязка раны, остановка кровотечения, иммобилизация; во-вторых, общие мероприятия, направленные на создание благоприятных условий и оказание помощи всему организму — снять болевой эффект, для чего создать удобное положение, дать болеутоляющие средства, успокоить, согреть и т. д.

Глава 11.

ЕСЛИ АВАРИЯ СЛУЧИЛАСЬ

Травмой называется повреждение тканей тела, какого-либо органа или всего организма в целом. Ушибы и ранения мягких тканей, перелом костей, сотрясение мозга, ожоги — все это различные виды травм (рис. 78).

При проведении тренировочных полетов или на соревнованиях дельтапланерист должен всегда иметь при себе индивидуальный пакет первой помощи.

Наложение повязок. Защита раны от заражения лучше всего достигается наложением повязки. Для повязок употребляют марлю и вату, обладающие высокой гигроскопичностью (способностью впитывать жидкость). Для предупреждения раневой инфекции необходимо строго соблюдать при наложении повязки на рану следующие два правила: нельзя касаться поверхности раны руками, так как на коже рук особенно много микробов, перевязочный материал, которым закрывают рану, должен быть стерильным.

Только при отсутствии стерильного перевязочного материала допустимо использовать чисто выстиранный платок или

кусочек какой-нибудь ткани, предпочтительно белого цвета. Если есть возможность, платок или ткань перед наложением на рану следует смочить в антисептическом растворе (риванол, марганцово-кислый калий, борная кислота).

Кожу вокруг раны смазывают йодом, этим уничтожают находящиеся на коже микробов. Затем берут пачку марлевых салфеток, находят конец нити, вклеенной между слоями бумажной оболочки, и, дергая

за него рывком, разрезают оболочку нитью на две половины (стерильные марлевые салфетки, изготовляемые промышленностью, упакованы в виде пачек в оболочку из водонепроницаемой бумаги. В таком виде они поступают на снабжение лечебных учреждений. Так же упаковывают стерильные бинты и вату). Одну половину удаляют, а вторая, вместе с находящимися в ней салфетками, остается в руке. Салфетку берут только за одну сторону



Рис. 78. Диаграмма статистического анализа летных происшествий в дельта планеризме. Построена по обработке отечественных и зарубежных происшествий

и накладывают на рану той стороной, которой не касались руки. В зависимости от величины раны накладывают одну или несколько салфеток с таким расчетом, чтобы рана была закрыта несколькими слоями марли. Поверх закрывающих рану салфеток накладывают повязку, удерживающую их на месте. Чаще всего для этого используют бинт.

Бинтование обычно производят слева направо. Бинт берут в правую руку, свободный конец его захватывают большим и указательным пальцами левой руки и накладывают на подлежащую бинтованию часть тела.

Бинтование производят достаточно туго, однако бинт не должен врезаться в тело и затруднять кровообращение. Особенно это относится к бинтованию конечностей. При туго наложенной повязке, затрудняющей отток крови, кисть или стопа вскоре отекает и становится синюшной. Пострадавший вначале будет жаловаться на боли, а затем на онемение кисти или стопы.

Существует много разных типов бинтовых повязок. Наиболее простая из них — круговая повязка. При наложении круговой повязки бинтуют так, чтобы каждый последующий оборот бинта частично закрывал предыдущий. Она удобна, когда необходимо забинтовать какую-то ограниченную область, например, запястье, нижнюю часть голени, лоб и т. п.

Особенности наложения повязок в зимнее время на от-

крытой местности. В этих условиях следует заботиться о том, чтобы при наложении повязки по возможности меньше охлаждать раненого. Если ранена конечность, разрезают ножницами над раной рукав или брюки на таком протяжении, чтобы раненый участок конечности был достаточно хорошо обнажен. Второй разрез рукава или брюк делают с противоположной стороны. Рану закрывают салфетками или ватно-марлевой подушечкой и бинтуют конечность, пропуская бинт при первых его ходах через разрезы одежды, последующие ходы накладывают поверх нее.

Кровотечение в большинстве случаев возникает при нарушении кожных покровов, но бывают внутренние кровотечения без нарушения кожных покровов. Это происходит при повреждении внутреннего органа или глубоко находящегося кровеносного сосуда, когда кровь изливается во внутренние полости тела (брюшную) или в область малого таза. Большую опасность представляет внутреннее кровотечение, которое может возникнуть при повреждении селезенки, печени, почек, кишечника. При этом кровотечении наступает резкое побледнение, появляется холодный пот, пульс падает, слабеет и едва прощупывается, нередко наступает потеря сознания. В таких случаях необходимо создать полный покой, положить холод на живот и вызвать врача.

Как правило, интенсивность кровотечения зависит от вели-

чины поврежденного сосуда. Различают кровотечение также в зависимости от того, какой поврежден сосуд — артерия, вена или капилляры. Если из раны кровь идет под сильным напором, пульсирующей струйкой, иногда бьет фонтаном алого цвета, то это — артериальное кровотечение. Оно наиболее опасно.

При ранении крупного сосуда необходимо очень быстро остановить кровотечение, ибо от этого зависит жизнь пострадавшего. Первая помощь заключается в прижатии артерии, которая снабжает кровью раненый участок тела. Обычно артерию прижимают к кости, около которой она проходит, затем на рану накладывают давящую стерильную повязку. Следует твердо усвоить, что при артериальном кровотечении прижимают ту часть артерии, которая находится выше раны (исключая область головы) или, точнее, ближе к сердцу (рис. 79).

В случаях, когда повреждена вена (венозное кровотечение), кровь бывает темно-красного цвета и течет непрерывным потоком, в отличие от артериального кровотечения. Для остановки венозного кровотечения необходимо наложить давящую повязку (рис. 80).

При повреждении только мелких кровеносных сосудов — (капиллярное кровотечение) кровь красного цвета сочится из всей поверхности раны. Останавливают это кровотечение также давящей повязкой.

При кровотечении пострадавшему необходимо припод-

нять кверху раненую часть тела — ногу, руку, а при ранении груди — помочь принять полусидячее положение. Такое положение уменьшает приток крови к травмированной части тела. Уменьшение притока крови и его замедление создают условия для свертывания крови и закрытия поврежденного сосуда кровяным сгустком.

При остановке кровотечения следует помнить о возможности заражения раны, поэтому нельзя касаться раны руками и стараться использовать только стерильный материал. Если кровотечение не сильное, то нередко можно ограничиться наложением повязки и плотным бинтованием раны. Если в ране есть осколки, то нельзя накладывать давящую повязку.

Не рекомендуется снимать повязку, пропитавшуюся кровью. В таких случаях необходимо сверху наложить перевязочный материал и укрепить ее бинтом. Возможно, что после наложения давящей повязки рука или нога начинает синеть. Значит, повязка наложена слишком туго и сдавила сосуды, что создало затруднение для оттока крови к сердцу. Иногда при туго наложенной повязке наблюдается побледнение, что объясняется затруднением притока крови. В обоих случаях необходимо перебинтовать и ослабить повязку.

Иногда давящая повязка при сильном кровотечении не останавливает его. Зная, где проходят крупные кровеносные сосуды и места их прижатия, необходимо остановить крово-

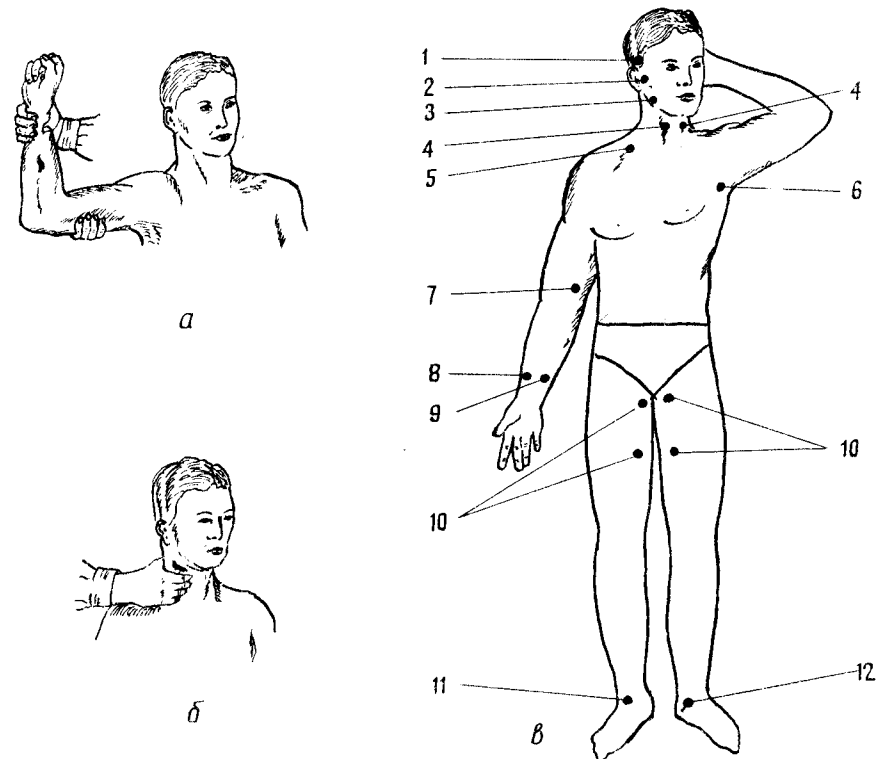


Рис. 79. Точка прижатия артерии:

а — пальцевое прижатие артерии при кровотечении из раны предплечья; б — пальцевое прижатие артерии при кровотечении из раны шеи; в — точки прижатия артерии: 1 — затылочной; 2 — височной; 3 — нижнечелюстной; 4 — сонной; 5 — подключичной; 6 — подмышечной; 7 — плечевой; 8 — лучевой; 9 — локтевой; 10 — бедренной; 11 — передней большеберцовой; 12 — задней большеберцовой

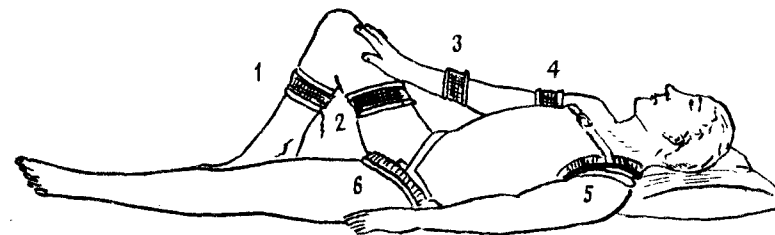


Рис. 80. Места наложения кровоостанавливающего жгута:

1 — на середине голени; 2 — на середине бедра; 3 — на середине предплечья; 4 — на середине плеча; 5 — на верхней трети плеча с креплением на туловище; 6 — на бедре с креплением на тазовом поясе

течение, прижав сосуд. Эта мера рассчитана на временную остановку кровотечения до врачебного вмешательства. Если при этом способе кровотечение не остановилось, необходимо наложить жгут или закрутку. Если жгута нет под рукой, можно его заменить резиновой трубкой или веревкой, платком, поясом, полотенцем. Жгут накладывают выше места ранения. Чтобы не повредить ткани тела, под

жгут следует положить что-нибудь мягкое — вату, кусок материи или марли (рис. 81). Жгут должен находиться на конечности не больше 2 ч, так как отсутствие притока крови может привести к ее омертвлению. Если по истечении этого срока не будет оказана врачебная помощь и кровотечение не будет остановлено, то жгут ослабляют на 3—5 мин для восстановления кровообращения, а если

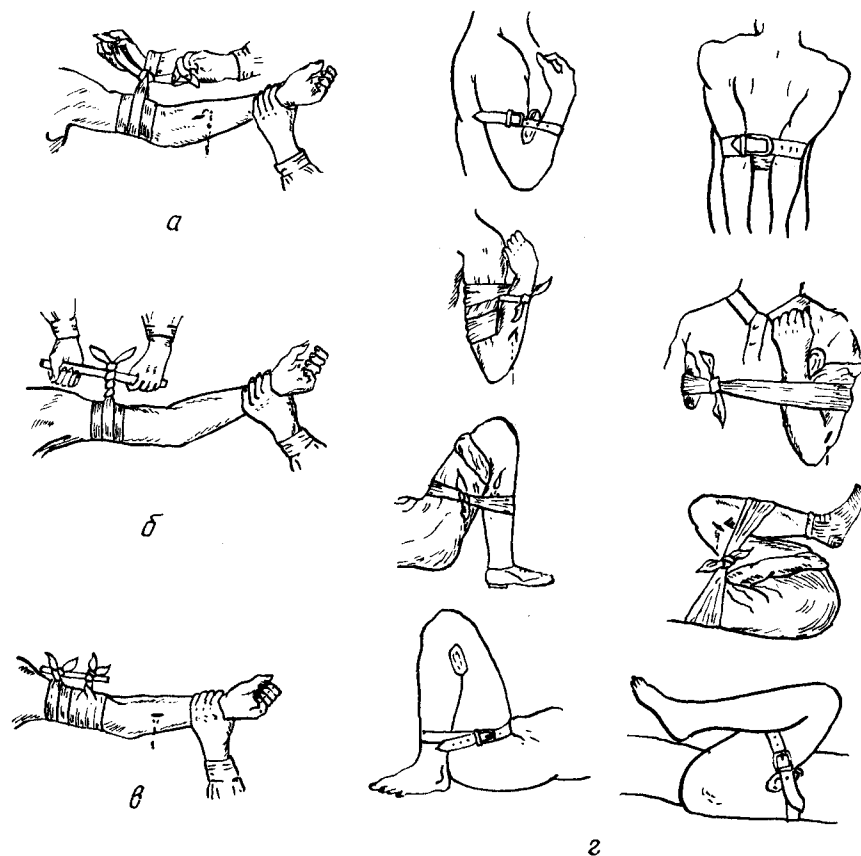


Рис. 81. Остановка артериального кровотечения закруткой:

а — завязывание узла; б — закручивание с помощью палочки; в — закрепление палочки; г — временная остановка кровотечения путем максимального сгибания (фиксации) конечности

кровотечение не остановилось, то снова затягивают его, но теперь держать его можно не более 45 мин.

