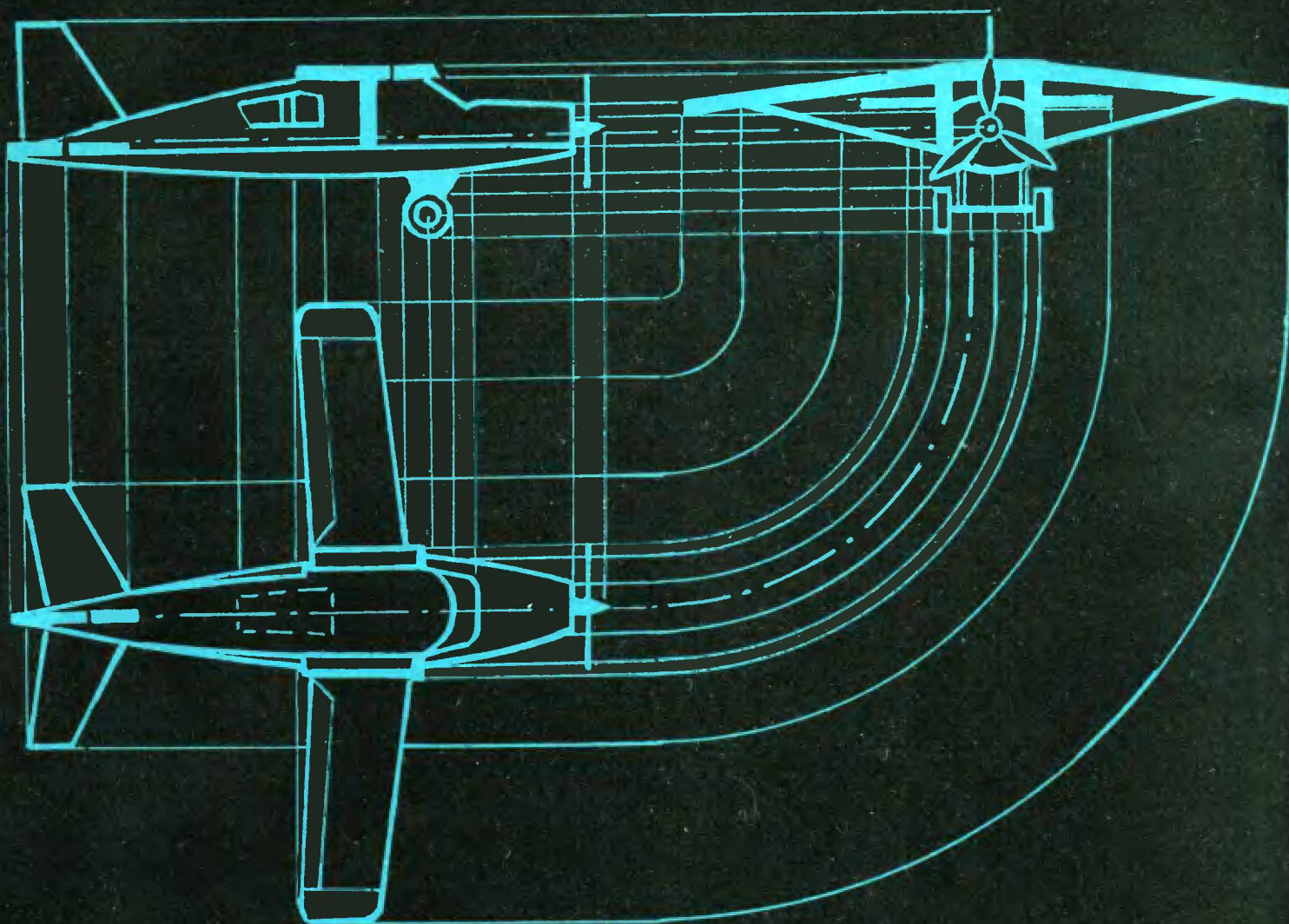


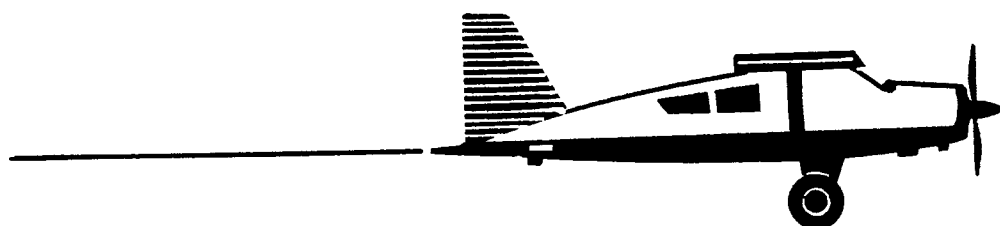
Б. В. ТАРАДЕЕВ

МОДЕЛИ- КОПИИ САМОЛЕТОВ



Б.В. ТАРАДЗЕЕВ

МОДЕЛИ- КОПИИ САМОЛЕТОВ



Москва
«Патриот»
1991

ББК 75.725
Т19

Рецензент *А. М. Ермаков*

Редактор *В. Н. Ионов*

Т19 **Тарадеев Б. В.**
Модели-копии самолетов.— М.: Патриот, 1991.—
239 с., ил.
3 р. 50 к.

Рассматриваются разработка конструкции и изготовление моделей-копий самолетов от простейших настольных макетов до летающих радиоуправляемых спортивного класса. Приводятся сведения из аэродинамики самолета и модели применительно к моделям-копиям. Публикуется ряд схем самолетов, пригодных для постройки любой модели-копии, а также рассказывается о приемах нилотирования кордовых и радиоуправляемых моделей.
Для авиамodelистов.

4204000000-043
Т 072(02)-91 53-91
ISBN 5-7030-0433-0

ББК 75.725
6Т5.5

© Тарадеев Б. В., 1991.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Занимаясь более пятидесяти лет авиамоделизмом, всегда отдавал предпочтение моделям-копиям. Изготавливая сам эти модели, а затем обучая молодежь, естественно, накопил немалый опыт в этом деле. Появилась потребность обобщить этот опыт и поделиться им с другими увлеченными тем же делом. После выхода в свет моей первой книги «Летающие модели-копии», где была описана разработка конструкции и изготовление только летающих моделей-копий спортивного класса, я получил много писем с вопросом о том, что же предшествует спортивным моделям-копиям, с чего начать и какова должна быть последовательность действий у начинающего всерьез авиамоделиста. Это заставило меня взяться за новую работу, в которой я попытался последовательно, от простого к сложному, рассказать о работе над моделями-копиями самолетов не только спортивного класса, но почти всех, которые можно построить, не обязательно преследуя цель участия в соревнованиях.

Спортивные соревнования охватывают всего два класса моделей — кордовые и радиоуправляемые, а в промежутке остаются модели нетрадиционные, с которыми не участвуют в соревнованиях, но эрудиции и фантазии при их создании требуется порой еще больше, диапазон конструкторской мысли еще шире, прикладное значение для развития технического творчества ребенка, да и взрослого человека, еще значительнее. Это помогает в жизни не только развить логическое техническое мышление, приобщиться к практическим навыкам овладения работой различным инструментом, технологией и материаловедением, но и существенно влияет на выбор профессии. За 40 лет руководства авиамодельными кружками «через мои руки» прошли сотни молодых людей, и я не помню, чтобы кто-то из них стал бесполезным членом общества: ни тот, кто работает слесарем, ни тот, кто защитил диссертацию.

Убежден глубоко и непоколебимо в великой воспитательной роли технического творчества, в формировании будущего высококлассного специалиста, ибо и сам, увлекшись авиамоделизмом в очень раннем возрасте, прошел путь от модели к самолету, и долгие годы, будучи военным летчиком, водил воздушные корабли.

Очень благодарен всем читателям, которые прислали мне письма с пожеланиями, вопросами и замечаниями. По мере возможности я постараюсь ответить на них этой книгой.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Человек всегда мечтал подняться в небо «как птица» и издревле пытался воплотить свою мечту. Двадцатый век стал веком бурного воплощения туманных мечтаний в явь. Авиация начала так быстро развиваться, что человечество не смогло сохранить многие подлинники этой сложной техники. Но многие образцы сохранились в музеях мира в виде уменьшенных макетов, дающих почти полное представление о прототипах.

Не каждый человек может построить «свой» самолет и летать на нем, хотя сейчас и широко начало развиваться самостоятельное самолетостроение. Энтузиасты нашли другой выход — изготавливать копии самолетов в уменьшенном виде — от макетов до летающих моделей, управляемых на расстоянии.

Каждый ребенок, осознав свое желание построить первую модель самолета, хочет, чтобы она была похожа именно на самолет, а не на что-то абстрактное, то есть можно сказать, что он хочет построить копию самолета. Это направление получило название «масштабное моделирование». Под этими словами подразумевается изготовление техники в уменьшенном масштабе. В зависимости от увлечения строят как нелетающие масштабные модели (макеты), так и летающие. По некоторым масштабным летающим моделям проводятся соревнования не только по подобию и точности изготовления, но и по подобию полета.

Так что же такое масштабное моделирование — забава, спорт или техническое творчество?

Для изготовления даже нелетающего масштабного макета необходимо владеть довольно большими практическими навыками работы по дереву, металлу, пластмассе, уметь работать как простым ручным инструментом домашнего набора, так и электрическим. Многие детали при изготовлении требуют применения станочного оборудования, а для этого необходимо умение на них работать и знать технологию обработки. В процессе отделки и окраски приходится иметь дело с различными клеями, грунтовками, шпаклевками и красками. Уметь с ними работать значит освоить приемы и способы нанесения их, знать их свойства.

Можно ли считать увлечение масштабными моделями забавой? В некоторой степени — да. Но к этому надо подходить с более широких позиций. Даже простое коллекционирование готовых фабрич-

ных макетов летательных аппаратов приводит человека к определенной системе, к изучению и познанию истории авиации, авиационной техники, летных достижений и людей, прославивших авиацию. Ведь многое в жизни начинается с детской забавы и игрушки, а перерастает в увлечение на всю жизнь.

И несомненно, изготовление летающих масштабных моделей самолетов является спортом, так как с ними проводятся соревнования по установленным правилам. Участие в соревнованиях требует не только высокого мастерства изготовления модели, подобной прототипу, но и большого эмоционального напряжения, связано с физическими и психологическими нагрузками. Если вы хоть раз побываете на соревнованиях, то уже не останетесь равнодушными к этому увлекательному виду спорта. Настолько точно в моделях воспроизводится подобие прототипу, а полет модели так сходен с полетом большого летательного аппарата, что трудно отличить — в воздухе модель или самолет. Особенно этот эффект характерен для моделей-копий, управляемых по радио, чем заинтересовались киностудии и различные организации. За последнее время создано несколько художественно-исторических фильмов, в которых при съемках использованы летающие модели-копии несохранившихся самолетов.

Основной целью изготовления масштабных моделей летательных аппаратов, как и вообще занятий техническим творчеством, надо считать приобщение как можно раньше к активному труду, творческой мысли и изобретательству. Современная и историческая авиационная техника в миниатюре — это целый мир развития технической мысли, открытий и изобретений, это своеобразное возвращение к нам людей, создавших и прославивших эту технику. От первой летающей модели с резиновым жгутом, построенной Пено, до современных реактивных сверхзвуковых самолетов прошло не так уж много времени, но оно вобрало в себя все передовые идеи науки, техники и производства.

Можно с уверенностью сказать, что появление первого самолета обязано модели. Как в начале эры развития авиации, так и в наше время изготовлению настоящего самолета предшествует изготовление его аэродинамического макета, а иногда и уменьшенного летающего образца. Даже сейчас, когда вычислительная техника позволяет с довольно боль-



Рис. 1. Подготовка к полету кордовой модели-копии самолета Ан-26



Рис. 2. На взлете кордовая модель самолета Ил-4



Рис. 3. Кордовая контурная модель самолета Як-18т

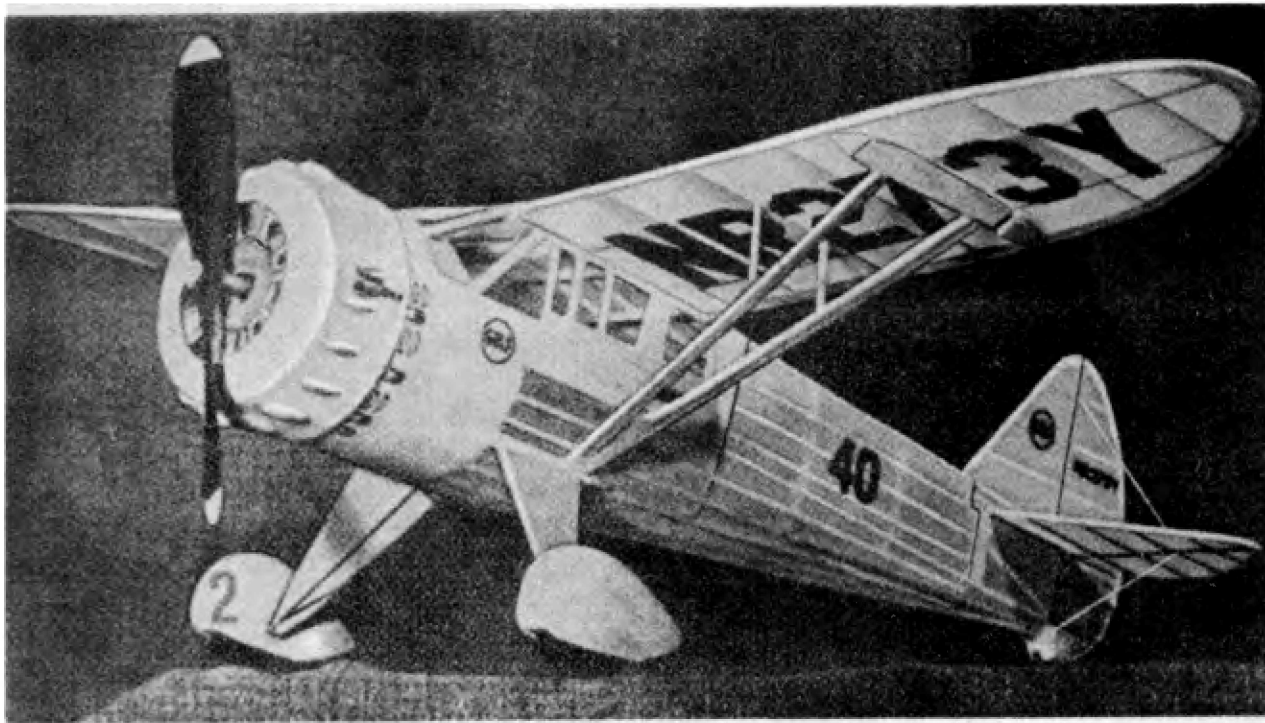


Рис. 4. Модель-копия свободного полета с механическим двигателем

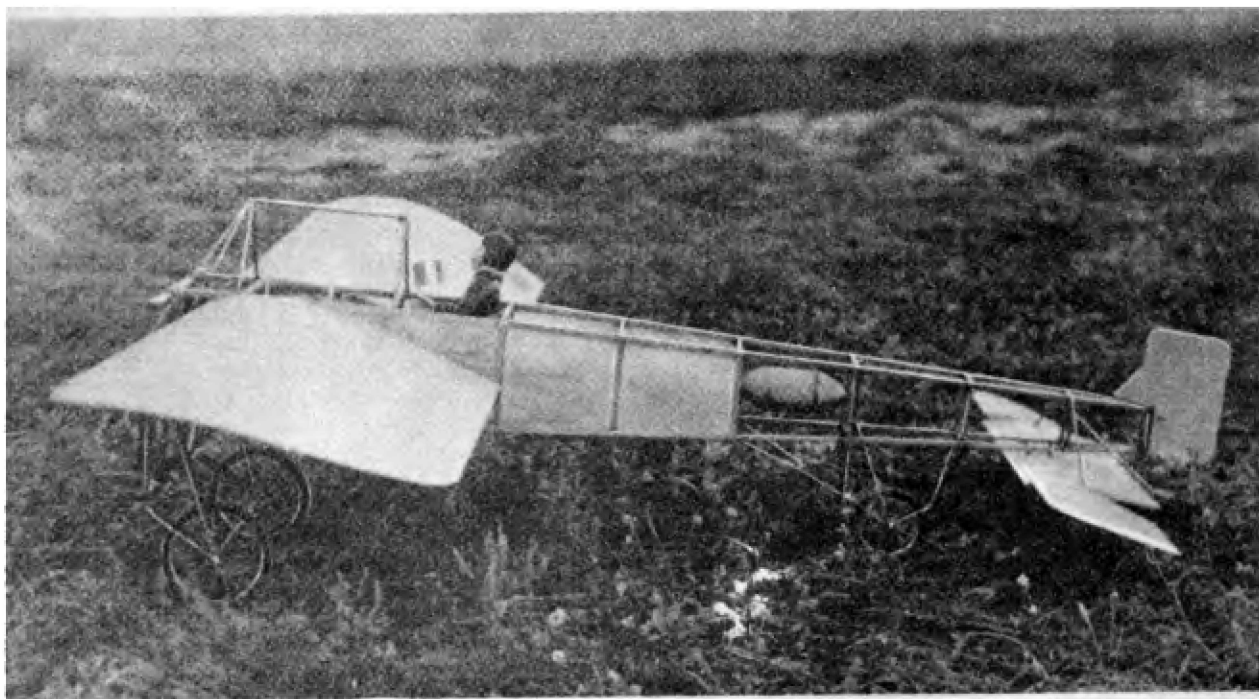


Рис. 5. Радиоуправляемая модель самолета Блерио XII

шой точностью рассчитать самолет и его летные характеристики, все же для окончательного подтверждения расчетных данных требуется изготовление и макетного образца.

Человек, увлекшийся изготовлением моделей-копий, постепенно готовит себя к серьезной инженерной, творческой работе на современном производстве. Особое развитие творческая мысль получает в занятиях по изготовлению летающих моделей-копий. Для того чтобы модель полетела, надо знать законы, по которым летает самолет и модель. Законы аэродинамики. Надо также знать элементарные положения сопротивления материалов и проч-

ностные расчеты. А если это радиоуправляемая модель, то необходимо знать и основы радиоэлектроники.

На ряде снимков (рис. 1—7) приведены модели-копии самолетов с различными двигательными установками, управляемые с помощью корды и по радио, а также модели свободного полета. Они так точно отражают выбранный прототип, что на фотографии порой трудно отличить их от самолета.

В последовательности от простого к сложному мы постараемся проследить все основные процессы изготовления моделей-копий самолетов.



Рис. 6. Подготовка к полету радиоуправляемой модели спортивно-пилотажного самолета Питтс-Специал



Рис. 7. Радиоуправляемая модель самолета Ан-3

МАКЕТЫ САМОЛЕТОВ

Во всех авиационных музеях мира вместе с сохранившимися натуральными экземплярами одних летательных аппаратов можно встретить и миниатюрные копии других исторических или современных, не сохранившихся по тем или иным причинам. Даже при очень большом желании организаторов и устроителей таких музеев невозможно собрать такое количество натуральных образцов, которое бы полностью отражало историю развития авиационной техники. Да и площади для этого понадобились бы огромные, не говоря уже о том, что хранение этих образцов представляет большую сложность. Поэтому в музеях преобладают подробно изготовленные образцы в миниатюре — макеты (рис. 8 и 9).

История авиационной техники настолько разнообразна и привлекательна, что многие увлекаются собиранием макетов летательных аппаратов. Во многих странах, в том числе и в нашей, это увлечение удовлетворяется в некоторой степени промышленным изготовлением и широкой продажей пластмассовых наборов в виде изготовленных деталей для склеивания и сборки макетов. Но ассортимент и качество не удовлетворяют настоящих любителей мастерить, увлекшихся историей авиационной техники. Они сами изготавливают для себя макеты летательных аппаратов и коллекционируют их по определенной тематике.

Что же такое макет летательного аппарата? Это в масштабе изготовленная нелетающая модель и, в зависимости от назначения, с большей или меньшей подробностью соответствующая оригиналу.

Условно макеты можно разделить на несколько групп: настольные, учебные, рекламные, музейные.

Настольные макеты наиболее упрощенные; их изготавливают в мелких масштабах, с небольшой точностью воспроизведения деталей, окрашивают, а иногда и не окрашивают, подобно прототипу. Как правило, такие макеты укрепляют на декоративных подставках под углами различных ракурсов полета.

Учебные макеты характеризуются большими масштабными отступлениями для изучения целиком прототипа или его части, которую изготавливают с максимальной подробностью и с действующими элементами.

К **рекламным макетам** можно отнести макеты, выполненные масштабно и рекламирующие целиком летательный аппарат, или изготовленные частично и немасштабно, но подчеркивающие то или иное техническое совершенство аппарата. К таким макетам можно отнести разрезные конструкции фюзеляжей пассажирских самолетов и вертолетов с оборудованными салонами, рекламирующими комфорт и удобства в полете.

Музейные макеты изготавливают с наибольшей точностью масштабного и детального воспроизведения. По этим макетам довольно точно можно судить о настоящем аппарате и применяемых материалах.

Изготовление макетов, в зависимости от их назначения, нельзя считать легким или трудным. Если настольный макет менее трудоемок и довольно прост в изготовлении, то музейный макет по трудоемкости и сложности изготовления не менее, а порой и более сложен, чем летающая модель-копия.