Вместо жгута можно использовать самодельную закрутку. Конечность выше места ранения обвязывают скрученным, в виде жгута, платком или веревкой. Затем, засунув в образованное кольцо палку, закручивают ее до тех пор, пока кровотечение не прекратится. Чтобы палка не раскрутилась, ее привязывают к конечности. Когда жгут (закрутка) наложен, травмированного с большой осторожностью транспортируют в больницу или в поликлинику. Обязательно нужно указать время наложения жгута. Лучше это сделать на картонной бирке, привязанной к жгуту.

Правильность наложения жгута или закрутки определяется отсутствием пульса на конечности.

В спортивной практике часто бывают случаи кровотечения из носа. Для остановки кровотечения необходимо голову слегка запрокинуть назад, ноздри плотно заложить кусочками ваты или марли, смоченными перекисью водорода. На переносицу положить что-нибудь холодное. Нельзя промывать нос, сморкаться.

Для остановки кровотечения на щеке или подбородке прижимают челюстную артерию к нижней челюсти. Если кровотечение из артерии наблюдается в области виска, лба или темени, следует прижать височную артерию впереди уха к височной кости.

При ранении языка, полости рта или обширном ранении лица нужно прижать сонную артерию на стороне повреждения. Для того чтобы прижать сонную артерию, надо встать сзади пострадавшего и четырьмя пальцами той руки, которая соответствует стороне ранения, прижать сонную артерию к шейной части позвоночника.

Следует помнить, что категорически запрещается прижимать одновременно обе сонные артерии, вследствие чего прекращается приток крови к мозгу, что приводит к потере сознания.

При кровотечении, вызванном ранением внутренней поверхности бедра, на его середине необходимо прижать бедренную артерию к лобковой кости в области паха. Бедренную артерию к лобковой кости прижимают пальцами обеих рук, затем накладывают жгут.

При ранениях в области плечевого пояса или плеча прижимают подключичную артерию к первому ребру. В случае сильного кровотечения при ранении плеча прижимают подмышечную артерию к плечевой кости. Проводится это следующим способом: поднимают раненую руку вверх и удерживают ее в отведенном положении, а четырьмя пальцами той руки, которая соответствует стороне ранения, прижимают в подмышечной впадине артерию к плечевой кости.

При кровотечении в области средней и нижней части плеча на предплечье следует прижать плечевую артерию к плечевой

кости. Для этого необходимо встать сзади пострадавшего, поднять раненую руку вверх и держать ее в отведенном положении, а другой рукой прижимать плечевую артерию к плечевой кости. При этом необходимо обхватить плечо пострадавшего так, чтобы большой палец находился на задней поверхности плеча.

Следует иметь в виду, что прижатие артерии к кости требует значительных усилий и пальцы быстро устают. Даже очень сильный человек не может осуществлять прижатие более 20 мин.

Ссадины. Оказание первой помощи довольно простое: поверхность ссадины вначале промывают перекисью водорода, а затем смазывают спиртовым раствором бриллиантовой зелени. Для уменьшения боли от прикосновения при смазывании рану лучше опылить с помощью обычного пульверизатора. Если поверхность ссадины не кровоточит, ее оставляют на некоторое время открытой, а затем накладывают стерильную повязку.

Кровоточащую поверхность ссадины высушивают осторожным прикосновением к ней стерильных салфеток, смоченных перекисью водорода, после чего накладывают стерильную повязку с пенициллиновой мазью. При обширных размерах ссадины пострадавший должен быть госпитализирован. В последнее время при лечении ссадин стали применять бактерицидный пластырь. Он обладает свойством убивать микробы, обеззараживать не-

большие раны, способствует их заживлению. Бактерицидный пластырь применяют при лечении мелких повреждений кожи, порезов, при ожогах второй степени и даже при гнойничковых заболеваниях.

Бактерицидный пластырь продается в аптеках и обязательно должен быть во всех аптечках первой помощи. В ГДР выпускается аэрозольный баллон «Panthenol», который можно применять при обработке поверхности раны, даже занимающей большую площадь, ожогов, трещин, ссадин и потертостей. Он продается у нас в аптеках и достаточно удобен.

Потертости возникают под влиянием трения кожи.

Первая помощь при потертостях та же, что и при ожогах (см. ниже). Во избежание осложнений следует строго следить, чтобы на область потертости не попадала грязь и был исключен фактор повторного трения.

Ушибы. Наряду с ссадинами ушибы, в количественном отношении, занимают одно из первых мест среди травм, возникающих у дельтапланеристов. Ушибы являются закрытыми повреждениями тела, при которых не нарушается кожный покров и нет наружного кровотечения. Ушибы возникают при действии тупого предмета, при падении, ударе, столкновении и т. п. Ушибы легко определяются по следующим признакам: припухлость, боль на месте ушиба, а иногда кровоизлияние и нарушение функции конечности.

Ушибы возникают иногда при ранении, при переломе или вывихе. Они нередко сопровождаются небольшими ссадинами, царапинами, в таких случаях необходимо в первую очередь обработать ссадину или царапину, а затем заннматься ушибом.

На месте ушиба мягкие ткани подвергаются размозжению, а наиболее хрупкие ткани, в том числе и кровеносные сосуды, разрываются. В зависимости от степени ушиба происходит разрыв мелких или крупных сосудов, при этом кровь изливается под кожу, в жировую клетчатку, в мышцы. Внешне такое кровоизлияние диагностируется по наличию припухлости на месте ушиба и образования темных пятен — кровоизлияний.

Ушибы в большинстве случаев не представляют опасности, но следует помнить, что ряд травм (переломы, вывихи, повреждения внутренних органов) почти всегда сопровождается ушибами и определить их при первом осмотре бывает иногда весьма трудно. Поэтому после оказания первой помощи при ушибе нужно обратиться к врачу.

Оказывая первую помощь при ушибе, ушибленный орган надо приподнять, а затем осторожно обнажить место повреждения. Если при осмотре определяется ушиб и нет подозрения на другие повреждения, то к месту ушиба необходимо приложить резиновый пузырь со льдом или сделать холодные примочки (полотенце или кусок материи смочить хо-

лодной водой), можно подставить руку или ногу под струю холодной воды. Холод следует держать примерно в течение получаса, а затем необходимо наложить давящую повязку, которая предотвращает дальнейшее внутреннее кровоотечение.

При ушибе головы пострадавшего следует немедленно уложить, создать ему полный покой, запрещая какие бы то ни было движения, и срочно вызвать врача. На голову положить пузырь со льдом. При подозрении на ушиб внутренних органов необходимо срочно вызвать врача или отправить пострадавшего в больницу.

При ушибах легкой и средней тяжести после оказания первой помощи в течение двух суток не рекомендуется проводить какие-либо процедуры (согревание, ванны, массаж и т. д.), а затем применять их лишь по назначению врача.

Раны. Повреждения тела с нарушением целостности кожи или слизистой оболочки, а также глубже лежащих тканей относятся к ранам. Любая рана определяется тремя признаками: расхождением краев, кровотечением и болью. В зависимости от того, чем нанесено повреждение, различают раны рубленые, резаные, колотые, ушибленные, рваные, укушенные и огнестрельные.

Большую опасность при ранении представляют потеря большого количества крови и попадание в рану инфекции. Эти моменты заставляют оказывающего первую помощь

при ранении оберегать рану от загрязнения, бороться с кровотечением и создавать максимальный покой раненой части тела. Нельзя трогать рану руками, чем-либо ее присыпать или промывать.

Рану следует как можно быстрее перевязать. Перевязку рекомендуется осуществлять, используя индивидуальный пакет первой помощи или стерильный бинт. Перед наложением повязки надо тщательно вымыть руки. Накладывая повязку, не следует прикасаться к тем местам бинта, которые затем лягут на рану. Перед наложением повязки следует смазать края раны йодной настойкой или спиртом. Заливать рану йодом, как это иногда делают, нельзя.

При несоблюдении указанных советов в рану могут попасть микробы, которые часто вызывают нагноение. В таких случаях рана долго не заживает. В практике отмечались случаи, когда загрязнение раны приводило к заражению крови. Представляет опасность и попадание в рану частичек земли, в которых находятся микробы таких тяжелых заболеваний, как столбняк и даже газовая гангрена.

При занятиях дельтапланеризмом чаще всего бывают ушибленные раны, возникающие при столкновении и ударах.

После оказания первой помощи пострадавшего обязательно надо направить к врачу.

Вывихи. Под вывихом понимают повреждение, при ко-

тором суставная поверхность одной кости в результате разрыва суставной сумки и связок соскальзывает полностью с суставной поверхности другой кости. При подвывихе суставные поверхности костей частично соприкасаются, капсула сустава не всегда разрывается, но подвергается растяжению.

Характерными признаками вывиха являются: резкая болезненность в области сустава (пострадавший обычно отмечает, что в момент повреждения в суставе был слышен хруст); изменение формы сустава, что обнаруживается при сравнении его со здоровым суставом (если в здоровом суставе имеется нормальная выпуклость, при вывихе образуется ямка и, наоборот, выпячивание обнаруживается за счет вывихнутой кости); почти полная неподвижность травмированного сустава, а также неправильное положение поврежденной конечности.

Оказывая первую помощь при вывихе, необходимо создать удобное положение поврежденной конечности, действуя очень осторожно, затем наложить шину или повязку. Чтобы успокоить боль, на сустав, где произошел вывих, можно положить пузырь со льдом. В первое время после повреждения вывих вправить значительно легче, поэтому пострадавшего нужно срочно направить в больницу.

Вправить вывих может только врач, поэтому категорически запрещается пытаться самим вправлять вывих.

Попытка вправления вывиха причинит большую боль и может привести к перелому суставных концов костей или разрыву сосудов и нервов, что значительно осложнит дальнейшее лечение.

Растяжения, разрывы связок. Этот вид повреждения довольно часто встречается в спортивной практике, особенно растяжение мышц и связок. Обычно пострадавший испытывает сильную боль, появляется припухлость, движения ограничены из-за боли.

Оказывая первую помощь, надо наложить на поврежденное место пузырь со льдом и туго забинтовать; поврежденной конечности необходимо придать возвышенное спокойное положение. В очень тяжелых случаях накладывают шину. Первые двое суток холод, затем — тепло.

Довольно часто у спортсменов отмечают растяжения связок голеностопного сустава. Если травма незначительная, то после оказания первой помощи (холод и тугая повязка) пострадавший может отправиться домой в сопровождении кого-либо, при этом он должен опираться на костыль или на палку, чтобы не наступать на больную ногу.

Растяжение может долго напоминать о себе. Поэтому перед полетами на голеностопный сустав, где было растяжение, целесообразно наложить тугую повязку.

Переломы костей бывают закрытые и открытые. При закрытых переломах ко-

жа не повреждается. Открытые переломы характеризуются разрывом мягких тканей и иногда выходом отломков кости из раны. Различают переломы полные и неполные (трещины). При трещине отломки кости не разъединены полностью. Переломы почти всегда сопровождаются разрывами надкостницы, но бывают (чаще у детей) и поднадкостничные переломы, когда футляр надкостницы, оставаясь целым, удерживает в соприкосновении отломки кости. Нередки случаи, когда переломы сопровождаются повреждением соседних тканей, сосудов, нервов, связочного аппарата, кожи.

Перелом в большинстве случаев определяется по следующим признакам: в области перелома имеется припухлость, отмечается деформация по отношению к нормальной оси конечности, пострадавший не в состоянии поднять поврежденную конечность, а в момент попытки поднять ее обнаруживается прогиб в месте перелома. Но иногда при переломе указанные признаки отсутствуют. Это бывает при вколоченном переломе (когда один отломок вколочен в другую), при трещине, при переломе одной из двух костей, например на голени и т. п.