Сложность во многом зависит от тех навыков, которыми обладает человек, желающий изготовить макет. Масштаб изготовления музейного макета небольшой (1:5—1:20), а подробность нужна максимальная. Размеры отдельных деталей порою настолько малы, что требуется станочное оборудование для их изготовления. Срок хранения музейных макетов очень длительный, а значит, требуются совершенно иные материалы и покрытия, чем для настольных макетов. Окраска и маркировка на музейном макете должна точно и масштабно соответствовать прототипу, а это предъявляет особо высокие требования к мастерству изготовителя. Поэтому созданием музейных макетов занимаются моделисты-профессионалы. Это означает, что работают они в условиях производства и имеют в своем распоряжении очень большой набор станочного оборудования, большие возможности выбора способов и средств как изготовления, так и отделки. Но встречаются и отдельные любители, которые в мастерстве не уступают, а порой и превосходят профессионалов. Поэтому в разделе изготовления музейных макетов остановимся на приемах и способах, доступных для изготовления макетов любительской постройки при стремлении воссоздать макет в наибольшем приближении к оригиналу.

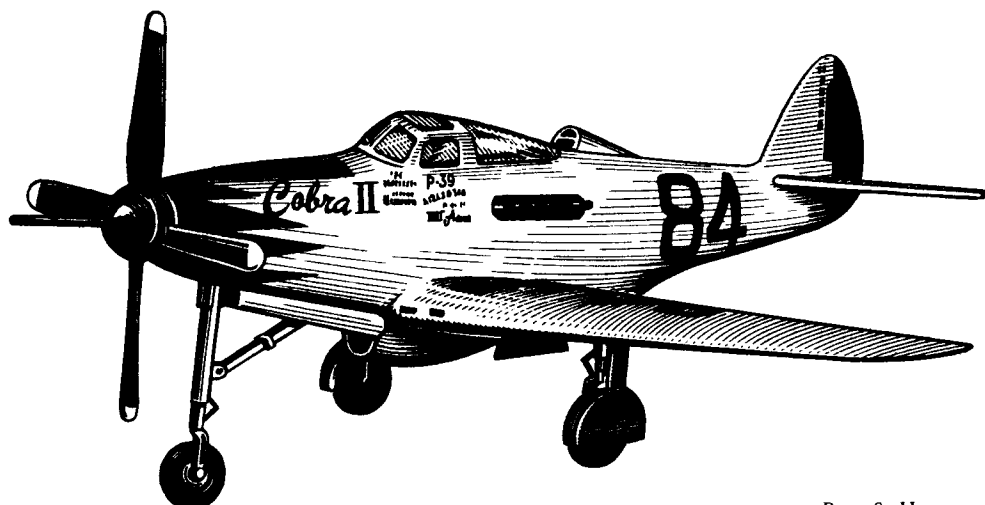


Рис. 8. Настольный макет самолета Кобра II

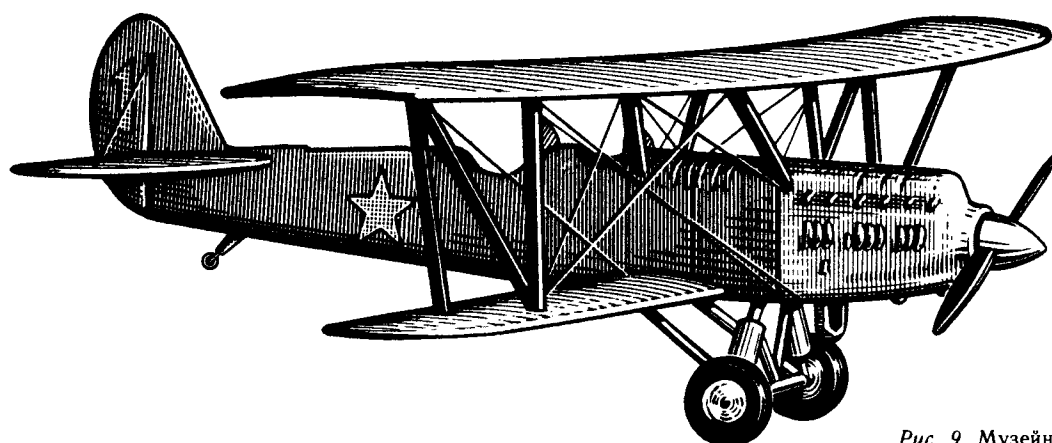


Рис. 9. Музейный макет самолета P-5

Настольные макеты

Начать изготовление макетов, не имея в этом практики, лучше всего с настольных, без мелких деталей и внутреннего оборудования кабины. Для этого может подойти прототип истребителя периода Великой Отечественной войны или простой современный спортивный самолет. В основном такие макеты изготавливают из дерева (липа, береза, ольха, осина), реже — из оргстекла и других пластмасс. Предпочтительнее для настольного макета использовать липу, так как она легко обрабатывается, не имеет резко выраженных слоев, хорошо шлифуется и склеивается любыми клеями. Но любая древесина, которую вы собираетесь применить, должна быть сухой, не иметь внутренних и внешних трещин, быть однородной по структуре. Надо избегать сучковатых мест, так как в этих местах ткань древесины имеет большую плотность и свилеватость слоев.

В работе над макетом желательно соблюдать следующую последовательность:

- подборка чертежей оригинала (прототипа), фотографий, схем и описаний;
- разработка рабочего чертежа в нужном масштабе;
- подготовка контрольных шаблонов;

подбор и заготовка материалов на отдельные части макета:

- изготовление фюзеляжа;
- изготовление крыла и хвостового оперения;
- изготовление кабины (кабин);
- изготовление посадочных устройств;
- изготовление винтомоторной группы;
- изготовление внешних надстроек (стойки, расчалки, раскосы и т. п.);
- стыковка отдельных частей и склеивание;
- подготовка поверхности к окраске;
- окраска и нанесение знаков;
- установка различных надстроек и посадочных устройств;
- изготовление подставки;
- укрепление на подставке.

В этой последовательности, в основном пригодной для изготовления макета любого назначения, рассмотрим работу над настольным макетом самолета.

Для разработки рабочего чертежа необходимо иметь достоверную документацию чертежа прототипа из официального источника (журнал, книга, техническое описание и т. п.) с детализировкой, необходимой для назначения макета.

Также нужны цветные фотографии или рисунки,

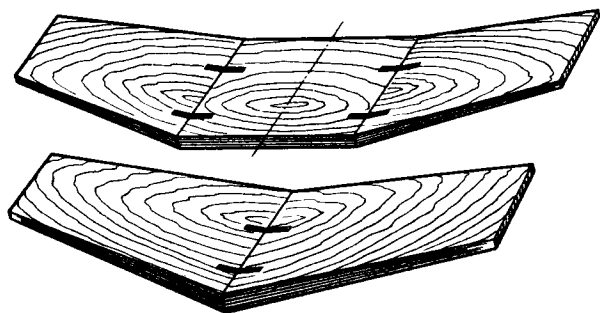


Рис. 10. Изготовление крыла макета с поперечным изгибом

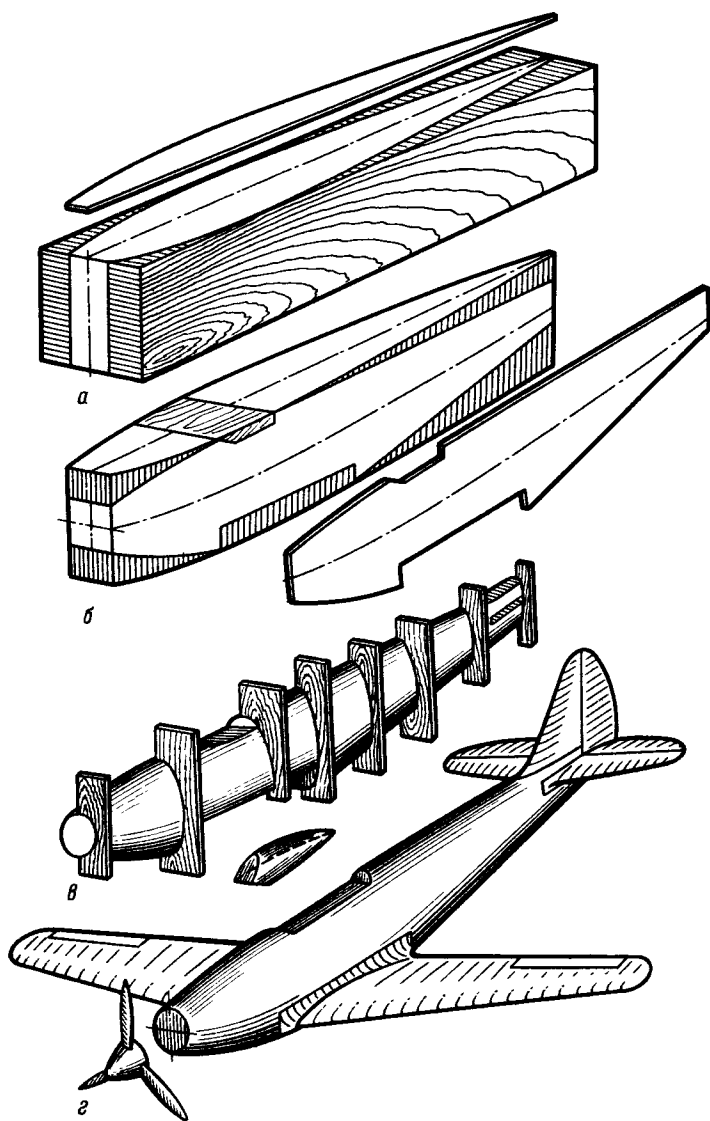


Рис. 11. Последовательность изготовления фюзеляжа из целого бруска

а при их отсутствии — описание раскраски и маркировки. Годятся синьки с чертежей или ксерокопии. Чем полнее документация, тем точнее можно изготовить макет.

Для рабочего чертежа макета используют обычно миллиметровую бумагу. Не обязательно придерживаться такого расположения, как на чертеже ориги-

нала. Можно вычертить на отдельных листах крупные части самолета (фюзеляж, крыло, хвостовое оперение), а около них более мелкие детали и сечения. Наиболее распространенные масштабы настольных макетов находятся в пределах от 1:75 до 1:20. Более крупные применяются редко, так как они занимают много места. В большинстве случаев чертеж оригинала из официального источника приходится увеличивать, реже — уменьшать. Иногда встречаются чертежи уже в нужном масштабе, и если чертеж оригинала не потребуется более одного раза, его можно использовать для изготовления шаблонов макета, переведя через копирку на фанеру или картон. Иногда делают макеты из прозрачного или цветного оргстекла без окраски. Такие макеты не столько отражают техническую сторону прототипа, сколько его сущность — стремительность, современность мысли и т. п. К примеру, современный реактивный истребитель, устремленный вверх, установленный на подставке и укрепленный на стреле в виде выходящих из двигателя выхлопных газов.

После изготовления рабочего чертежа делают шаблоны основных частей: шаблон фюзеляжа, вид сбоку и сверху, а также несколько контршаблонов характерных сечений фюзеляжа в местах изменения кривизны поверхности. Для крыла изготавливают шаблон одной половины при виде в плане и контршаблоны сечений крыла по хордам для контроля профиля, такие же шаблоны для стабилизатора, шаблон на киль с рулем поворота и контршаблоны сечений.

После этого приступают к заготовкам материала для изготовления отдельных частей. Если фюзеляж не будет с внутренним оборудованием кабины, то его делают из целого куска дерева. Сначала отпиливают и строгают брусок прямоугольного сечения с учетом длины фюзеляжа, его максимальной высоты и ширины.

Если крыло прямое и не имеет поперечных изгибов, то его тоже делают из целого куска дерева. Если же оно имеет поперечные изгибы, как говорят, поперечное V, то целесообразно крыло сделать из нескольких частей, склеив встык или шип по местам изгиба (рис. 10). С корневой стороны толщина пластины для крыла должна соответствовать максимальной толщине профиля корневого сечения, а на концах — максимальной толщине концевого сечения.

Так же заготавливают пластины для хвостового оперения. Если предполагается сделать макет самолета с двумя и более моторами, то нужны, кроме того, бруски для мотогондол, которые вырезают по шаблонам вида сбоку и сверху.

Изготовление фюзеляжа начинают с нанесения вида сверху (рис. 11). На виде сверху фюзеляж обычно симметричен от средней линии, поэтому можно пользоваться шаблоном одной его половины. Для точности изготовления наносят среднюю линию на брусок на верхней и на нижней плоскости. На обеих плоскостях вычерчивают по шаблону обвод фюзеляжа, а лишний материал сострагивают ножом или маленьким модельным рубанком. Проверив точность обвода фюзеляжа, его обрабатывают наждачной бумагой.

На боковые плоскости наносят строительную ось фюзеляжа, которая обязательно есть на чертеже

и должна быть на шаблоне. Совместив строительную ось на шаблоне с линией на боковой поверхности бруска, прочерчивают обвод фюзеляжа на обеих боковых плоскостях. По рисунку фюзеляжа срезают лишний материал, а затем обрабатывают наждачной бумагой, контролируя боковым шаблоном.

Теперь надо придать фюзеляжу обводы по сечениям. Для контроля понадобятся шаблоны сечений. Но у этих шаблонов вырезают ту часть, которой является фюзеляж, — это так называемые контршаблоны. Срезая сначала на глаз излишки материала, контршаблон периодически прикладывают по месту. При правильной обработке он должен плотно прилегать к фюзеляжу, а обрез контршаблона должен совпадать со средней линией фюзеляжа при виде сверху и снизу. Последовательность обработки фюзеляжа инструментом такова: вначале грубо снимается лишний материал ножом или рубанком; по мере приближения к точности обработку ведут крупной шкуркой, а в конце мелкой.

Если же вы решили, что фюзеляж будет иметь внутреннее оборудование кабины (кабин), то необходимо его сделать полым внутри хотя бы в местах кабин. Последовательность подготовки и изготовления тогда будет несколько иной — фюзеляж делают из нескольких частей, количество которых зависит от конструкции прототипа и расположения кабин.

Наиболее простые фюзеляжи можно сделать из двух частей. Разъем этих частей делают по оси симметрии, вертикальной или горизонтальной. Для этого выстрагивают две дощечки с небольшим припуском по длине, высоте и толщине. Если разъем располагают по вертикальной плоскости, толщина одной дощечки должна быть равна половине максимальной толщины фюзеляжа с припуском 1—2 мм. Эти две дощечки временно соединяют или на штырьках по внутренней плоскости, или клеем через плотную бумагу. Сначала делают обработку так же, как описано выше. Закончив обработку, всю внешнюю поверхность 2—3 раза покрывают жидким (разбавленным на 50%) эмалитом, прошкуривая после полного высыхания каждого слоя мелкой шкуркой для удаления ворса. После этого половинки осторожно разъединяют, а остатки бумаги на ровной шкурке удаляют для сохранения плоскости соединения.

Стамесками выдалбливают в обеих половинках нужные места, оставив стенки толщиной 1—2 мм. После зачистки шкурками и грунтовки эмалитом (так же, как и внешнюю поверхность) видимые снаружи места окрашивают в нужные цвета. После высыхания краски обе половинки склеивают, следя за тем, чтобы не было смещения. До склеивания надо продумать необходимость установки некоторых деталей оборудования кабины, которые невозможно будет установить после склеивания. К примеру, приборные доски, сиденья, различные рычаги управления на бортах, педали, поскольку после склеивания подступиться к этим деталям будет трудно.

После высыхания клея в швах соединения половинок весь фюзеляж и, особенно, шов склейки тщательно прошкуривают для удаления выступов и наплывов клея. Окончательное изготовление фюзеляжа производится после подгонки крыльев,

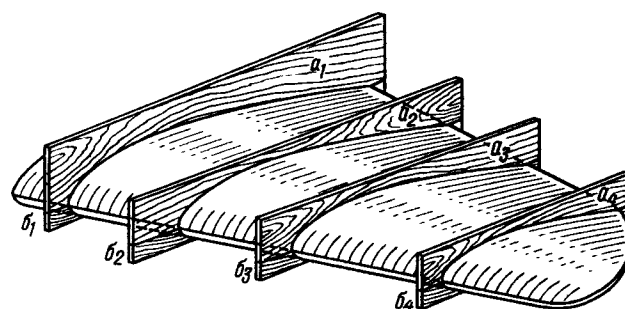
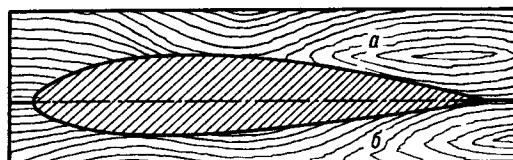


Рис. 12. Контроль профиля крыла контршаблонами:
а — верхний контршаблон; б — нижний контршаблон

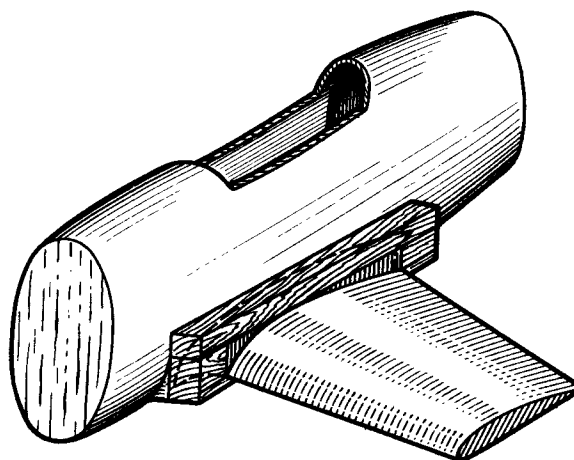


Рис. 13. Изготовление зализа крыла

хвостового оперения, кабины, различных надстроек и посадочных устройств, а для этого их надо тоже изготовить.

В зависимости от конструкции прототипа по-разному стыкуют крылья и хвостовое оперение с фюзеляжем. На простых конструкциях крыло врезают в фюзеляж по месту расположения и после придания крылу формы и профиля приклеивают. Профиль крылу и хвостовому оперению придают до установки на место (рис. 12), а после приклеивания формируют зализы, если таковые имеются. Зализы на таких макетах выполняют путем приклеивания дополнительных пластинок дерева в местах стыковки уже приклеенных крыла и хвостового оперения (рис. 13). Плавный переход выполняют полукруглыми стамесками, а затем доводят шкурками, наклеенными на круглые палочки или трубочки.

Если есть возможность, то на макете делают полную подготовку к окраске, а окраску производят до стыковки отдельных частей, так как красить собранный макет всегда труднее. Но макеты таких прототипов, как истребители времен Великой Отечественной войны и спортивные самолеты, представляющие собой монопланы с минимумом внешних

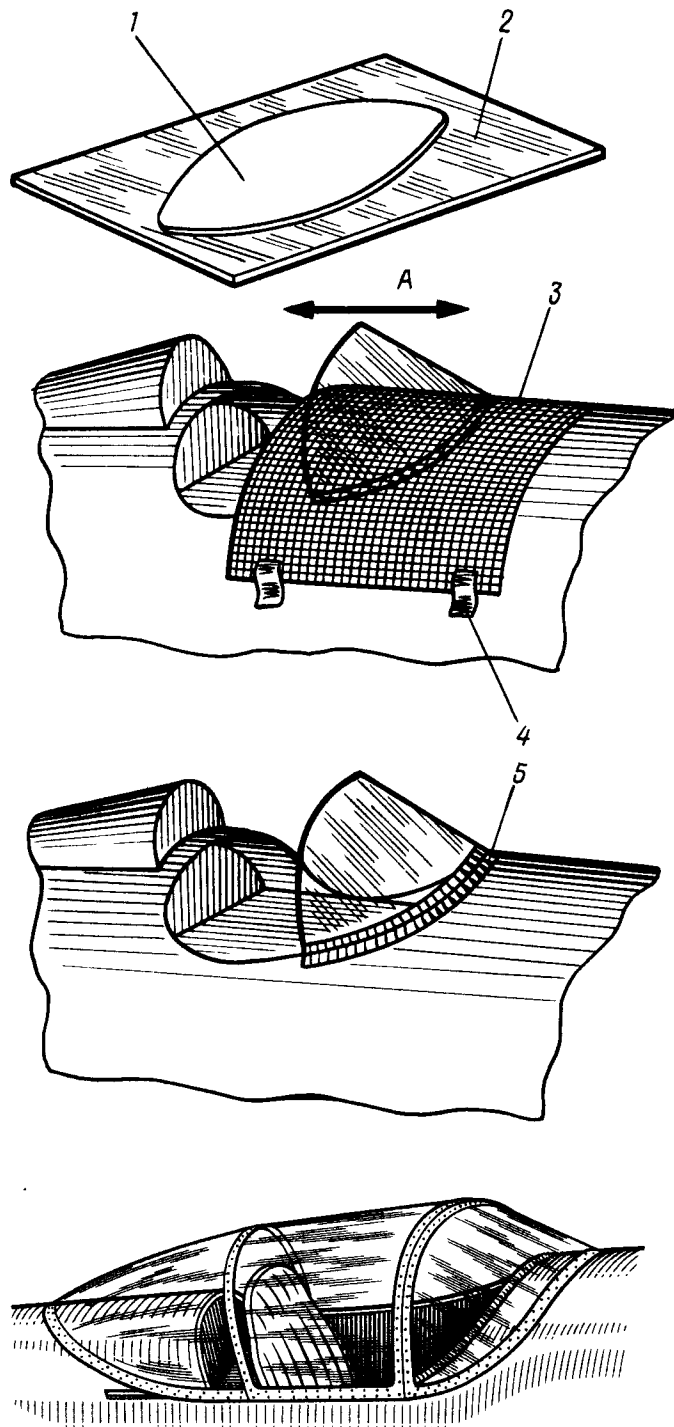


Рис. 15. Кабина, выдавленная с помощью матрицы и пуансона

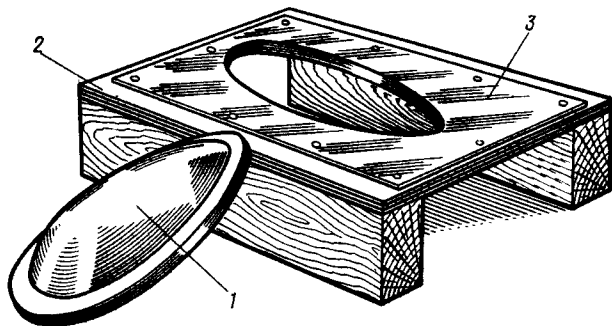


Рис. 16. Приспособление для выдавливания целиковой кабины

Рис. 14. Изготовление и установка козырька открытой кабины:

1 — шаблон; 2 — оргстекло; 3 — наждачная бумага; 4 — липкая лента; 5 — полоска из материи; А — направление движения при подгонке

надстроек, можно красить в полностью собранном виде. В отличие от них макеты исторических самолетов типа бипланов с различными стойками и расчалками красить в собранном виде невозможно. Надо продумать такую стыковку отдельных деталей (крыльев, хвостового оперения, шасси и т. д.), чтобы можно было их установить после полной окраски и нанесения знаков.