Закрытые переломы сложно диагностировать. Отдельные симптомы (сильная боль, припухлость, невозможность передвижения) характерны и для других травм, например для вывиха. При легком ощупывании изменений в форме кости обнаружить не удастся. Одним

из критериев закрытого перелома является сильная и резкая боль в том месте, где подозревается перелом или надлом кости. Пострадавшему необходимо обеспечить полный покой и неподвижность поврежденной части тела. Ему надо запретить двигать поврежденную конечность. Оказывая первую помощь, ни в коем случае не следует надавливать на обломки кости или (для уточнения диагноза) раскачивать их. Эти действия могут еще более усугубить положение. С целью создания неподвижности в месте перелома производят иммобилизацию путем накладывания шинной повязки (готовой или сделанной самими из фанеры, палок, пучков прутьев, соломы) или гипсовой повязки. При отсутствии иммобилизации отломленные части кости могут сместиться, что вызовет сильную боль, а главное, может привести к повреждению соседних кровеносных сосудов и нервов.

При наложении шин следует придерживаться следующих правил:

шину необходимо накладывать с большой осторожностью, так как обломки костей могут сдвинуться, что причинит боль пострадавшему и дополнительные повреждения, поэтому предварительно поврежденную поверхность покрывают чем-нибудь мягким (вата, бинт и т. д.);

шина должна захватывать два сустава (выше и ниже перелома), а при переломе бедра три, чем создаются условия полной неподвижности;

прибинтовать шину надо равномерно, но не слишком туго, так как тугое бинтование нарушает нормальное кровообращение; контролем прибинтовки могут служить ногти рук и ног — при надавливании на них пальцем они становятся белыми, а при прекращении давления — розовыми, это значит, что повязка сделана правильно и не мешает кровообращению.

Обморок. Обморочное состояние характеризуется кратковременной потерей сознания, что является следствием резко возникшего малокровия мозга. Обморок может наступить вследствие сильного утомления, неожиданного нервного потрясения, волнения, сильной боли, потери большого количества крови, голода и т. д.

Обмороку предшествует состояние, при котором человек испытывает головокружение, стеснение в груди, тошноту, ощущение недостатка воздуха. Во время обморока пострадавшему необходимо создать спокойную обстановку, уложить без подушки, расстегнуть воротник, пояс, обеспечить доступ свежего воздуха (открыть форточки или окна), дать холодной воды, 15—20 капель валериановой настойки, поднести к носу нашатырный спирт и обрызгать лицо холодной водой. В случаях, когда потерявший сознание перестает дышать, делают искусственное дыхание. Пока сознание не восстановится, не рекомендуется поить больного и давать ему лекарства.

Противопоказано класть на

голову пузырь со льдом или холодной водой. Если началась рвота, необходимо повернуть голову на бок.

После возвращения сознания больного следует напоить теплым чаем, укрыть и согреть.

Травматический шок. Шок в переводе на русский язык означает удар. В медицине под этим термином подразумевается реакция нервной системы на чрезмерно большую травму и сильную боль. Травматический шок — чрезвычайно редкое, но очень опасное состояние, возникающее при большом ранении, переломе.

Шок вызывает расстройство деятельности основных систем организма, что выражается в падении артериального давления, пульса, температуры, нарушении обмена веществ и т. д. Травматический шок вначале проявляется в кратковременном возбуждении: пострадавший после удара вскакивает на ноги, а затем происходит резкое угнетение всех жизненных процессов. Охлаждение, утомление, голодание способствуют развитию шока. Тяжесть шокового состояния усиливается кровотечением и продолжающимися действовать факторами, вызывающими боль.

При шоке человек бледен, неподвижен, не стонет, не кричит, не жалуется на боль. В отличие от обморока при шоке сознание обычно сохраняется. Из изложенного следует, что важнейшим мероприятием по предупреждению шока является борьба с болью. Оказывая первую помощь, необ-

ходимо создать больному полный покой, согреть его, положить в теплую постель, а затем, обложив грелками, дать горячий чай, кофе, водку. При шоковом состоянии транспортировка больного противопоказана.

Тепловой и солнечный удар. Если человек долгое время находится на солнце с непокрытой головой, то под действием солнечных лучей у него может возникнуть солнечный удар. Аналогичное состояние, называемое тепловым ударом, может возникнуть и при других условиях. Тепловой и солнечный удар являются следствием перегревания организма, чему способствует высокая температура и влажность воздуха.

Появлению теплового удара при высокой температуре и влажности воздуха способствует теплая одежда, плотно застегнутая, плохо пропускающая воздух и испарения с кожи тела, особенно одежда из синтетических материалов и тканей. Наиболее вероятны случаи теплового удара при полетах на мускулолетах в период максимальных нагрузок (взлетный или форсированный режим полета).

Если здоровый человек, долго находившийся на солнце, жалуется на разбитость, утомление, сердцебиение, головную боль, головокружение, мелькание в глазах, тошноту и если у него покраснело лицо, посинели губы, участилось дыхание, походка стала неуверенной, то эти симптомы указывают на наступающий тепловой или

солнечный удар. В таком случае необходимо немедленно принять меры, и в первую очередь исключить действие высокой температуры или солнечных лучей. С этой целью необходимо уложить пострадавшего в прохладном помещении или на открытом воздухе, в тени, под навесом, раздеть, смачивать голову и грудь (область сердца) холодной водой. Плечи и голова должны быть при этом приподняты и находиться выше туловища, то есть необходимо создать положение, способствующее отливу крови от головы. Рекомендуется часто давать пить небольшими порциями холодную воду, а лучше охлажденный чай. При резком ослаблении или прекращении дыхания необходимо приступить к проведению искусственного дыхания. В этом случае не рекомендуется давать нюхать нашатырный спирт.

Если тренировка и соревнования проходят на солнце при высокой температуре и влажности воздуха, с целью профилактики теплового и солнечного удара необходимо, чтобы спортсмены были в легкой светлой одежде, в легких белых головных уборах (можно покрыть голову белой материей или платком), а также были обеспечены достаточным количеством питьевой воды. Нельзя спать на солнце. Летом в очень жаркие дни не рекомендуется проводить тренировочные полеты.

О ж о г и. Повреждения тканей организма, вызванные действием высокой температуры или химических веществ, на-

зываются ожогами. Ожоги могут быть от перегрева на солнце или при работе с моторными дельтапланами.

Ожоги разделяют на четыре степени. Деление это несколько условное, так как иногда ожоги трудно строго разграничить, но практика оправдала это деление и им удобно пользоваться. Ожоги первой степени характеризуются болезненностью, покраснением кожи, некоторой припухлостью. При ожогах второй степени отмечается резкая боль, краснота и отечность кожи, появляются пузыри, наполненные прозрачной жидкостью. Ожоги третьей степени вызывают поражение всех слоев кожи. При ожогах четвертой степени поражается не только кожа, но и глуболежащие ткани — сухожилия, мышцы, кости и т. п. Если ожогом поражено больше четверти поверхности тела, то возникает большая опасность для жизни.

Оказывая первую помощь при ожогах, необходимо сразу же исключить действие высокой температуры. Потом надо освободить пораженный участок тела от одежды.

При ожогах первой степени рекомендуется кожу в окружности ожога протереть спиртом, одеколоном, водкой. При ограниченных ожогах первой степени на покрасневшую кожу хорошо наложить марлевую салфетку, смоченную спиртом.

Ожоги второй степени также подвергаются действию спиртовых примочек. Это мероприятие предотвращает по-

явление пузырей. В тех случаях, когда пузыри появились, следует наложить стерильную повязку и эвакуировать пострадавшего в медицинское учреждение. Срезать пузыри строго запрещено.

При ожогах третьей и четвертой степени пострадавшего немедленно отправляют в лечебное учреждение.

Снежная слепота. Зимой в солнечный день при полетах, особенно в горах, у людей, долго находившихся на снегу, иногда появляется так называемая снежная слепота, которая характеризуется болью в глазах. Из глаз текут слезы, у пострадавшего создается ощущение инородного тела в глазу.

В случае, если у спортсмена появляется боль в глазах, его необходимо отправить домой и поместить в темную комнату (занавесить окна). На глаза надо наложить примочку из воды, а лучше — свинцовую примочку. Необходимо носить темные очки в течение нескольких дней, пока не исчезнут воспалительные явления в глазах.

Темные очки являются лучшим средством профилактики снежной слепоты. При полетах в горах или средней полосе на февральском и мартовском солнце дельтапланерист должен иметь при себе темные очки.

Та же болезнь может возникнуть при полетах над водной поверхностью в абсолютный штиль.

Отморожение. В результате действия низкой тем-

пературы, попадания в воду, при посадке или при длительном полете в потоке влажного воздуха даже при положительной температуре может произойти отморожение или ознобление. Немалую роль в возникновении отморожения играют неблагоприятные сопутствующие условия, такие, как ветер, сильная влажность воздуха, сырая одежда, тесная обувь. В настоящее время в медицине различают четыре степени отморожения. Степень поражения выявляется не сразу, а нередко только по истечении 2—5 дней.

При первой степени отморожения в коже ощущается покалывание, небольшое жжение, пощипывание. Постепенно кожа теряет чувствительность, наблюдается ее побеление. Когда начинают мерзнуть руки или ноги, достаточно сделать ряд движений, чтобы усилить кровообращение. В полете это может быть пульсирующее напряжение и ослабление пальцев рук и ног...

Довольно широко распространено мнение, что начинающие мерзнуть части тела надо растирать снегом. Но следует учитывать, что попадающиеся в снег льдинки и песчинки могут расцарапать отмороженную кожу, которая характеризуется меньшей устойчивостью к проникновению гноеродных микроорганизмов. Особенно жестким становится снег в горах на высоте более 1500 м при низкой влажности порядка 50%.

Если начинают мерзнуть щеки, нос, уши, следует сейчас

же растереть их чистыми руками или мягкой шерстяной вещью и возможно быстрее войти в теплое помещение.

Рекомендуется отмороженный участок растереть спиртом (разбавленным пополам с водой) или водкой. Если отморожению подверглась рука или нога, следует сделать следующую процедуру: в таз или ведро с водой (лучше с мыльной) обычной комнатной температуры опускают отмороженную руку или ногу, и в воде осторожно растирают конечность чистыми руками. В ведро подливают более теплую воду и постепенно, в течение 15—20 мин, доводят температуру воды до 35—37°C. При этом нужно продолжать растирание в воде, пока кожа не покраснеет. В случаях, когда отсутствует возможность пользоваться водой, следует проводить растирание чисто вымытыми руками до покраснения. После этого на пострадавший участок накладывают стерильную повязку.

При отморожении второй степени на темно-красной коже появляются пузырьки, наполненные мутной кровянистой жидкостью. Первая помощь заключается в наложении на отмороженное место стерильной повязки или бинта.

При отморожении любой степени пострадавшего нужно срочно перевести в теплое помещение и предохранить поврежденную часть от загрязнения и от заражения микробами. Для этого на кожу, стараясь не разорвать пузы-

рей, накладывают стерильную повязку, кладут конечность в возвышенное положение для улучшения оттока крови и по возможности скорее направляют пострадавшего к врачу. В этих случаях также нужно давать пить горячий сладкий чай, который должен быть взят на полеты в термосе.

Профилактика отморожений состоит из ряда простых мероприятий. В холодную погоду необходимо носить теплую одежду, шапку с наушниками или теплый платок, перчатки или рукавицы. Особого внимания требует обувь: она должна быть не тесной и достаточно теплой. В сильные морозы следует наложить легкий слой жира на лицо и уши.

Когда замерзающий человек теряет сознание, его нужно осторожно перенести в теплое помещение, снять или разрезать промерзшую одежду и начать растирание спиртом (разбавленным пополам с водой) или водкой. Растирание проводят до покраснения кожи и восстановления подвижности рук и ног.

Если после указанных мероприятий замерзший не приходит в сознание, надо дать ему понюхать нашатырный спирт. Запрещается поить пострадавшего, пока он не придет в сознание (он может захлебнуться). После возвращения сознания замерзшему рекомендуется дать теплое питье или несколько глотков вина. Затем его нужно тепло укрыть и предоставить покой.