Кабины прототипов так же разнообразны, как и сами прототипы. Если не преследовать цель оборудования кабин, то кабину можно изготовить из целого куска оргстекла соответствующего размера. После подгонки по месту и перед приклеиванием кабину следует отполировать и рисками нанести раскрой.

У открытых кабин делают передние козырьки из тонкого оргстекла или прозрачного целлулоида. Для этого из плотной бумаги или тонкого картона вырезают выкройку по форме козырька (рис. 14). Сгибая по форме козырька и прикладывая по месту установки на фюзеляже, уточняют очертание выкройки, а затем ее накладывают на оргстекло или целлулоид и острой иглой обводят контур. Осторожно резакон или лобзиком выпиливают козырек. После этого подготавливают болванку по форме кабины и обдавливают разогретый до пластичности козырек по ней, совмещая с рисунком на болванке.

На фюзеляже по месту установки козырька укрепляют липкой лентой шкурку средней зернистости и движением вперед-назад притирают козырек, двигая его под углом установки. При установке на фюзеляж козырек должен плотно прилегать. Приклеивают козырек только когда поверхность фюзеляжа будет полностью подготовлена к окраске.

Установив козырек на место, его в нескольких местах укрепляют узкими полосками липкой ленты. Если фюзеляж имеет нитропокрытие, остроконечной кисточкой, смоченной в ацетоне, быстро проводят по шву соединения и дают высохнуть. Сняв ленточки крепления, вырезают полоску тонкой материи и на стекле пропитывают жидким эмалитом. Вырезают из этой ленточки полоску по контуру окантовки крепления козырька, прикладывают на место и смачивают ацетоном так же, как при приклеивании козырька. Перед окраской козырек с обеих сторон закрывают липкой лентой.

Более сложно произвести остекление кабин с воспроизведенным оборудованием, которое должно просматриваться (рис. 15). В данном случае всю кабину выдавливают из прозрачного оргстекла толщиной 0,5—1,0 мм с помощью матрицы и пуансона путем нагревания оргстекла до пластичности (рис. 16).

Пуансон вырезают из бруска липы или березы по форме кабины, но по размерам меньше на толщину оргстекла, а по высоте — с припуском на 5—10 мм. В матрице делают вырез по форме основания кабины, но по размерам больше основания пуансона на толщину оргстекла. Матрицу укрепляют на брусках, которые на 10 мм выше пуансона.

Пуансон основанием укрепляют на фанере толщиной 5—10 мм и с припуском 10 мм по всем сторонам основания.

Лист оргстекла, размеры которого больше по всем сторонам выреза матрицы на 3—5 см, разогревают над плиткой до пластичности, быстро накладывают на матрицу и пуансоном надавливают до упора. Причем пуансон следует предварительно хорошо натереть стеарином (свечкой) и растереть шерстяной тряпочкой, тогда он лучше будет скользить по оргстеклу. А после остывания стеарин удаляют с оргстекла ваткой, смоченной в бензине Б-70.

Иногда никак не получается ровная вытяжка оргстекла, появляются в некоторых местах складки. Для избежания этого лист оргстекла укрепляют на матрице по краям гвоздиками через заранее просверленные в листе отверстия. Прибивать надо очень осторожно, чтобы оргстекло не потрескалось. После этого производят нагревание со стороны наложенной пластины вместе с матрицей. В результате того что там, где имеется отверстие в матрице, оргстекло разогреется до большей пластичности, а где поле матрицы — до меньшей пластичности, кабина вытянется без морщин.

Настольные макеты, прототипы которых были с убирающимся шасси, как правило, оставляют без шасси, так как макет устанавливают на подставке в виде летящего самолета. При таких конструкциях прототипов шасси в убранном положении закрывались щитками или створками и составляли единое целое с крылом, фюзеляжем или мотогондолами. Достаточно после окраски нанести контур этих створок, чтобы создать полный эффект убранного шасси.

Особое внимание следует обратить на изготовление винтомоторной группы. Если это макет реактивного самолета, то больших трудностей не возникает: достаточно выхлопную часть двигателя сделать полый внутри и уже некоторое подобие обеспечено. Не встречается больших трудностей при воспроизведении винтомоторной группы прототипов с двигателями жидкостного охлаждения или воздушного охлаждения, но полностью закапотированными. Достаточно потрудиться над различного рода воздухозаборниками, жалюзи или шторками, и подобие получится хорошим. Гораздо сложнее с прототипами, имеющими звездообразные двигатели воздушного охлаждения, частично или полностью открытые. Но настольные макеты таких самолетов делают редко, так как имитация такого двигателя — слишком мелкая и точная работа, требующая большого мастерства. Поэтому о такой работе будет рассказано в разделе, посвященном музейным макетам.

Возникает еще одна проблема — воздушный винт на настольном макете. Здесь надо придерживаться следующего правила:

если макет будет установлен на такой подставке, которая предназначена отразить стремительность полета, то лучше вместо винта установить диск из прозрачного оргстекла по диаметру винта, подчеркивая ометаемую винтом плоскость, или вообще не ставить винт, сделав лишь кок комлевой части, если таковой был на прототипе (у настоящего самолета вращающийся винт не виден);

если макет будет установлен на подставке, имитирующей взлетное поле, а самолет не в движении, то делают воздушный винт, как у прототипа.

Настольные макеты делают с минимумом внешних надстроек, то есть только с теми, которые при этих масштабах хорошо выражены и придают вид, характерный данному прототипу, например, наружные антенны, трубки пито, противовесы рулей, воздухозаборники и т. п. Некоторые детали укрепляют в последнюю очередь (закончив окраску всего макета).

После изготовления отдельных деталей и стыковки основных частей наступает момент подготовки макета к окраске. От того, насколько тщательно и правильно макет будет подготовлен к окраске, зависит, в конечном результате, весь общий вид макета. Иногда средне изготовленные, но хорошо подготовленные и окрашенные макеты смотрятся довольно прилично. Бывает и наоборот — хорошо и с большой подробностью изготовленные макеты при плохой подготовке и небрежной окраске не имеют вида.

Подробнее о подготовке к окраске будет рассказано в разделе музейных макетов, а сейчас остановимся на вопросе о подставке для макета. Не относитесь к подставке как к чему-то второстепенному. От подставки зависит смотровой эффект макета, отражение сущности вашего замысла.

Подставку можно изготовить из очень различных материалов — от простого куска фанеры до декоративного камня. Наиболее простые и распространенные подставки, которые делают начинающие моделисты, представляют собой площадку из дерева какой-либо эстетически оправданной формы, на ней под углом укреплен стрел, а на конце стрелы — макет. Такая подставка или покрывается бесцветным лаком, подчеркивающим структуру дерева, или окрашивается в какой-либо цвет. В этом должен проявляться художественный вкус и фантазия моделиста. Определенного рецепта в этом не может быть и надо исходить из концепции назначения прототипа, характера его положения на подставке и материала подставки.

Часто площадку из древесины раскрашивают под взлетное поле (бетонка, травяной покров, выбитый колесами грунт) с прозрачной стрелой из оргстекла и укрепленным на конце макетом. Такое сочетание дает эффект взлетевшего самолета. Иногда макет на стреле закрепляют шарнирно, чтобы можно было менять положение макета, это дает возможность подобрать наиболее эффектный ракурс.

Избегайте для настольных макетов делать подставку в виде пепельниц или других бытовых предметов — это портит общий вид макета.

Не будем останавливаться на учебных и рекламных макетах, так как это специальные макеты, которые для любительского изготовления мало приемлемы. Кроме того, зная технологию изготовления музейного макета, можно без особого труда изготовить как учебный, так и рекламный макеты.

Музейные макеты

Эти макеты требуют достаточно профессионального подхода на всех этапах изготовления, большего мастерства и более глубоких знаний работы различным инструментом и с различными материалами, чем настольные макеты. Здесь не ставится

цель дать все профессиональные рекомендации — это невозможно, так как каждый мастер-макетчик обладает своими индивидуальными приемами и подходами к изготовлению таких макетов. На производстве часто бывает узкая специализация в изготовлении. Так, работу с деревом ведет один специалист, с металлом — другой, а отделкой и окраской занимается третий.

В любительской практике все приходится делать одному. Об этом следует помнить тому, кто, увлекшись изготовлением макетов, возможно, со временем пожелает создать свой домашний музей по выбранной тематике или проявит инициативу и в содружестве со своими единомышленниками захочет открыть, скажем, тематическую выставку. Ведь именно в этих случаях требуется изготовить макеты уже на более высоком уровне и с большей точностью, чем простой настольный макет.

В последнее время у коллекционеров появилась возможность не полностью строить макеты, а склеивать их из наборов фабричного изготовления. Но, во-первых, появление наборов различных макетов до сих пор не дает широкого выбора, а, во-вторых, собрать и окрасить такой макет не так просто, как кажется с первого взгляда. Помимо «декальки» для надписей и знаков, а также краски есть и инструкция с описанием приемов склейки и покраски. Однако лишь в руках мастера, умеющего самостоятельно изготовить макет полностью, а не выполнить отдельную операцию, пластмассовый сборный макет приобретает законченный, смотровой вид.

Зная приемы изготовления музейных макетов и имея опыт, можно создать макет, который полностью даст представление о прототипе и его особенностях.

Все, что говорилось ранее о настольных макетах, относится и к музейным макетам. Но музейный макет необходимо изготовить с большими подробностями, на более высоком уровне, а для этого надо знать и уметь работать с большим набором инструментов, материалов и красителей. Соответственно и чертеж прототипа для такого макета должен быть проработан более детально, его должны дополнять не только фотографии общего вида, но и отдельных характерных узлов и деталей. На основании этого чертежа готовят и более подробный рабочий чертеж макета.

Масштаб музейного макета лежит в пределах от 1:20 до 1:5, то есть более крупный, чем масштаб настольного макета. В некоторой степени это облегчает изготовление макета, так как детали тоже становятся крупнее. Но из-за необходимости детализации он очень усложняется.

При больших масштабах видны не только внешние детали, но и многие внутренние (оборудование кабин, узлы подвески рулей, раскрой обшивки, крепление листов обшивки и зализов), а также материалы, из которых были изготовлены отдельные узлы и детали. Поэтому обычно материал приходится имитировать, причем очень достоверно. В тех случаях, когда имитировать не удается, детали выполняются из того же материала, что и на прототипе, а это увеличивает трудоемкость.

Если всмотреться во многие прототипы, то нетрудно убедиться, насколько разнообразны материалы, применявшиеся в самолетостроении в течение его относительно короткой и бурной истории. Первым

основным конструкционным материалом для авиации была древесина. Для обшивки аппаратов применялась фанера и полотно. Лишь при усилении конструкции находил применение и металл. С дальнейшим развитием авиации все большее место стал занимать «крылатый» металл — алюминий. Появились цельнометаллические конструкции с жесткой обшивкой из алюминия и его сплавов. И, наконец, в наши дни металл нового качества — титановые сплавы и композитные материалы на основе органических тканей и смол.

Большое разнообразие конструктивных материалов и технологий их обработки ставят определенные трудности в изготовлении миниатюрных копий летательных аппаратов. Но зная приемы воспроизведения тех или иных конструкций, можно создать макет, который очень точно будет отражать не только конструкцию прототипа, но и материалы, примененные при его изготовлении.

Наиболее наглядно использованные материалы в конструкциях отражают фюзеляжи самолетов. В начале эры авиации они имели наборную конструкцию из дерева с металлическими усилениями (уголки, узлы, расчалки) в местах нагрузок и полотняной обшивки, а порой и без обшивки.

Воспроизвести фюзеляж с жесткой обшивкой не сложно. Здесь принцип изготовления подобен настольному макету. Но если фюзеляж имеет наборную конструкцию, обшитую или не обшитую полотном, или частично обшитую фанерой (жесткая обшивка), а частично обтянутую полотном (мягкая обшивка), необходимо на макете это четко отразить. Взяв, к примеру, самолет Л. Блерио XI «Ла Манш» (рис. 17 и 18), который имел наборный фюзеляж, частично обшитый полотном, а частично вообще ничем не обшитый. Для опытного моделиста ясно, что здесь придется пойти по пути изготовления наборного фюзеляжа из сосновых реек и проволочных расчалок. Имитировать такую конструкцию ничем не удастся.

Другое дело, самолеты периода 30—40-х годов, когда уже широко применялась конструкция фюзеляжей со смешанной обшивкой: часть фюзеляжа обшивалась фанерой, а часть — полотном, где просматривался внутренний силовой набор, причем различные капоты и лючки изготавливали из дюралюминия. Жесткую обшивку имитировать проще, но там, где мягкая обшивка, надо сделать или очень достоверную имитацию, хоть это довольно сложно, или настоящую мягкую обшивку.

Если изготавливать макет из дерева по принципу настольного (долбленный), но прототип имел частичную мягкую обшивку, то ее можно воссоздать следующим приемом.

Фюзеляж обрабатывают по внешнему контуру и карандашом размечают места мягкой обшивки. Сняв слой древесины в этом месте на 2—3 мм, обшивку утапливают в тело фюзеляжа. Намечают места продольных стрингеров и наклеивают рейки толщиной 1—3 мм и высотой на 1 мм больше, чем углубление. Пользуясь контршаблонами и шкуркой, доводят в этих местах размеры до нужных очертаний фюзеляжа. Места мягкой обшивки оклеивают полотном с мелкой структурой, например эксельсиором или мадаполамом.

При оклеивании пользоваться лучше уже проверенными тканями и клеями. Если ткань дает за-

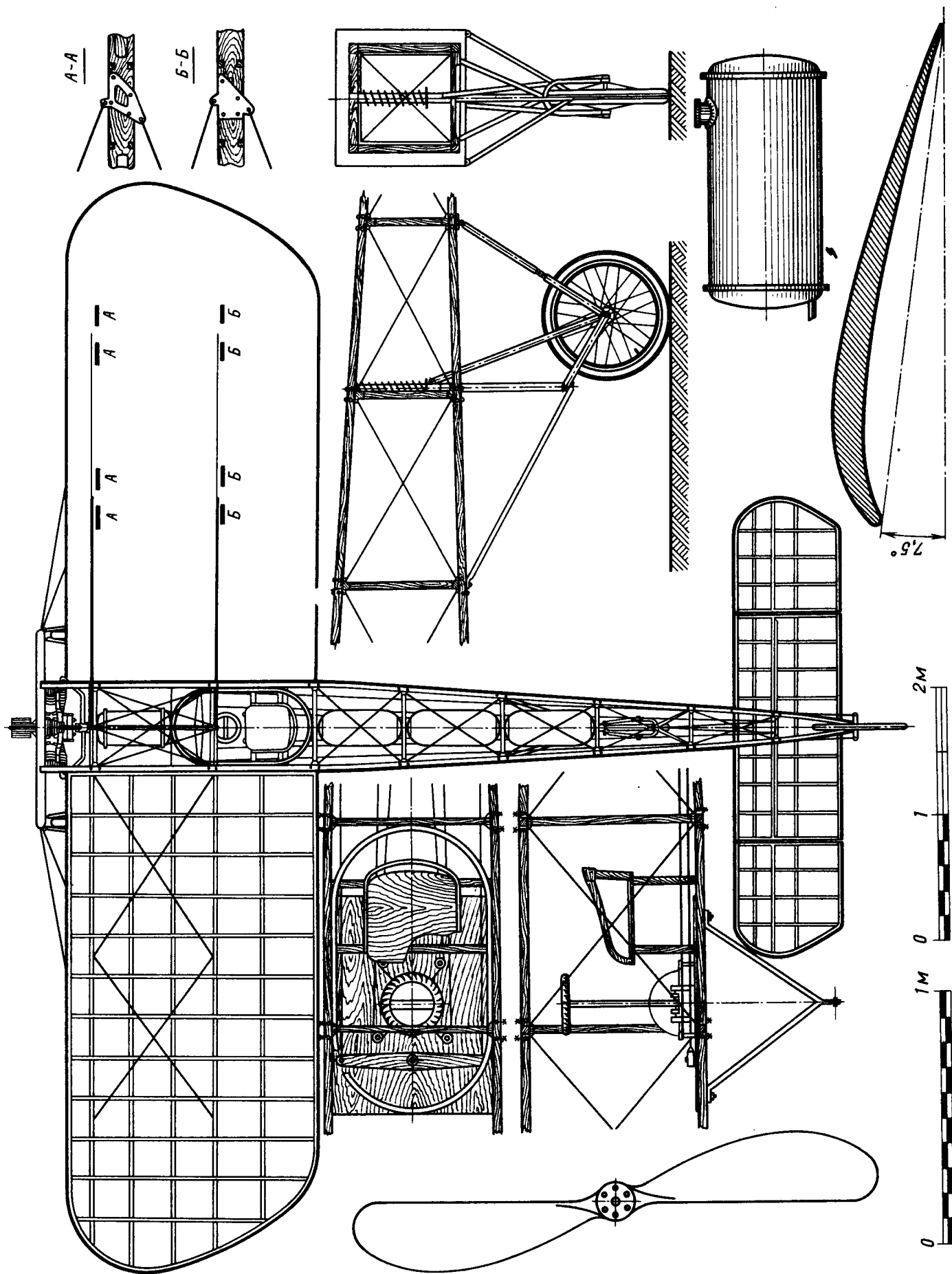


Рис. 17. Схема самолета Блерио XII «Ла Манш»

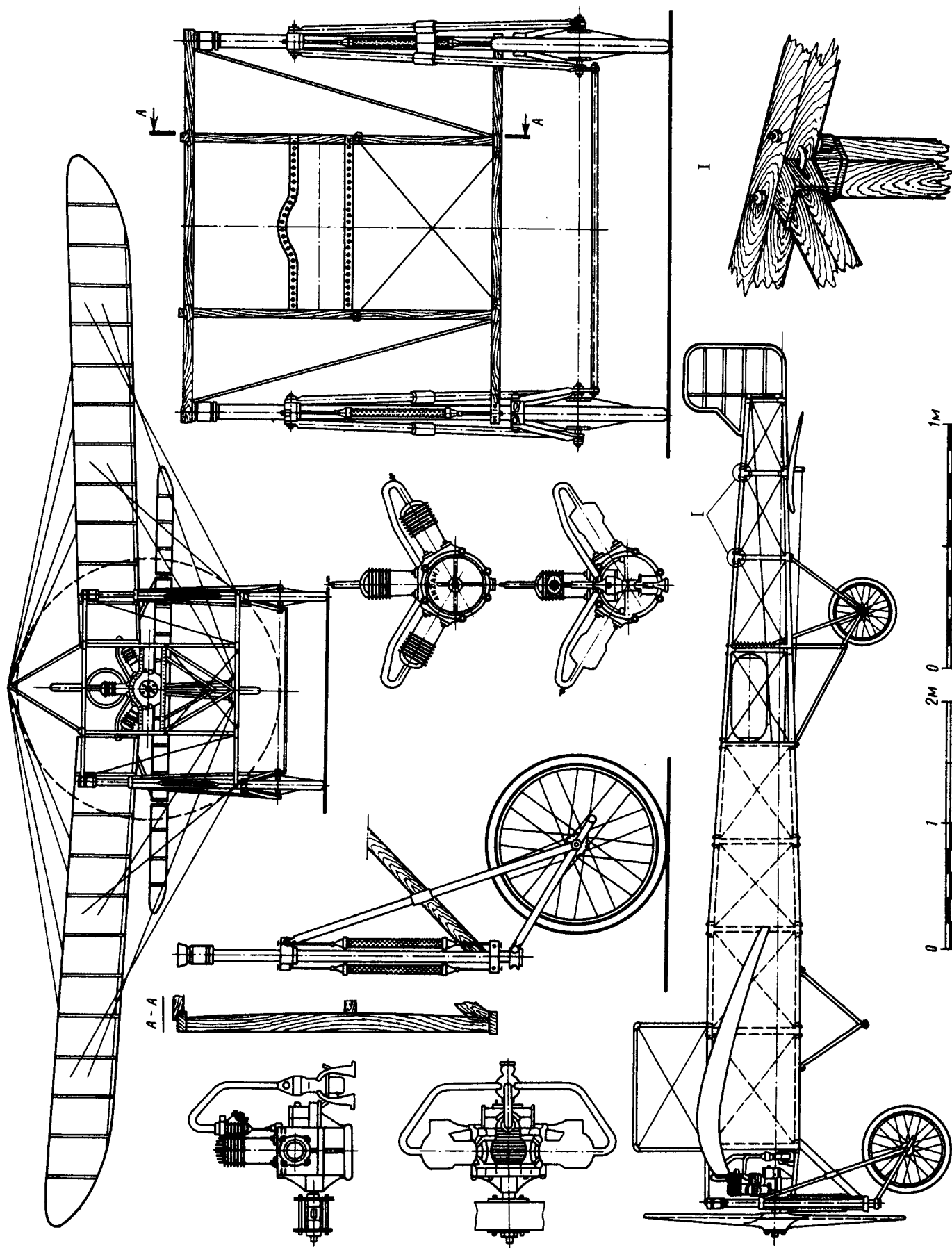


Рис. 18. Схема и детали самолета Блерио XII «Ла Манш»