Утопление может случиться при аварийной ситуа-

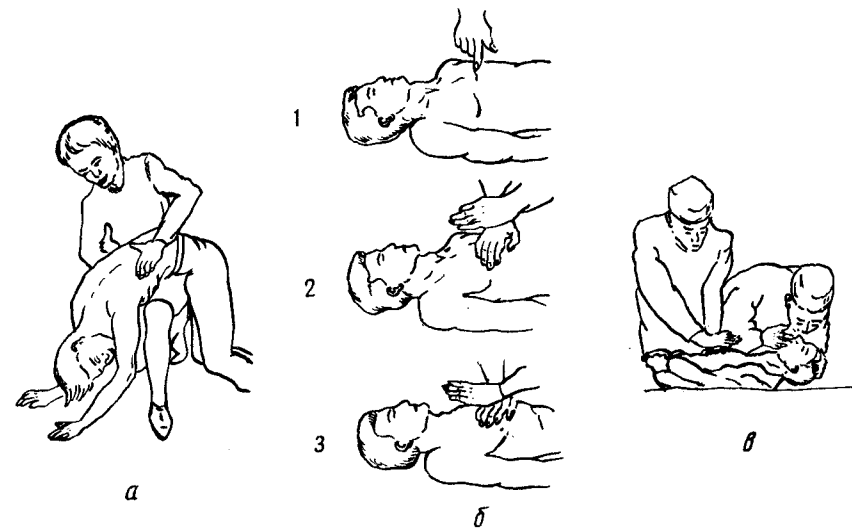


Рис. 82. Первая помощь в аварийных ситуациях:

а — удаление воды из дыхательных путей; б — техника наружного массажа сердца: 1 — место расположения рук при проведении массажа сердца; 2, 3 — правильное расположение рук при массаже; в — одновременное проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца

ции — посадка дельтапланериста на воду и отсутствие на дельтапланеристе спасательного жилета.

При извлечении пострадавшего из воды приступают к его оживлению. Прежде всего очищают ему пальцем рот, глотку и нос от грязи и слизи, а после этого освобождают желудок и легкие от проглоченной воды (рис. 82, а).

Оказывающий помощь становится на одно колено, пострадавшего кладет животом на бедро другой ноги и надавливает руками на спину, в результате вода выливается из желудка и легких. Затем приступают к искусственному дыханию.

Непрямой массаж сердца. При проведении непрямого мас-

сажа сердца с пострадавшего снимают одежду или ее расстегивают, кладут на спину на жесткую поверхность, стол, широкую скамью, пол и т. п. и начинают массаж. Для этого оказывающий помощь должен стать с левой стороны от пострадавшего. Он кладет ладонь своей левой руки на нижнюю часть грудины, а ладонь правой руки ставит на тыльную поверхность левой ладони. Это делается для усиления давления не по всей поверхности ладони, а только в средней ее части (рис. 82, б).

Непрямой массаж сердца осуществляется ритмичным надавливанием 50—60 раз в минуту. Надавливание на грудину проводится в виде быстрого, но осторожного толчка, благодаря чему кровь вытал-

кивается из сердца. После надавливания быстро отнимают руку от грудной клетки, чтобы дать возможность ей расправиться, за это время происходит наполнение полостей сердца кровью. При надавливании многие лица, оказывающие помощь, стремятся увеличить силу давления за счет усилий и массы своего тела. Это делать не следует, так как можно повредить хрящи и кости грудной клетки, толчок должен быть такой силы, чтобы сместить у взрослого грудину на 3—4 см.

Искусственное дыхание.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии и не дышит либо дышит едва заметно, необходимо делать искусственное дыхание. К нему надо приступить и в тех случаях, когда пострадавший постепенно начинает дышать все хуже или он дышит очень редко и судорожно.

Перед началом искусственного дыхания следует снять с пострадавшего одежду, очистить ему рот и нос от слизи и крови, вынуть искусственные зубы, если они есть, вытянуть язык. Необходимо обязательно создать приток чистого воздуха в помещении, открыть окна, форточки, двери.

В последние годы искусственное дыхание проводится методом «изо рта в рот». Для этого пострадавшего кладут на спину, оказывающий помощь становится с левой стороны и максимально запрокидывает назад голову пострадавшему. Под плечи подкладывают валик из одежды

или другой предмет, что фиксирует голову в нужном направлении. Поддерживая одной рукой голову в запрокинутом положении и пальцами этой руки зажав ноздри, другой рукой, удерживая рот открытым, оказывающий помощь прикладывает свой рот плотно через платок ко рту пострадавшего, с силой вдывает воздух. После видимого расширения грудной клетки вдывание прекращают. У пострадавшего происходит пассивный выдох, затем снова вдывают воздух, и так делают 16—20 раз в минуту.

Бывают случаи, когда у пострадавшего челюсти плотно сжаты, в таких случаях вдывание проводят «изо рта в нос». Оказывающий помощь рукой плотно закрывает рот пострадавшему, делает глубокий вдох и, захватив нос пострадавшего своими губами, через платок вдывает воздух из своих легких в легкие пострадавшего (рис. 82, в).

Одновременно пострадавшего следует обложить теплыми грелками. Когда помощь оказывает один человек, то он может делать четыре раза непрямой массаж сердца и одно искусственное дыхание «рот в рот» или «рот в нос» и так чередует, пока у пострадавшего не появится самостоятельное дыхание и пульс.

Переноска пострадавшего. Пострадавшего переносят на руках и носилках. Известно немало случаев, когда после правильной и хорошо оказанной первой помощи неумелой переноской наносили ущерб

здоровью пострадавшего, что усложняло дальнейшее лечение.

Особенно важное значение имеет правильная переноска людей с переломами, вывихами и кровотечениями, так как неумелое обращение с пострадавшим может вызвать повреждение мягких тканей, кровеносных сосудов и нервов.

Наиболее распространенным приемом является переноска пострадавшего на носилках. Кладут пострадавшего на носилки вчетвером. Чтобы не причинить пострадавшему боли и не повредить ему, необходимо его класть на носилки и снимать с них согласованно, лучше по счету, по команде «берись», «поднимай», «опускай».

Если пострадавшего несут на носилках по ровному месту и спускают с горы, он должен лежать ногами вперед, а при подъеме на гору или по лестнице — головой вперед.

Лица, несущие носилки, должны идти не в ногу, чтобы носилки не качались.

Когда под руками нет носилок, их можно сделать самим. Необходимо взять две крепкие палки одинаковой длины и протереть их в рукава пальто. При отсутствии палок носилки может заменить доска, на которую следует положить одеяло, пальто, одежду и т. п.

В случаях, когда под руками нет вспомогательных средств для переноски пострадавшего, нужно перенести его на руках или спине.

Наиболее удобным и про-

стым способом переноски пострадавшего на руках вдвоем является так называемый способ замка. Для большей устойчивости пострадавшему во время переноски необходимо держаться руками за шею обоих несущих.

На месте происшествия надо соблюдать выдержку и спокойствие — это всегда позволяет оказать первую помощь наиболее быстро, организованно и без вреда для пострадавшего.

Сотрясение (или сдавливание) головного мозга может произойти при аварийной ситуации на посадке от сильного удара головой даже при наличии защитного шлема. Если произошла тяжелая травма черепа, то она, как правило, сопровождается ушибом мозга и образованием кровоизлияния (гематомы), которое вызывает сдавливание головного мозга.

Особенно опасны ушибы головы. При этом виде травмы пострадавший может потерять сознание, что указывает на сотрясение мозга. Потеря сознания может быть кратковременной (несколько секунд), но может продолжаться и долго — несколько часов и даже дней. Даже если потеря сознания была кратковременной, пострадавшему до осмотра его врачом не следует разрешать садиться и тем более вставать. В бессознательном состоянии может начаться рвота вследствие раздражения мозга. Для того, чтобы рвотные массы не попали в дыхательные пути

и пострадавший не задохнулся, нужно повернуть ему голову набок и пальцем, обмотанным полотенцем или куском марли, освободить полость рта от рвотных масс.

Электротравма. Электротравма может произойти в случае посадки на электропровода, а также при работе в лаборатории или с бортовыми источниками электрической энергии в полевых условиях. У пораженного током может наступить кратковременная или длительная потеря сознания, сопровождающаяся остановкой дыхания или расстройством сердечной деятельности.

Для оказания первой медицинской помощи прежде всего надо прекратить дальнейшее действие тока, обесточить цепь, отбросив сухой палкой от пострадавшего в сторону провод или оттащив от провода его самого. Надо помнить, что нельзя касаться ни провода, ни самого пострадавшего голыми руками. Если нет резиновых перчаток, оказывающий помощь должен обмотать свои руки какой-нибудь частью одежды, сухой тряпкой, если можно — надеть калоши, резиновые сапоги или встать на сухую доску, камень и т. п. Оттаскивая пострадавшего, нужно брать его не за тело, а за одежду.

Если пострадавший находится без сознания, но дышит самостоятельно, проводят те же мероприятия, что и при обмороке. На те места, где от соприкосновения с то-

ком образовались ожоги, накладывают стерильную повязку. Если пострадавший не дышит, немедленно проводят искусственное дыхание и массаж сердца.

Техника безопасности требует использования в полевых условиях источников тока 0,05 А с напряжением не более 36 В.

Укусы ядовитых змей, насекомых и собак, подозреваемых на бешенство. Аварийная посадка может произойти в самом непредвиденном месте. Поэтому пилот должен быть готов к любым неожиданностям.

На территории нашей страны водятся несколько видов ядовитых змей (очковая змея и гюрза в Закавказье и Средней Азии, гадюка в средней полосе и др.). На месте их укуса сразу возникает резкая жгучая боль, и вскоре пострадавший начинает ощущать слабость, сонливость, у него появляется рвота, судороги, становится кровавой моча.

Надо помнить, что яд быстро распространяется в организме пострадавшего. Поэтому накладывать жгут не следует. Это не только бесполезно, но и вредно. Необходимо отсосать яд из раны. Однако нужно помнить, что широко распространенное высасывание яда ртом при наличии на слизистой оболочке полости рта даже незначительных повреждений небезопасно для оказывающего помощь.

После отсасывания яда на рану накладывают повязку,

смоченную раствором марганцово-кислого калия, и направляют пострадавшего в лечебное учреждение.

В настоящее время имеются специальные противоядия, приготовляемые из яда соответствующего вида змей. Своевременное применение этих противоядий дает хороший лечебный эффект.

Укусы скорпионов, фаланг и тарантулов ядовиты в меньшей степени, чем укусы змей. Большею частью такие укусы не смертельны, однако признаки отравления (головная боль, тошнота, рвота) возникают довольно быстро. На месте укуса, как правило, появляется значительный отек. Первая медицинская помощь состоит в смазывании места укуса йодом и применении примочек из раствора марганцово-кислого калия или 10%-го раствора нашатырного спирта.

При укусах собак, подозре-

ваемых на бешенство, на рану после смазывания ее йодом накладывают стерильную повязку. Пострадавшему вводят противостолбнячную сыворотку и направляют его на специальный так называемый пастеровский пункт для проведения курса прививок.

Кроме медицинской подготовки дельтапланеристу целесообразно пройти подготовку «на выживаемость», аналогичную той, которую проходят пилоты ВВС всех стран на случай вынужденной посадки.

В эту подготовку может, в частности, входить умение ориентироваться на местности и передвигаться без дорог, разводить костер от одной спички и без спичек, хранить ИЗ и переносить раненых, знать животный и растительный мир для добывания еды, уметь строить сооружения для ночлега и преодолевать водные преграды.

Глава 12.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМ ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТА. ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И САМОКОНТРОЛЬ

Влияние на организм поперечно направленных перегрузок

Под воздействием поперечно направленных перегрузок происходит учащение пульса (при перегрузке 5,5 единиц) по 120 ударов в минуту, увеличение кровяного давления (от 120/80 до 150/115 мм рт. ст.), уменьшение легочной вентиляции до 80% от исходного уровня, уменьшение содержания оксигемоглобина в крови до 86% от исходного уровня. Субъективно это проявляется в сильных болевых ощущениях и значительно затрудненном дыхании.

Происходят изменения функционального состояния нервной системы в виде увеличения времени ответных реакций и скрытого периода условных двигательных рефлексов. Экспериментальные данные дают основания говорить о том, что сначала ослабляется внутреннее торможение, а в дальнейшем и возбуждающие процессы. При воздействии перегрузок в направлении «го-

лова — таз» в центральной нервной системе происходят изменения, сходные с влиянием гипоксии. Так, при перегрузке 3—5 единиц содержание кислорода в крови аналогично его количеству при пребывании человека на высоте 8—10 км.

Следующим наиболее существенным фактором, сопровождающим перегрузки, являются зрительные расстройства. Зрительные расстройства служат своеобразным мерилем переносимости перегрузок.

При перегрузках в направлении «голова — таз» и при действии перегрузок в направлении «таз — голова» возникает красная пелена. Появление пелены — признак приближающейся потери сознания при дальнейшем увеличении перегрузок. Механизмы зрительных нарушений специалисты объясняют резким нарушением кровообращения и усилением тормоз-

ных процессов в нейронах сетчатки, снижением возбудимости нейронов коркового отдела и замедлением передачи импульсов в нейронах зрительного тракта.

Укачивание в полете

Состояние, возникающее в результате разнонаправленных перемещений в пространстве называется укачиванием. Причиной различных небольших перемещений аппарата в пространстве (болтанка, качка, рыскание) могут быть погодные условия или «голландский шаг».