метную усадку от воды, то клеить можно казеиновым клеем. Кусок ткани нужного размера положите на стекло и пропитайте казеиновым клеем густоты жидкой сметаны (1 г порошка на 3 г воды). Ровной целлулоидной пластинкой с небольшим нажимом приглаживают ткань и удаляют излишки клея. Сняв ее осторожно со стекла, накладывают по месту на фюзеляже. Натягивая по краям, укрепляют булавками и пальцем проглаживают по местам приклеивания. После высыхания клея излишки ткани удаляют, а поверхность без нажима слегка прошкуривают. Такая оклейка хорошо имитирует мягкую обшивку, но требует осторожного обращения, так как в местах прогибов, если надавить, остается неустраняемая вмятина.

Более надежна оклейка на эмалите. Для этого нужную заготовку ткани с припуском на сторону в 2—3 см натягивают на деревянной рамке и два-три раза пропитывают эмалитом, разведенным на 50%, из распылителя. Кистью это делать нельзя, так как обязательно будут неустраняемые подтеки. После высыхания ткани вырезают заготовку нужного размера и очертаний, накладывают на место и укрепляют булавками. Мягкой кистью с острым пером, смоченной в ацетоне, проводят по месту, где плотно должно быть приклеено. Предварительно фюзеляж в этих местах тоже два-три раза должен быть промазан эмалитом. В данном случае неосторожные вмятины легко устраняются смачиванием в этих местах ацетоном с помощью мягкой кисточки — эмалит, высыхая, натягивает ткань.

Какие материалы применять для мягкой обшивки, решают самостоятельно в каждом конкретном случае. На какой-либо условной конструкции делают пробное оклеивание одним из способов и решают вопрос пригодности той или иной ткани. Современные ткани надо обязательно пробовать из-за большого разнообразия синтетических тканей с неизвестными свойствами. Есть ткани, которые не дают усадки ни от воды, ни от эмалита, а есть ткани, которые растворяются ацетоном, а частично и эмалитом. Иногда это свойство можно использовать. Так, некоторые капроновые ткани под воздействием эмалита немного растворяются, ослабляя обшивку, но после высыхания дают большую усадку и хорошо натянутую поверхность.

Металлические лючки можно изготовить из алюминия, но можно и имитировать раскроем, если они должны быть окрашены. Крашенные капоты двигателя и различные обтекатели, выполненные на прототипе из алюминия, нет необходимости на макете делать тоже алюминиевыми. Если они не должны открываться, можно их изготовить из дерева и покрасить.

Но иногда ставится цель показать на макете и разъемные конструкции, где наглядно виден материал изготовления. В таком случае капот или лючок надо изготовить из достоверного материала. Придется освоить специальность жестянщика, так как эти детали, особенно с переменной кривизной поверхности, требуют применения выколотки или огибания по изготовленной форме.

На фюзеляже и капотах могут быть различные замки, ушки крепления, заклепки, винты и другие мелкие детали, которые хорошо видны и после окраски. Если делать натуральные заклепки на каком-либо капоте, где насчитывается их до сотни

штук, то это невыносимо трудоемкая работа. Чтобы избежать ее, заклепки имитируют или краской (на крашенных капотах), или специальной насечкой. К примеру, надо имитировать заклепку с полукруглой головкой (такие часто применялись в 30—40-х годах). Тогда поступают следующим образом: после подготовки детали к окраске на места заклепок притупленной иглой наносят точку густой краской, по цвету немного темнее, чем будет окрашена деталь. Дают просохнуть краске в течение 5—6 суток, затем окрашивают деталь из распылителя. Краска ляжет ровным слоем, а выпуклости обозначатся и будут имитировать заклепку.

В поздних конструкциях применялись потайные заклепки, но при масштабах 1:10 — 1:5 они все же просматриваются, особенно хорошо на обшивках из алюминия и неокрашенной поверхности. Если на макете обшивка из алюминия имитируется краской, то для обозначения заклепок делают приспособление в виде трубочки с внешним диаметром 0,8—1,0 мм и остро заточенными краями. Желательно трубочку нагревать до температуры 60—80° С, для чего через асбест наматывают кусок нихромовой проволоки от плитки, подобрав напряжение через регулируемый трансформатор так, чтобы спираль, нагреваясь, разогревала и трубочку.

Разметив на детали карандашом места заклепок, легким кратковременным прикосновением трубочки обозначают заклепку. Для этой операции необходим большой навык, поэтому предварительно лучше потренироваться на каком-либо ненужном изделии с подобным покрытием. Прикосновение трубочки должно быть перпендикулярным поверхности, иначе окружность пропечатается не полностью. Время прикосновения и усилие отрабатываются постепенно.

При меньших масштабах макета таким же способом наносят имитацию заклепок, но не трубочкой, а притупленной иглой. Очень сложно без специального приспособления нанести заклепки с определенным одинаковым расстоянием (шагом) между ними. Одно из таких устройств представляет собой выточенный из железа или латуни диск с впаянными по окружности трубочками, расстояние между которыми равно шагу между заклепками (рис. 19). Диск подвижно укреплен на ручке. На изделии накладывают линейку и диск передвигают вдоль нее с нажимом. Вращаясь, диск трубочками вдавливаясь в краску и оставляет след с равными промежутками. При меньших масштабах на диске укрепляют не трубочки, а притупленные иглы. Поскольку нанесение производят без нагрева, то необходимо так отработать усилие при надавливании, чтобы оставался слегка заметный след, а краска не продавливалась.

Если в местах сочленения фюзеляжа с крылом и хвостовым оперением на прототипе имелись различные зализы, а на отдельных деталях обтекатели, то они, как правило, были съемными, выполнялись из алюминия и крепились винтами или шурупами. На макетах, где не предусмотрена съемка этих зализов и обтекателей, их вырезают из дерева, окрашивают вместе с макетом и размечают раскроем. Винты или шурупы имитируют таким же способом, как и заклепки, но с небольшой разницей. Если винт имитируют краской, то перед полным высыханием краски на головке надо сделать диаметрально

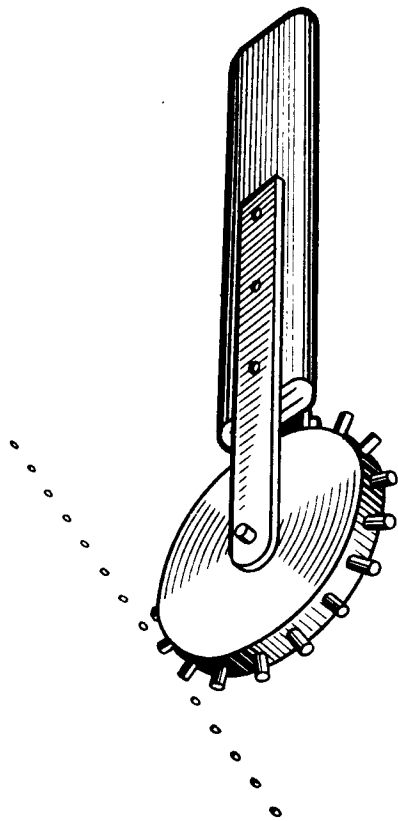


Рис. 19. Диск для нанесения имитации заклепок

рису путем вдавливания ножом, что дает имитацию шлица.

Но иногда, при больших масштабах, бывает необходимость сделать разъемными отдельные крупные части макета (крыло отсоединяется от фюзеляжа). В этом случае понадобится сделать съемный зализ, закрывающий место стыковки крыла с фюзеляжем. Один из способов, дающий хороший эффект съемного зализа, заключается в следующем: на место, где должен быть зализ, накладывают пластилин по форме зализа; сверху с припуском на 10—20 мм промазывают половой мастикой, которая служит разделительным слоем. С небольшим излишком вырезают по форме зализа выкройку из стеклоткани толщиной 0,1—0,2 мм, кладут на оргстекло и пропитывают подготовленной эпоксидной смолой. Когда смола начнет «становиться», ее осторожно снимают с оргстекла, накладывают на место зализа и плотно приглаживают. После полного становления смолы полоска легко отделится от изделия. Удалив с изделия пластилин, все эти места протирают тряпочкой, смоченной в бензине Б-70, а зализ обрезают по форме. Теперь можно покрасить и фюзеляж, и крыло, и зализ. Завершив окраску, зализ в нескольких местах укрепляют настоящими винтами, а в остальных делается имитация. После этого при разборке достаточно отвернуть несколько настоящих винтов и зализ отсоединится, открыв место стыковки.

Крыло и хвостовое оперение музейных моделей должно быть воспроизведено с большой достоверностью, так как при этих масштабах больше будет видимых конструктивных деталей. Если прототип

макета имел крыло и хвостовое оперение с жесткой обшивкой, особых затруднений не возникнет: достаточно изготовить их из дерева и на краске обозначить раскрой листов, технологические разъемы, лючки, а затем имитировать заклепки. В данном случае такие детали, как элероны, рули высоты, руль поворота лучше изготовить съемными и после покраски установить на место.

Но если прототип макета имел крыло и хвостовое оперение со смешанной обшивкой (жестой и мягкой) или только мягкой (полотняной) обшивкой, задача усложняется. В последнем случае мягкая обшивка воспроизводится вышеописанными способами, как и на фюзеляже, но более тщательно и аккуратно.

При масштабах макета до 1:20 выполнить мягкую обшивку из полотна очень трудно. В таких случаях мягкую обшивку имитируют. Допустим, крыло и хвостовое оперение прототипа имело смешанную обшивку — носик до первого лонжерона имел жесткую обшивку из фанеры, а все остальное было обтянуто полотном. Тогда все крыло и хвостовое оперение делают из дерева и готовят к окраске, то есть прогрунтовывают эмалитом и закрывают двумя-тремя слоями клея АК-20. Для этого берут старую рентгеновскую или киноплёнку (целлулоидную) и горячей водой смывают эмульсионный слой, а затем нарезают полоски шириной 0,8—1,0 мм и длиной немного больше длины хорды. На крыле и хвостовом оперении мягким карандашом вычерчивают места нервюр, где должна быть мягкая обшивка. Приложив полоску на линию, обмакивают кончик острой кисти в ацетон и закрепляют полоску в ее начале. Такую операцию повторяют с каждой из полосок. Натягивая каждую полоску так, чтобы она плотно прилегала к детали и была на линии, быстрым движением кисточки, смоченной в ацетоне, проводят вдоль полоски. Ацетон, подтекая под полоску, быстро приклеивает ее к изделию, растворяя и пленку и подготовленную поверхность.