Физиологическими механизмами возникновения укачивания являются безусловно- и условнорефлекторный, повышенная возбудимость вестибулярного аппарата и ускорения Кориолиса. Формы проявления укачивания — нервная, желудочно-кишечная, сердечно-сосудистая, смешанная. Деление на формы носит условный характер в зависимости от преобладания тех или иных симптомов.

Для нервной формы характерны тяжесть в голове, головокружение, головная боль, слабость, сонливость, страх, адинамия, а порой и потеря сознания.

Наиболее характерными признаками желудочно-кишечной формы являются обильное выделение слюны, искажение вкусовых ощущений, нарушение аппетита, тошнота, рвота.

Сердечно-сосудистая форма

характеризуется учащением сердечной деятельности.

В функциональной системе, обеспечивающей пространственную ориентировку под воздействием болтанки, качки и других подобных этим неблагоприятных факторов возникает определенное несогласование в деятельности различных анализаторов, которое может привести к тем или иным нарушениям ориентации в пространстве при выполнении полета.

Влияние шума и вибрации

В полете источником звука различной частоты и интенсивности могут быть колебания и вибрации отдельных частей двигателя, аэродинамический шум от работы винта.

Устойчивость к воздействию шумов зависит от индивидуальных особенностей организма. При большой интенсивности и длительности шум вызывает общее утомление, особенно слухового анализатора. Предельно допустимые нормы уровня шума представлены в табл. 11.

В коре головного мозга развивается процесс внутреннего торможения и ухудшается деятельность других анализаторов. При этом увеличивается время ответной реакции, ухудшаются функции внимания, нарушается деятельность вестибулярного аппарата.

В полете пилот подвергается действию вибрации, которая способна вызвать резонанс

Таблица 11

Предельно допустимые нормы уровня шума (по нормам Министерства здравоохранения СССР)

Характер шума	Предельная допустимая величина, дБ
Низкочастотные шумы — область частот до 350 Гц	90—100
Среднечастотные шумы — область частот до 800 Гц	85—90
Высокочастотные шумы — область частот 800 Гц	75—80

нансные колебания внутренних органов и тканей.

Воздействие вибрации на организм зависит от ее продолжительности, амплитуды, частоты (табл. 12) и направления. Наиболее неприятное влияние оказывает вибрация, действующая по направлению

вертикальной оси человека.

Длительная или высокоинтенсивная вибрация может вызвать значительные функциональные расстройства, а порой и патологические состояния.

Непереносимая вибрация приводит к временной потере работоспособности.

В чужом часовом поясе

Команда едет на соревнование и оказывается в чужом часовом поясе.

Совершив переезд с востока на запад, спортсмен день как будто удлиняет, так как в более западных часовых поясах ночь наступает позднее. В первой фазе приспособления к новому поясу времени многие спят плохо и тревожно. В первую половину дня функции организма интенсифицируются, а во вторую возникает сильное чувство усталости. Иногда бес-

покоит головная боль, отсутствие аппетита вечерами, ощущение голода ночью и ранним утром. Эти расстройства, продолжающиеся два—три дня, обусловлены тем, что физиологические часы человека опережают местное время.

Вторая фаза приспособления начинается на третий—шестой день и продолжается одну—три недели, в зависимости от расхождения поясного времени и индивидуальных особенностей человека. В период с третьего до десятого дня временная согласованность функциональных систем организма бывает сильно нарушена, поскольку разные системы адаптируются с неодинаковой скоростью. Например, после стремительного прохождения 10 часовых поясов (на самолете из Владивостока до Таллина, или наоборот) реакция на время нормализуется на второй день, кривая «температура тела — ритм сердечной деятельности» — на пятый, а выделения пота — только на восьмой день. Самочувствие в этот период может быть уже удовлетворительным, но фактическая сопротивляемость организма слабая, творческая активность невелика и физический труд малопродуктивен. Человек устает быстрее и больше, чем до переезда.

Приспособление к отдаленным восточным часовым поясам также происходит по фазам. Большинство переехавших на восток в первые два — пять дней вечером не могут уснуть, а утром (в 7—8 ч) —

без посторонней помощи проснуться. После пробуждения самочувствие неплохое, но аппетита совсем нет, руки, ноги и мысли как будто скованы. Функции организма протекают по ночным законам прежнего (на западе) места жительства, а по вечерам и до полуночи — по дневным. Это означает, что у переехавшего на восток человека биологические часы отстают от местного времени и для приспособления к новому поясу времени в этом случае требуется две недели или больше.

В общем считают, что труднее привыкнуть к разнице во времени при переезде с востока на запад, поскольку ночью спят плохо, а днем и вечером отдыхать не дает местный ритм жизни. Отправившиеся с запада на восток, хотя и с трудом просыпаются по утрам, но после напряженного дня поздним вечером все же хорошо засыпают и поэтому устают меньше, чем те, кто переехал в западные часовые пояса.

Спортсмены и физически тренированные люди быстрее адаптируются в других часовых поясах. Примерно 10% людей приспособляются к чужим часовым поясам вообще легко.

Нарушений, связанных с поездкой в отдаленный часовой пояс, в какой-то мере можно избежать, организовав переезд таким образом, чтобы адаптация произошла при минимуме неприятных ощущений.

Не следует увеличивать нагрузки на организм заверше-

Таблица 12

Зависимость переносимости вибрации от ее частоты и амплитуды (по И. М. Бузник)

Частота, Гц	Амплитуда, мм		
	хорошо переносимая	переносимая	непереносимая
10	До 0,8	0,8—1,6	Более 1,6
20	0,8	0,8—1,2	1,2
30	0,8—0,4		1,2
40	0,8—0,4	0,4—1,2	1,2
50	0,4	0,4—0,8	0,8
60	0,4	До 0,4	0,4
70	0,4	До 0,4	0,4

нием наспех, в последние минуты перед отъездом незаконченных работ и дел. На соревнования или сборы необходимо отправляться заранее подготовленными и отдохнувшими.

Большое значение имеет скорость передвижения. На судне, медленно пересекающем один часовой пояс за другим, где распорядок дня всегда соответствует времени часового пояса, заметных отклонений в организме, как правило, не возникает, однако в скором поезде, пересекающем за неделю 7—8 часовых поясов, возникают. Самочувствие может ухудшиться уже на вторые сутки, когда организм начнет приспосабливаться к постоянно изменяющемуся времени. В поезде целесообразно есть и спать по времени того пояса, в котором поезд в данный момент находится. При дальнем путешествии организм успевает пройти первую и частично вторую фазу приспособления уже во время переезда. При трансмеридианном перелете, поскольку самолеты за несколько часов перелетают пять-шесть часовых поясов, десинхроноз будет развиваться и проявляться сильнее только после прибытия.

В первые дни после прибытия на запад завтраки должны быть более калорийными, чем обычно. Если возникают боли, вздутие, понос, запор, тошнота, завтракать следует очень рано утром. На обед желательна пища, увеличивающая возбудимость цен-

тральной нервной системы (крепкий чай, кофе и др). Переехавшим на восток такая пища рекомендуется только по утрам.

В далеком часовом поясе, особенно на западе, полезным считают легкий дневной сон, в какой-то мере способствующий приспособлению к новому времени.

В восточном часовом поясе следовало бы более напряженные виды упражнений, тренировок и соревнований (работы как умственные, так и физические) планировать на вторую, а на западе на первую половину дня. Наблюдения свидетельствуют о том, что по прибытии в часовой пояс, где стрелки часов нужно перевести вперед, не следует важные или даже рискованные решения принимать утром, а в поясе, где стрелки часов переводят назад, — вечером. Таким образом можно избежать возможных ошибок.

Если поездка в отдаленный часовой пояс известна заранее, то переходить к режиму дня отдаленного часового пояса можно заблаговременно. Это облегчит адаптацию организма к новым условиям и поможет ослабить нежелательные последствия десинхроноза.

Хорошее физическое состояние — залог не только высоких спортивных результатов в своем часовом поясе, но и легкого перехода от одного пояса к другому.

Физическая подготовка и самоконтроль

Лучшей профилактикой травматизма, кроме строгого выполнения требований Наставления полетов, является физическая и психическая подготовка и ее составная часть — самоконтроль.

Общая подготовка. Особенностью дельтапланеризма как авиационного вида спорта является то, что пилоту приходится принимать решения в условиях ограниченного отрезка времени, достаточно быстро меняющейся обстановки, при воздействии перегрузок, перепадов температуры и атмосферного давления, вестибулярных нагрузок, кислородного голодания и других неблагоприятных факторов. Хотя пилот находится в аппарате один, но действует он в составе команды, постоянно вступающей в контакт с членами судейской бригады, тренером, руководителем полетов. Встает психологическая проблема групповой совместимости.

Психофизиологические и физические качества могут успешно совершенствоваться физической подготовкой и спортом. Отмечено, что люди с общей низкой физической подготовленностью значительно медленнее акклиматизируются в условиях как холодного, так и жаркого климата. А это накладывает ограничения на участие в соревнованиях с поездкой в другие климатические районы.

Неблагоприятно влияет также избыточная масса.

Отмечается, что люди с низкими показателями общей физической подготовленности при утомлении в полете чаще других допускают ошибочные действия, которые являются предпосылками к летным происшествиям.

Выявлена прямая зависимость способности переносить положительные перегрузки от силы мышц живота и результатов в беге на 100, 200, 400 и 800 м. При низкой устойчивости к перегрузкам наблюдается понижение точности движений, сенсомоторной координации, что ведет к нарушению действий по пилотированию. Люди с хорошей физической подготовкой сохраняют большую психологическую устойчивость.

Специально направленные физические тренировки способствуют преодолению нервного напряжения в полете и росту такого важнейшего летного качества, как эмоциональная устойчивость. Особенно эти тренировки необходимы людям с повышенной эмоциональностью.

Если после сложных полетных ситуаций с эмоциональными перегрузками применить несколько специальных дыхательных упражнений и осуществить произвольное ослабление мышц, то физиологические реакции начнут приближаться к оптимальному состоянию для условий полета.

Дыхательные упражнения наиболее полно разработаны в системе хатха-йоги. «Жизнь всецело зависит от акта дыхания. Дыхание есть жизнь», —

пишут йоги. Все дыхательные упражнения йоги начинают и заканчивают очистительным дыханием. Это глубокий вдох через нос, задержка дыхания и выдох с силой, но медленно через губы, сложенные трубочкой.

Затем можно выполнить полное дыхание, которое состоит из вдоха верхними частями легких, средней частью и нижней. При этом вдох должен быть единым.

Следует приобрести мысленное чувство ритма. У различных людей сердце бьется с разной частотой, но для каждого отдельного лица биение сердца должно быть принято за единицу ритмического дыхания. На 4 ритма — вдох, на 4 — задержка дыхания, на 4 — выдох. Так повторяют 5—7 раз, а затем делают очистительное дыхание. В загазованном городе к такому дыханию прибегать не рекомендуется, но на высоте воздух меньше загрязнен. У людей с низкой физической выносливостью и повышенной эмоциональностью, не пользующихся дыхательными упражнениями, появляются реакции, внешне напоминающие поведение человека, который переутомился и выражает свое состояние повышенной эмоциональной раздражительностью, неадекватными поступками, грубостью, капризностью и т. д.

Подготовка для полетов в восходящих потоках. При полетах в восходящих потоках может появиться горная болезнь — кислородное голодание (гипоксия). Степень проявле-

ния этой болезни зависит от следующих факторов:

особенностей климата; индивидуальной устойчивости, которая возрастает у тренированных людей;

возраста; эмоционального состояния; быстроты набора высоты; интенсивности мышечной нагрузки, которая будет максимальной при полете на мускулолете.

В среднем кислородное голодание у здоровых и нетренированных людей начинается с высоты 2500—3000 м над уровнем моря. Его признаки — ухудшение самочувствия, появление вялости, недомогание, учащенное сердцебиение, легкое головокружение, небольшая одышка.

На высоте более 3000 м возникает эйфория — излишняя говорливость, беспричинное веселье, легковесное отношение к ситуации. Это чувствуется даже при радиосвязи с нетренированным дельтапланеристом.

На высоте 4000—5000 м самочувствие ухудшается, возбуждение сменяется апатией. Появляется раздражительность, головная боль. При нагрузке учащается дыхание и пульс, возникает головокружение, может наблюдаться тошнота, сухость в горле. При этом необходимо немедленно изменить режим полета и перейти на пологое планирование. У пилотов, прошедших подготовку в горах, эти явления значительно смягчены.

Подготовка к восхождению

и само восхождение в горы — это вид спорта с нестандартной мышечной активностью. Эти нагрузки совершенствуют силу, выносливость, устойчивость к гипоксии, силу мышц верхних и нижних конечностей, корпуса, координацию и вестибулярную устойчивость.

Для оценки координации применяется координаторная проба.

Поза Ромберга. Первая позиция: обследуемый стоит, сомкнув пятки и носки, руки вытянуты вперед, пальцы рук выпрямлены и разведены.

Вторая позиция: положение как в первой позиции, но стопы расположены по прямой так, что носок одной стопы касается пятки другой.

Третья позиция: обследуемый стоит на одной ноге, пятка другой касается коленной чашечки.

Четвертая позиция: положение «ласточка».

Обследуемый в каждой позиции стоит с закрытыми глазами в течение 30 с.

Если испытуемый начинает резко покачиваться и сдвигать стопы, то пробу прекращают и фиксируют время только спокойного стояния. У начинающих или переутомленных время неподвижного стояния может быть менее 30 с. При правильно поставленных тренировках время увеличивается, а при утомлении (или при нетренированности) — уменьшается.

Эту пробу можно проводить до и после тренировок, чтобы узнать воздействие нагрузки. Уменьшение времени

неподвижного стояния на 10 с и более указывает на значительное утомление; уменьшение на 5—10 с — среднее, а на 1—5 с — на небольшую усталость, после которой наступает быстрое восстановление.

При подъеме на высоту уменьшается атмосферное давление, температура и влажность воздуха, интенсифицируется солнечная радиация. На высоте более 3000 м над уровнем моря выполнение мышечной работы в значительной степени стимулирует анаэробные процессы. Особенно это чувствуется при подъеме в восходящих потоках, то есть при достаточно высокой скорости подъема.

С поднятием на высоту происходит повышение газообразования в кишечнике. Поэтому перед полетом с подъемом на высоту есть фрукты и пищу, богатую клетчаткой, не следует.

Тренировка с наибольшим физиологическим эффектом. Бег дает наибольший физиологический эффект в единицу времени. Он обладает особенностью, которую не имеют другие виды упражнений. Это в первую очередь явление биомеханического резонанса. Бег можно рассматривать как серию прыжков. В момент приземления на пятку возникает противоудар, который перемещает вверх столб крови в сосудах. Такой гидродинамический массаж укрепляет стенки сосудов и препятствует отложению в них холестерина и солей, способ-

ствуя профилактике атеросклероза. Вибрация печени и кишечника улучшает отток желчи и усиливает перистальтику, что способствует пищеварению. Бег улучшает кровообращение в нижних конечностях за счет сокращения мышц голени и бедра и активного выталкивания крови по направлению к сердцу («мышечный насос»), что облегчает его работу.

Очень важен эффект капилляризации тканей — открытие нефункционирующих в результате гиподинамии и образование новых кровеносных капилляров в сердечной мышце и ногах.

Бег увеличивает распад и самообновление белковых структур, то есть омолаживает организм. Еще древнегреческий философ Аристотель писал: «Ничто так не разрушает организм, как длительная бездействие». Кинезофилия — врожденная генетически обусловленная потребность в движении.

В состоянии покоя человек расходует около 250 мл кислорода в 1 мин. При предельно напряженной работе у молодых нетренированных мужчин распад кислорода максимум 3000 мл/мин, а у мастеров спорта — бегунов стайеров и лыжников — до 6000 мл/мин. Чем выше уровень максимального потребления кислорода, тем больше функциональный резерв (табл. 13).

В верхней строке таблицы указана дистанция для мужчин, в нижней — для женщин.

С подъемом на высоту (в слу-

чае проведения теста в высокогорье) время (к 12 мин) необходимо увеличить для высоты: 1500 м на 30 с, 1800 м на 40 с, 2000 м на 50 с, 2400 м на 60 с, 2700 м на 1 мин 15 с, 3000 м на 1 мин 30 с, 3300 м на 1 мин 45 с, 3600 м на 2 мин.

По известным данным, у 82 % бегунов, достигших 50-летнего возраста, не было обнаружено большой разницы в функциональном состоянии сердечно-сосудистой и центральной нервной систем по сравнению с молодыми людьми (20—25 лет), не занимающимися спортом.

Знаменитый французский врач XVIII века Тиссо писал: «Движение, как таковое, может по своему действию заменить любое лекарство, но все лечебные средства мира не в состоянии заменить действия движения».

Другие, ациклические упражнения, например волейбол, гимнастика, направлены на тренировку двигательного аппарата, а на величину максимального потребления кислорода практически не влияют. У гимнастов максимальное потребление кислорода почти такое же, как у молодых людей, не занимающихся спортом. Показатель максимального потребления кислорода увеличивается на занятиях всеми циклическими упражнениями, направленными на развитие общей выносливости, — бегом, ходьбой, лыжами, плаванием, велосипедом и т. д. Поэтому и существует прямая зависимость между способнос-

Таблица 13

Подготовка и самоконтроль дельтапальнераста по программе «Бег» (12-минутный тест)

Степень подготовки	Дистанция, пройденная за 12 мин. км. при возрасте спортсмена				Подготовлен	Не подготовлен
	до 30 лет	от 30 до 39 лет	от 40 до 49 лет	более 50 лет		
1 (очень плохо)	Менее 1,6 Менее 1,5	Менее 1,5 Менее 1,3	Менее 1,3 Менее 1,2	Менее 1,2 Менее 1,0	От 1,2 до 1,5 От 1,0 до 1,3	От 1,6 до 1,9 От 1,4 до 1,6
2 (плохо)	От 1,6 до 1,9 От 1,5 до 1,84	От 1,5 до 1,84 От 1,3 до 1,6	От 1,3 до 1,6 От 1,2 до 1,4	От 1,3 до 1,6 От 1,2 до 1,4	От 1,2 до 1,5 От 1,0 до 1,3	От 1,6 до 1,9 От 1,4 до 1,6
3 (удовлетворительно)	От 2,0 до 2,4 От 1,85 до 2,15	От 1,85 до 2,24 От 1,7 до 1,9	От 1,7 до 1,9 От 1,5 до 1,84	От 1,7 до 2,1 От 1,5 до 1,84	От 1,6 до 1,9 От 1,4 до 1,6	От 1,6 до 1,9 От 1,4 до 1,6
4 (хорошо)	От 2,5 до 2,7 От 2,16 до 2,64	От 2,25 до 2,64 От 2,0 до 2,4	От 2,25 до 2,64 От 2,0 до 2,4	От 2,2 до 2,4 От 1,85 до 2,3	От 2,0 до 2,4 От 1,7 до 2,15	От 2,0 до 2,4 От 1,7 до 2,15
5 (отлично)	2,8 и более 2,65 и более	2,65 и более 2,5 и более	2,65 и более 2,5 и более	2,5 и более 2,4 и более	2,5 и более 2,2 и более	2,5 и более 2,2 и более

Подготовка и самоконтроль пилота-дельтапланериста по программе «Ходьба»

Неделя	Программа А			Программа Б		
	дистанция, км	время прохождения, мин, с	количество занятий в неделю	дистанция, км	время прохождения, мин, с	количество занятий в неделю
1	2	3	4	5	6	7
1,2	1,5	18,42	5	1,5	22,36	5
3,4	1,5	16,25	5	1,5	18,40	5
5,6	1,5	14,00	5	1,5	16,50	5
7,8	2,5	23,25	5	1,5	15,00	5
9,10	2,5	22,00	5	2,5	26,00	5
11,12	3,0	29,00	5	2,5	25,00	5
13,14	3,0	28,00	5	3,0	31,00	5
15,16	2,5	22,18	5	3,0	30,00	5
17,18	2,5	21,48	5	2,5	24,00	2
				4,0	40,00	3
19,20	3,0	27,00	3	2,5	23,30	2
21,22	4,0	36,00	2	5,0	49,00	3
	3,0	27,40	3	4,0	38,00	2
23,24	4,0	36,45	2	5,5	53,00	3
	4,0	35,30	4	4,0	36,00	3
25,26	5,0	45,00	2	5,0	46,00	2
	4,0	35,15	3	5,0	45,00	3
27,28	5,0	45,00	2	6,5	62,00	2
	4,0	35,00	3	5,0	45,00	3
29,30	5,0	44,25	2	6,5	61,10	2
	5,0	44,00	5	5,0	43,40	5
31,32	6,5	56,00	3	6,5	55,30	3

мышечных и костных травм. Доказано, что если сразу без разминки перейти в состояние максимального напряжения, на ЭКГ могут обнаружиться отклонения от нормы и у людей, не страдающих сердечными заболеваниями.

С а м о м а с с а ж применяется с гигиенической целью обычно по утрам. Это хорошее

тонизирующее средство, для чего целесообразно использовать выпускаемые массажеры, особенно для массажа мышц спины. Усталость можно снять массажем активных точек акупресуры на правой и левой стопах на снаряде «Тонус» или массируя стопы кулаком.

С а м о к о н т р о л ь — это система наблюдений за своим здо-

тью переносить положительные перегрузки и результатами бега на дистанции.

Упражнения, проделываемые без всякого интереса, не оказывают должного воздействия. Необходимо выполнять все упражнения, заставляя мозг принимать в этих упражнениях участие.

Если при повторной нагрузке (бег или другие упражнения) результаты падают, то есть после тренировки происходит недовосстановление, то это значит, что развивается истощение организма, произошла перетренировка. Нагрузки необходимо уменьшить.

Техника ходьбы для тренировки организма и тестовая отличаются от ходьбы пассивной. В работу включаются дополнительные мышечные группы нижних конечностей и таза, что увеличивает общий расход энергии и значительно повышает эффект тренировки. Для этого вида ходьбы характерны активное отталкивание стопой с мягким перекатом с пятки на носок, поворот таза и активное движение в тазобедренном суставе путем подтягивания туловища к опорной ноге, постановка стоп почти параллельно друг другу с минимальным разворотом стоп в стороны («шаг индейца»).

Двигательные возможности повышаются значительно быстрее, чем происходят серьезные изменения в сердечно-сосудистой системе. Как увеличить нагрузку? Дыхание во время бега и ходьбы должно быть естественным, произвольным, поскольку организм сам очень

точно регулирует поступление в легкие необходимой порции кислорода. Попытки искусственно регулировать частоту дыхания, например, пытаться выполнять вдох на три беговых шага, а выдох на четыре шага только затрудняют адаптацию к нагрузке и делают бег неприятным. Оптимальное соотношение ритма дыхания и темпа ходьбы или бега вырабатывается постепенно в процессе тренировки, становится автоматическим и не требует специального обучения. Всегда должен соблюдаться принцип — бежать легко («разговорный» темп на первых этапах подготовки). Даже у молодых, здоровых людей быстрый рост тренировочных нагрузок может привести к перенапряжению связок и сухожилий и появлению мышечных болей.

Ходьба и бег являются наиболее естественными двигательными актами, которыми человечество владеет миллионы лет. При ходьбе и беге в первый месяц тренировки лучше избегать асфальта.

Занятия по программе «ходьба» (табл. 14) начинают с разминки — не менее 3—5 мин растягивание и разогревание мышц (махи руками, ногами, «скручивание» позвоночника). Затем 1—2 мин — бег и прыжки на месте. Это увеличивает частоту сердечных сокращений и готовит организм к более напряженной фазе тренировки. Правильно выполняемая разминка может уменьшить кислородный долг, возникающий в начале нагрузки — улучшить общую выносливость организма. Разминка помогает также снизить риск

ровьем, функциональным состоянием и переносимостью спортивных нагрузок. С помощью самоконтроля спортсмен сознательно и активно, используя общедоступные методы и приемы, наблюдает и учитывает самочувствие, характер и продолжительность сна, аппетит, работоспособность, массу тела, ЧСС. Самоконтроль не только дисциплинирует спортсмена, но и прививает ему навыки самоанализа, существенно облегчает работу тренера и врача.

Функциональные пробы — это различные дозированные нагрузки и возмущающее воздействие, которые позволяют оценить функциональное состояние организма в зависимости от формы движения, мощности, длительности и ритма работы.

Тест — измерение или испытание с целью определения функционального состояния или способностей у спортсмена. В настоящее время нет универсальных тестов, позволяющих дать исчерпывающий ответ на все вопросы оценки здоровья, функционального состояния и тренированности. Поэтому очень важно выбрать наиболее информативные пробы для данного вида спорта.

Для проведения функциональных проб можно использовать старые методики пошаговых тестов, в которые входит ряд упражнений с замером артериального давления и пульса до и после упражнения, и пошаговый контроль этих параметров через заданные промежутки времени. Наиболее эти рекомендации были разработаны в методических материалах конт-

роля работоспособности и физического состояния летного состава.

В настоящее время наиболее объективным методом контроля является велооргометр. Вместе с нагрузкой, которая дается на нем, снимается кардиограмма и пошагово, как и в старых тестах, замеряется артериальное и сердечное давление.

Велооргометры в настоящее время достаточно широко распространены в спортивных клубах и лечебно-профилактических учреждениях.

Простейшая программа тренировки дельтапланериста. Этот комплекс упражнений не требует специального оборудования и места. Он преследует цель развития и укрепления мускулатуры спины, плеч, брюшного пресса и улучшает координацию движений.

Перед началом тренировки можно провести тест: ложитесь на живот на пол и держите в вытянутых руках как можно выше стакан воды. Если удастся продержать его дольше минуты, то результат можно считать удовлетворительным.

Комплекс упражнений предусматривает как тренировку на статическую, так и на динамическую нагрузку, так как при полете на дельтаплане мышцы спины и корпуса испытывают в основном статическую нагрузку, а плеч и рук — динамическую.

Как перед любыми упражнениями, перед этими тоже нужно разогреть мышцы. Предлагается пять упражнений:

круговые движения рук в плечах;

круговые движения корпуса; наклоны корпуса с доставкой руками пола;

упражнения с обручем или без него (вращательные движения бедрами наподобие хула-хуп);

заканчивают разминку встряхиванием кистей рук.

Этот комплекс может войти в утреннюю зарядку или производственную гимнастику, что позволит всегда быть физически бодрым.

Программа тренировок

1-й день После разминки выполняются все шесть упражнений

2-й день Прыжки (0,5 ч)

3-й день Отдых

4-й день После разминки выполняются все шесть упражнений

5-й день Отдых

6-й день Прыжки (0,5 ч)

7-й день Отдых

При этом рекомендуется заниматься каким-либо еще видом спорта, особенно теми видами, о которых говорилось в этой главе.

ВМЕСТО ЭПИЛОГА

На календаре было воскресенье. На часах — полдень. На термометре — двадцать семь в тени. А на коктебельском пляже пусто. И местные жители, и тысячи отдыхающих устремились не к морю, а на гору. В этот яркий солнечный день состоялось открытие первого Всесоюзного смотра-конкурса самодельных сверхлегких летательных аппаратов (СЛА), посвященного 60-летию советского планеризма. Он проходил с 4 по 9 сентября 1983 года на горе Клементьева в Крыму.

«Есть места-символы, места-понятия, за которыми кроется целая эпоха,— говорил Олег Константинович Антонов, председатель технической комиссии смотра-конкурса.— С именем легендарной горы Клементьева связана вся история советской авиации, отсюда берет начало и космонавтика, и планеризм, и дельтапланеризм. А теперь и самая юная ветвь авиации — сверхлегкие летательные аппараты».

Мысль о насущной необходимости восстановить традиционные слеты 20—30-х гг., способствовавших развитию авиации, технического творчества и спор-

та, развивал перед участниками конкурса один из его почетных гостей Игорь Иванович Шелест: «Когда я оглядываюсь на свой полувековой путь, прожитый в авиации, я отчетливо вижу не только наши грандиозные успехи в небе, но и некоторые потери. Мы потеряли, например, массовость, а с ней увлеченность людей небом. Самолет перестал быть чудом, он стал обыкновенным «транспортным средством». Сейчас сверхскоростная и сверхмощная авиатехника стала уделом узкого круга профессионалов, некоей «терра инкогнита» для неискушенных в авиации людей».

Вот ведь парадокс! Герой Советского Союза, заслуженный летчик-испытатель СССР, автор широко известных книг по авиации, посвятивший всю жизнь тому, чтобы «летать дальше, выше, быстрее», ратовал за то, чтобы приблизить эту самую авиацию... к земле. Он говорил, что реактивные сверхзвуковые самолеты — это лишь одна ипостась современной авиации, что в свое время слишком быстро переступили и оставили вне сферы внимания чрезвычайно важную степень-

ку — легкие и сверхлегкие летательные средства, что этот пробел уже дает себя знать и в народном хозяйстве, лишая его исключительно маневренных, экономичных и экологически более чистых машин, и в подготовке авиационных кадров, сокращая приток в отрасль талантливых и разносторонних инженеров.

«Сегодня,— продолжал Игорь Иванович,— авиации нужны мыслители-творцы, создатели нового, а не просто прилежные исполнители. Но как такие качества выявить, развить? Чтобы одаренный инженер умел видеть целое, он с юных лет должен прорабатывать всю схему самолета. Именно это дает любительское творчество, самодетельное конструирование СЛА. И нам надо бережно относиться к огоньку этого творчества, умело направлять и раздувать его — и в студенческом КБ, и в сельском клубе, и среди профессионалов-авиаторов или любителей всех возрастов и профессий. Поддерживая сегодня любительское движение, мы работаем на будущее нашей авиации».

Вопросы, связанные с проведением Всесоюзного смотра-конкурса, решались непросто. Все было впервые. По каким критериям отбирать летательные аппараты? Ведь для летающих самоделок не существовало никаких норм и технических требований. Как транспортировать их в Крым из разных концов страны — своим ходом или на автоприцепах и самолетах? Во многом помогло Министер-

ство авиационной промышленности, выделив для конкурсантов свои транспортные самолеты. Все эти вопросы решал оргкомитет, возглавлявшийся заслуженным военным летчиком СССР генерал-лейтенантом авиации Алексеем Анастасовичем Микояном. В редакции журнала ЦК ВЛКСМ «Техника — молодежи» был организован оперативный штаб смотра, куда вошли летчики В. Виницкий и Л. Вяткин, журналисты Ю. Ценин, А. Абакумов и другие. Большая заслуга в организации смотра принадлежит В. Захарченко, бывшему тогда главным редактором журнала «Техника — молодежи», который помогал преодолевать сопротивление перестраховщиков и маловеров.

И Всесоюзный конкурс стал не просто смотром технических достижений любительского авиаконструирования, но и настоящим праздником авиации, на котором прославленные конструкторы и пилоты передавали своеобразную эстафету юному поколению: С. Н. Анохин, П. В. Цыбин, Г. Ф. Грошев, И. П. Толстых и другие известные авиаторы делились своим опытом с молодежью, вдохновляя их на новые творческие поиски и дерзания.

Представлявшая прессу прославленная летчица Марина Попович не могла скрыть своей радости от общения с участниками смотра-конкурса. «Понимаете,— сказала она,— авиация совершила нисходящий виток. Строили первые самолеты как раз для того, чтобы взлететь, а не просто переместить-

ся, чтобы испытать чувство отрыва от земли, свободного полета, чтобы опробовать другую, неведомую стихию. Убеждена, что именно это стремление движет человеком, способным создать что-то значительное в авиации. А нас, летчиков, заковали в высотные костюмы, гермошлемы, отделили от неба металлом и приборами. Вот и родились на новом витке авиации дельтапланы. Дельтаплан может дать чувство полета не одиночкам-спортсменам, а огромным массам людей. Обязательно попробую летать на дельтаплане. Представляете: просто шагаешь по воздуху — и испытываешь прекрасное, вот именно высокое чувство соприкосновения с воздухом!»

Результатом этой встречи можно считать принятие лицами, ответственными за Единую систему управления воздушным движением СССР, решения о предоставлении авиалюбителям права на использование воздушного пространства страны. Таким образом, самостоятельная авиация стала полноправным участником воздушного движения. По согласованию с районным или зональным центром ЕС УВД СССР коллективам самостоятельных конструкторов могут выделяться пригодные для взлета и посадки площадки. Разумеется, они должны быть безопасно удалены от аэродромов, местных авиалиний, электростанций и ряда других объектов, полеты над которыми запрещены. Для полетов выделяются зоны радиусом 5 км и высотой до 300 м.

Выделенные места для поле-

тов должны иметь радио- или телефонную связь с ближайшим районным или зональным центром для сообщения о начале и конце полетов и для получения различных оперативных сообщений.

По мере развития организационной структуры самостоятельной авиации, очевидно, ей будут выделяться свои коридоры для длительных маршрутных полетов.

В 1984 году в Планерском состоялся второй Всесоюзный смотр-конкурс сверхлегких летательных аппаратов любительской постройки, собравший свыше двухсот энтузиастов из многих городов и сел страны, создавших 52 аппарата. Он проводился под руководством ЦК ВЛКСМ Министерством авиационной промышленности и ЦК ДОСААФ СССР.

В обожженной солнцем крымской степи недалеко от Феодосии за несколько часов вырос город. Издалека, от Симферопольского шоссе, он выглядел так непривычно, что шоферы в проносившихся мимо машинах принимали его за степной мираж. Но с приближением становились все осязаемей его необычные контуры, образованные из разноцветных треугольных крыльев, хвостовых оперений, палаток, флажтоков с развевающимися флагами.

За первые три дня техкомиссия дала предварительные оценки аппаратам всех участников. Специалисты сразу отметили некую закономерность представленной техники — высокий, почти профессиональный уровень изготовления аппара-

тов и относительно примитивное решение силовых схем.

«Руки у ребят золотые, а вот теоретического фундамента многим не хватает,— отзывались члены техкома.— Сказываются отсутствие пособий, недостаток специальной литературы. Наша задача — создать и издать руководство для самостоятельных авиаконструкторов, включающее принципы конструирования, основы аэродинамики, прочности, эргономики».

К полетам было допущено 32 машины. Но в отличие от первого смотра, облет их должны были делать не разработчики и создатели микросамолетов, а профессиональные испытатели. Решение это вызвало жаркие дискуссии. К неудовольствию участников конкурса, они, неожиданно для себя, оказались «в роли зрителей на своих собственных именинах».

Завершился второй смотр. Новых друзей, идеи, рожденные в жарких дискуссиях, большие творческие планы — все это дал гостеприимный Коктебель участникам конкурса.

Для О. К. Антонова и С. Н. Анохина прошедший слет стал последним. Эти люди участвовали в создании нашей авиации. Без них трудно представить становление и самой юной/ветви авиационного спорта — дельтапланеризма. Когда консервативно настроенные руководители ставили под сомнение возможность существования у нас дельтапланеризма, Олег Константинович смело и мужественно отстаивал право

на жизнь юного детища авиации.

Третий смотр-конкурс СЛА состоялся в Киеве в сентябре 1985 года. Председателем оргкомитета его стал преемник Олега Константиновича генеральный конструктор ОКБ имени О. К. Антонова П. В. Балабуев. Он также горячий сторонник самодельного авиаконструирования. «Любительское конструирование летательных аппаратов,— считает П. В. Балабуев,— дело очень важное не только для технического прогресса в авиации. Это могучий рычаг воспитания полноценного человека — трудолюбивого, творчески одаренного, увлеченного».

На смотр в Киев прибыло со своими разработками 170 конструкторов-любителей из пятидесяти городов страны, а также более трехсот человек приехало без аппаратов, чтобы посмотреть, потрогать руками всю эту небесную технику, обменяться с коллегами опытом и информацией.

Традиционно работа мандатной и технической комиссий завершилась показательными полетами самодельных авиаконструкций. Тысячи зрителей то восхищались сверхминиатюрной конструкцией летательного аппарата, то изысканством форм и отделки мотодельтаплана. Интересны были и водные варианты микросамолетов, даже тех, полеты которых завершались не всегда удачно.

Очередной, четвертый по счету Всесоюзный смотр-конкурс сверхлегких летательных аппаратов прошел в августе 1987

Из хроники спортивных достижений дельтапланеризма

Дата (год, месяц)	Спортсмен	Место полета	Достижение	Прочие сведения
1	2	3	4	5
1971, сентябрь	Д. Килборн (США)	Калифорния	Продолжительность полета 1 ч 4 мин	Первый зафиксированный рекорд продолжительности парящего полета
1973, октябрь	Р. Кишхази (США)	Гора Монблан (4807 м)	Продолжительность полета 30 мин. Дальность полета 25 км	Первый рекорд высоты старта
1974, январь	М. Гохберг (СССР)	Гора Черет, Сев. Кавказ (4100 м)	—	Первый высотный полет в СССР
1974, март	Х. Мелчер (США)	Гавайские острова	Продолжительность полета 20 ч 47 мин	—
1974, июль	М. Харкер (США)	Гора Фудзияма (3776 м)	Дальность полета 20 км	—
1977, май	С. Топтыгин (СССР)	Гора Клементьева, Крым	Продолжительность полета 2 ч 34 мин	—
1977, июль	Д. Уоррингтон (США)	Калифорния	Дальность полета 153,61 км	Мировой рекорд дальности
1977, июль	К. Мессенджер (Англия)	Ла-Манш	Перелет через пролив	Второй пилот Б. Милтон упал в море и был подобран советским судном «Каргополь»
1977, август	В. Овсянников (СССР)	Гора Эльбрус (5621 м)	—	Первый полет с «пятитысячника»
1977, август	Р. Джиллин (Франция)	Гора Уаскаран, Кордильеры (6768 м)	—	Первый полет с «шеститысячника»
1978, июль	И. Тищенко (СССР)	Карпаты	Выигрыш высоты 1500 м	—

года в Москве. И хотя всем бесконечно был дорог солнечный Коктебель как место встреч самодеятельных авиаконструкторов, решение организовать его всегда в новом месте было принято с пониманием. Ведь широкая география проведения конкурса помогает в больших масштабах пропагандировать техническое творчество в области авиационного спорта и привлекает в авиационный спорт и в авиационное строительство все новые и новые молодые силы из всех уголков и республик нашей страны.

40 лучших экспонатов были отобраны строгой и авторитетной комиссией из нескольких сот заявок для участия в смотре. Он проходил на аэродроме Центрального аэроклуба СССР имени В. П. Чкалова в Тушине. 16 августа участники смотра были в роли зрителей на красочном и впечатляющем воздушном празднике, посвященном 70-летию Великой Октябрьской социалистической революции и 60-летию создания ДОСААФ.

Затем были семинары, на которых участники обсуждали проблемы развития самодеятельного авиаторства. А их пока немало. Главное — это испытание и допуск новых разработок к полетам, это организация подготовки пилотов самодеятельных СЛА, а также

снабжение дефицитными конструкционными материалами.

Представляет интерес первый семинар-совещание руководителей кружков внешкольных учреждений РСФСР, который проходил с 25 по 29 января 1988 года в г. Куйбышеве и был посвящен проблемам авиационного строительства СЛА. На нем было отмечено, что новые тенденции четко ощущаются и в техническом творчестве учащихся. Классический моделизм, который столько лет был основой творчества, перестал быть притягательным в той степени, каким он был ранее. Современного учащегося больше влечет натурная техника, ее возможности.

В заключение хотелось бы еще раз напомнить, что СЛА уже начали приносить экономический выигрыш в народном хозяйстве. Их эксплуатация оказалась в десятки раз дешевле, чем самолетов или вертолетов, в отдаленных районах страны у геологов и оленеводов, при контроле за лесными массивами и при обработке небольших полей с малой высотой.

Мир сверхлегких летательных аппаратов становится реальностью и к нему надо готовиться серьезно, повышая техническую и особенно компьютерную грамотность молодого поколения.

1	2	3	4	5
1978, август	В. Овсянников, В. Граф М. Котельников, А. Амбуркин, О. Батыров (СССР)	Гора Эльбрус (5633 м)	—	Первый групповой полет с «пятитысячника»
1979, август	Ж. М. Дуаван (Франция)	Вершина К-2, Гималаи (7600 м)	Продолжительность полета 13 мин	Первый полет с «семитысячника»
1980, август	А. Владимиров (СССР)	Гора Юпа, Сев. Кавказ	Продолжительность полета 6 ч 6 мин	Максимальная продолжительность полета в Европе
1987, май	О. Недопако (СССР)	Гора Ямполь, Винницкая обл.	Дальность полета 224 км	Рекордная дальность полета в СССР

Приложение 2

Величина перегрузки в зависимости от интенсивности болтанки

Обозначение	Оценка в баллах	Характеристика болтанки	Воздействие на дельтаплан	Величина перегрузки, n_y
Б ¹	1	Слабая	Аппарат слегка покачивает Отдельные слабые толчки	$0,8 \leq n_y \leq 1,2$ $\Delta n_y \leq 0,2$
Б ²	2	Умеренная	Покачивание усиливается. Толчки более частые и сильные	$0,5 \leq n_y \leq 1,5$ $\Delta n_y \leq 0,5$
Б ³	3	Сильная	Аппарат иногда проваливается. Сильные толчки. Пилота то подбрасывает, то прижимает к подвесной системе	$1 \leq n_y \leq 2$ $\Delta n_y \leq 1$
Б ⁴	4	Штормовая	Аппарат непрерывно бросает. Пилота сильно прижимает к подвесной системе или отрывает от ручки управления	$n \leq 0$ $n_y > 2$ $\Delta n_y > 1$

Официальные рекорды мира по дельтапланерному спорту

Мужчины		Женщины	
Жесткое крыло		Гибкое крыло	
одноместный аппарат	одноместный аппарат	многоместный аппарат	одноместный аппарат
1	2	3	4
<i>Дальность полета по прямой</i>			
167,83 км (США, Д. Уортингтон, 23.07.80)	321,47 км (Канада, Р. Хени, 2.06.86)	161,904 км (США, Л. Тьюдор, 12.07.85)	233,9 км (Англия, Д. Ледэн, 13.07.83)
<i>Дальность полета до цели</i>			
53,15 км (США, Д. Уортингтон, 3.08.79)	226,11 км (ФРГ, К. Комстедт, 13.07.83)	—	118,09 км (Австралия, В. Уиллингтон, 4.01.85)
<i>Дальность полета туда и обратно</i>			
76,38 км (США, Д. Уортингтон, 23.07.77)	204 км (ФРГ, Р. Шолль, 12.07.85)	—	124,52 км (США, Л. Джуди, 15.07.83)
<i>Дальность полета по треугольному маршруту</i>			
—	80,83 км (Австралия, Д. Кумменгс, 29.12.85)	—	—
<i>Скорость по треугольному маршруту 25 км</i>			
—	15,6 км/ч (Австралия, Д. Кумменгс, 16.02.86)	18,45 км/ч (Австралия, Д. Кумменгс, 26.11.84)	—
<i>Выигрыш высоты</i>			
3820 м (ФРГ, Р. Шолль, 5.08.85)	4343,3 м (США, Л. Тьюдор, 4.08.85)	3169,92 м (США, Л. Тьюдор, 12.07.85)	3291,84 м (США, П. Прайфер, 12.07.79)

Примечания: 1. Регистрируются также рекорды скорости по треугольному маршруту протяженностью 50, 100 и 150 км.
2. При рекордах на многоместных аппаратах масса каждого пассажира, за исключением командира, не должна превышать 75 кг. Спортивную лицензию достаточно иметь только командиру.
3. Старт рекордной попытки можно выполнять как разбегом с ног, так и забросом с помощью буксирного средства.

Перечень мировых рекордов на сверхлегких летательных аппаратах
(класс Р — микроавиация)

Виды рекордов	Подклассы		
	P1	P2	P3
1	2	3	4
Дальность по прямой без посадки	789,5 км (А. Кларк, Австралия, 2.8.86)		
Дальность по прямой с выключенным двигателем	—	—	—
Дальность по прямой с ограниченным запасом топлива	—	—	—
Дальность по замкнутому маршруту без посадки	805,4 км (Т. Пратт, США, 2.9.86)	247,5 км (Р. Фенвик, Франция, 22.10.85)	—
Дальность по замкнутому маршруту с выключенным двигателем	—	—	—
Дальность по замкнутому маршруту с ограниченным запасом топлива	—	—	—
Высота	5934,46 м (П. Дорри, США, 20.4.84)	—	—
Время набора высоты 3000 м	8 м 7 с (Р. Калверт, Англия, 16.3.84)	—	—
Время набора высоты 6000 м	22 м 36 с (Р. Калверт, Англия, 16.3.84)	—	—

Примечание. Подкласс P1 — микросамолеты наземного базирования, подкласс P2 — гидросамолеты, подкласс P3 — микросамолеты-амфибии.

Гальванический ряд металлов и сплавов

Группа	Корродирующий конец (анодный)
1	2
1	Магний и магниевые сплавы, анодированные или оксидированные (МА2-1, МА8 и др.)
2	Цинк, цинк хромированный (покрытие на стальных деталях). Алюминий, алюминиевые сплавы, не содержащие медь (АМг5, АМг6, В92ц и др.), плакированный дюралюминий
3	Кадмий, кадмий хроматированный (покрытие на стальных деталях)
4	Фосфатные и оксид-пропитанные смазкой пленки по стали
5	Сталь (ст. 10, ст. 20, ст. 45 и др.), чугуны
6	Легированные стали (ст. 12Х5МА, ст. 30ХГСА, ст. 50ХФА, ст. 60С2А и др.)
7	Никелевые сплавы для электросопротивлений. Нержавеющие стали с содержанием хрома 12—17 % (Ст. 3Х13 и др.)
8	Свинцово-оловянистые припои (ПОС 40 и др.). Нержавеющие стали с содержанием хрома 18 % и более (ст. 12Х18Н10Т и др.). Олово, свинец
9	Латунь. Марганцовистые бронзы, морская латунь. Молибден. Никель (никелированные детали). Алюминиевые бронзы, томпак
10	Медь. Кремнистые бронзы, мельхиор, сложные бронзы
11	Никель пассивируемый, хром (хромированные детали). Манель. Нержавеющие стали пассивируемые. Титан. Титановые сплавы (ОТ4, ВТ5, ВТ14 и др.)
12	Родий, палладий, серебро, платина, золото
Группа	Некорродирующий конец (катодный)

Основа сплава	Марка сплава	Плотность ρ , г/см ³	Механические характеристики		Характеристики		Характеристика материала на				Антикоррозийная защита	Термообработка	Применяемость
			предел прочности σ_p , МПа	удлинение б. %	модуль упругости E , кг/мм ²	растяжение (удельная прочность), σ_p , кг/мм ²	изгиб E/eg	ТРУБ $\sqrt{E/eg}$	пластин $\sqrt{E/eg}$	потери устойчивости (удельная жесткость)			
Сталь	45	7,814	610	16	20 400	7,62	2600	18,4	3,52	Цинкование, кадмирование	Закалка, отпуск	Крепеж	
	30ХГСА 12Х18Н10Т	7,85 7,90	1100 550	10 40	20 200 20 500	14 6,96	2580 2570	18,13 17,95	3,46 3,49	То же	То же	То же	
Алюминий	Д1Т	2,8	400	29	7100	12,7	2530	30	6,85	Анодирование	Закалка и старение	Трубы	
	Д16Т	2,78	440	18	7100	15,4	2540	30,1	6,82	То же	То же	То же	
	АМг6 В95	2,64 2,85	340 540	20 8	6800 6700	12 18,2	2610 2350	32 28,7	7,2 6,65	»	»	»	
Магний	МА2-1	1,79	270	14	4200	15,1	2340	36,4	8,9	Окислование с лакокрасочным покрытием	—	Трубы	
	МА8	1,77	250	10	4100	14,12	2320	36,3	9,1	То же	—	То же	
Титан	BT5	4,44	800	10	10 500	18	2370	23,3	4,95	Не требуется	—	Крепеж	
	BT14	4,58	1200	8	11 000	24	2410	22,9	4,85	То же	Закалка	То же	
	OT4	4,55	700—900	15	11 500	16,5	2530	23,1	4,95	»	—	Трубы	
	OT4-1 (OT4-0)	4,55	500—700	20	10 500	12,8	2320	22,6	4,8	»	—	То же	

Физико-механические свойства древесины, применяемой для воздушных винтов

Порода	Плотность ρ , г/см ³		Объемный коэффициент усушки Δ , %	Предел прочности при растяжении вдоль волокон при влажности 15 % об. МН/м
	при 15% влажности	«сухая»		
Береза обыкновенная	0,65	0,61	0,57	120
Бук кавказский	0,65	0,58	0,55	129
Вяз	0,55	0,52	0,51	
Граб	0,81		0,70	
Дуб	0,72	0,67	0,55	130
Клен	0,67	0,60	0,55	
Ясень европейский	0,71	0,66	0,50	116
Ясень маньчжурский	0,66	0,64	0,62	110
Грецкий орех	0,61	0,52		
Красное дерево	0,60	0,5		

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Небесные первопроходцы	7
Глава 2. Применение дельтапланов	18
Глава 3. Спортивная орбита дельтаплана	29
Глава 4. Почему он летает	51
Глава 5. Устойчив или управляем	90
Глава 6. Погода и мембранное крыло	110
Глава 7. Из чего сделан дельтаплан	131
Глава 8. Приборное оборудование	161
Глава 9. Винтомоторная группа (ВМГ) дельтаплана	179
Глава 10. Шаг в завтрашний день?	208
Глава 11. Если авария случилась	225
Глава 12. Влияние различных факторов на организм дельта- планериста. Физическая подготовка и самоконт- роль	246
Вместо эпилога	260
Приложения	265

Научно-популярное издание

Козьмин Виктор Владимирович, Кротов Иван Всеволодович

ДЕЛЬТАПЛАНЫ

Заведующий редакцией *В. Е. Волков*
Художественный редактор *Т. А. Хитрова*
Технический редактор *З. И. Сарвина*
Корректор *Е. А. Платонова*

ИБ № 2205

Сдано в набор 14.04.88. Подписано в печать 06.01.89. Г-27107.
Формат 60×90^{1/16}. Бумага офсетная. Гарнитура литературная.
Печать офсетная. Усл. п. л. 18,0. Усл. кр.-отт. 18,5. Уч.-изд. л.
17,33. Тираж 60 000 экз. Заказ 8-103. Цена 1 р. 30 к.
Изд. № 5/д-21.

Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР.
129110, Москва, Олимпийский просп., 22.

Книжная фабрика «Коммунист».
310012, Харьков, Энгельса, 11.