Можно для полосок использовать и современную ацетатную фотопленку. Для приклеивания с нее предварительно также необходимо снять эмульсионный слой, прошкурить мелкой наждачной шкуркой и два-три раза покрыть с обеих сторон жидким эмалитом, после чего нарезать нужные полоски.

После полного просыхания приклеенных полосок излишки срезают, а все крыло или хвостовое оперение красят в белый цвет. Дав краске просохнуть в течение нескольких дней, поверхность обрабатывают шкурочкой (то есть шкуркой, наклеенной на ровную дощечку) так, чтобы выявились полоски, а краска осталась между ними. Такую операцию повторяют еще два-три раза до тех пор, пока окрашенные полоски едва просматриваются. Иными словами, заливая краску между полосками, практически уменьшают их высоту.

После окраски в нужный цвет нетрудно убедиться, что полоски подчеркивают провалы обшивки между нервюрами, которые существуют и у прототипа.

На макетах большего масштаба такой способ не дает эффекта мягкой обшивки и приходится делать настоящую мягкую обшивку. Разберем, как изготовить такое же крыло, но с мягкой обшивкой. Из фанеры толщиной 1—2 мм вырезают крыло (по виду в

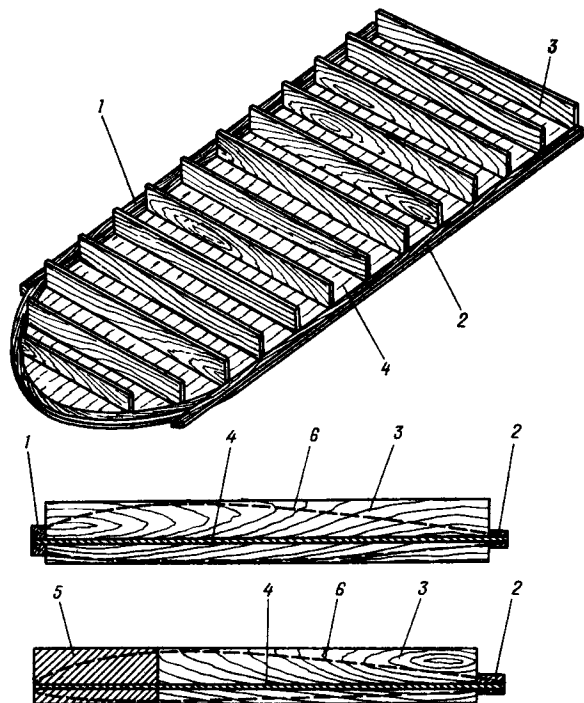


Рис. 20. Изготовление крыла макета под мягкую обшивку:
1 — передняя кромка; 2 — задняя кромка; 3 — пластины под нервюры; 4 — фанера; 5 — носок с жесткой обшивкой; 6 — контур нервюры

плане). Там, где жесткая обшивка носка, вдоль размаха наклеивают липовые планки, ширина и толщина которых соответствуют профилю (рис. 20). Из тонких (толщина не более 1—2 мм) реек, по высоте тоже соответствующих профилю, наклеивают поперечный набор из нервюр как сверху, так и снизу. Приклеивание лучше производить на эпоксидной смоле, так как она становится долго, и есть возможность подправить расположение набора. После высыхания клея, пользуясь контршаблонами профиля, шкуркой придают нужный профиль всему крылу.

В такой конструкции надо заранее предусмотреть узлы крепления к фюзеляжу, а если это биплан, то и узлы крепления стоек, расчалок и других деталей. Такое наборное крыло обтягивают тканью тем же способом, что и фюзеляж. Надо только предусмотреть при обтяжке, что крыло по своей конструкции имеет меньшую жесткость, чем фюзеляж, и поэтому усадка ткани может его покособить, если ткань будет неравномерно пропитана клеем. Обтягивая крыло или хвостовое оперение, необходимо предусмотреть приспособления, фиксирующие изделие до полного высыхания обтяжки. Таким приспособлением может быть просто ровная доска или специально изготовленный стапель.

После полного высыхания обтяжки всю поверхность покрывают из распылителя два-три раза жидким эмалитом, а затем столько же раз клеем АК-20. Каждый раз после нанесения слоя эмалита или клея АК-20 крыло укрепляют на стапеле, а поверхность без нажима обрабатывают мелкой шкуркой.

Таким же способом изготавливают и хвостовое оперение.

Кабины музейных макетов просматриваются хорошо и влияют на общий вид уже хотя бы по тому, что при больших масштабах видно внутреннее обо-

рудование даже полностью закрытых кабин. Работа по изготовлению кабин довольно сложна, ведь в кабине очень много видимых деталей небольших размеров — приборные доски, сиденья, ручки управления, различные рычаги и штурвалы, педали и другие устройства. Изготовление их занимает значительное время.

Для остекления кабин используют прозрачные материалы, в основном оргстекло. Эта процедура требует особо внимательного отношения. Если при изготовлении настольного макета можно было обойтись одним куском оргстекла, обработав его по внешней форме кабины, то на музейном макете придется сделать остекление со всеми его подробностями — окантовкой, разъемными и раздвижными открывающимися частями.

Кабины, в которых не предусмотрены открывающиеся части, выдавливают целиком из оргстекла с помощью матрицы и пуансона с нагреванием, необходимым для пластичности материала.

Иногда кабину целиком выдавить не удается, тогда прибегают к способу частичной обтяжки по матрице (рис. 21). При этом матрицу укрепляют в тисках. Взяв пластину оргстекла с размерами, большими места обтяжки, по двум противоположным краям ее окантовывают полосками фанеры, приклеив их или прибив гвоздиками. Двумя плоскогубцами удерживают за окантовку и над плиткой разогревают до пластичности. Быстро кладут на матрицу и, натягивая, огибая оргстекло так, чтобы оно плотно прилегло. После остывания нужную часть вырезают лобзиком или специальным резакон и подгоняют по месту на макете.

При изготовлении кабины с помощью матрицы и пуансона следует обратить внимание на тщательную обработку пуансона, так как на оргстекле отпечатываются все изъяны и структура дерева. После изготовления пуансона по форме кабины тщательно, в несколько приемов, прогрунтовывают поверхность жидким эмалитом с последующей обработкой мелкими шкурками. Все выбоины и неровности шпаклюют и зашкуривают до ровной поверхности. Карандашом наносят раскрой кабины и всю поверхность покрывают подготовленной эпоксидной смолой с добавлением 10% ацетона. После становления смолы опять тщательно зашкуривают и полируют поверхность. Выдавленную или обтянутую часть кабины не следует сразу снимать с пуансона, а сначала надо нанести острой иглой места обреза или раскроя по рисунку на пуансоне.

Многие прототипы, особенно многомоторные, имели несколько кабин — кабину пилота, штурмана, кабины стрелков, застекленные блистерные установки. В данной ситуации придется изготовить несколько пресс-форм для выдавливания кабин, а иногда и две-три пресс-формы для одной кабины.

Самая кропотливая работа — оборудование кабин. Для различных деталей кабин применяется целлулоид различной толщины. Он хорошо обрабатывается, формируется и красится любыми красками.

Детали оборудования выполняют в том же масштабе, что и весь макет, иначе они будут смотреться неестественно. Самое трудное изготовить приборную доску с приборами. При масштабах макета от 1:10 до 1:5 приборы имеют довольно значительную величину (диаметр от 6 до 16 мм) и на них видны не только стрелки, но и цифры с делениями шкал. У

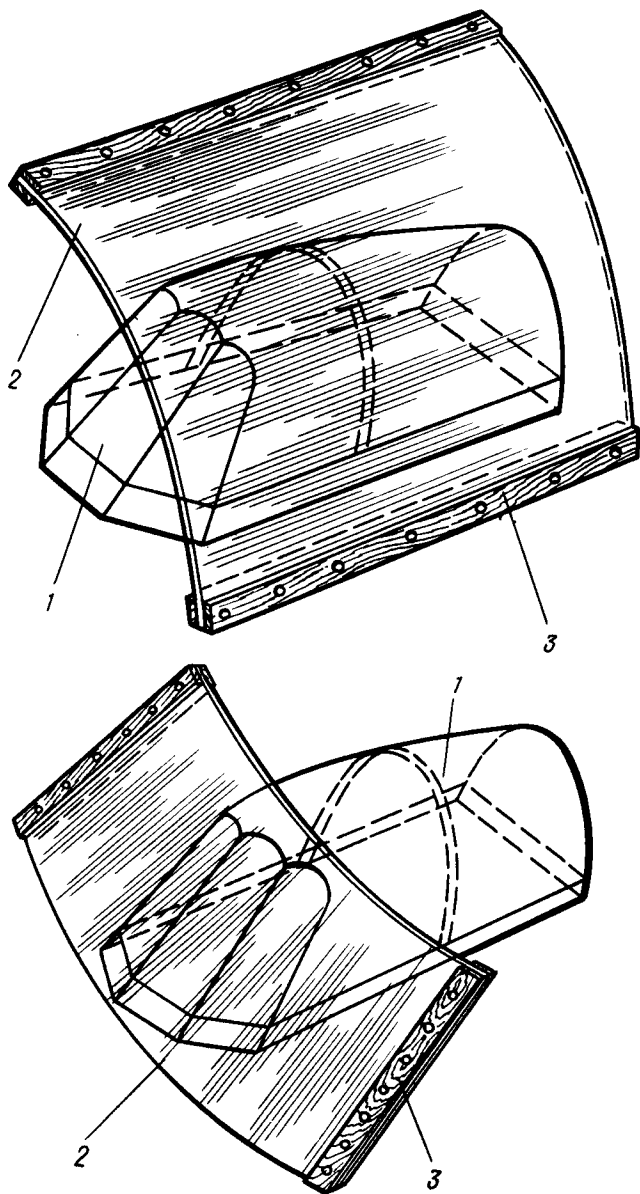


Рис. 21. Изготовление кабины методом обтягивания отдельными листами оргстекла:

1 — болванка кабины из дерева; 2 — лист оргстекла; 3 — планки усиления из дерева

большинства приборов — круглая передняя панель, стрелочные указатели и по окружности нанесены белые деления и цифры. На многих приборах есть надписи, указывающие характер показаний (высота, скорость и т. д.). Современные приборы характеризуются большим разнообразием — цветовые табло, светящиеся индикаторы, комплекты в одном корпусе нескольких приборов. Чтобы воспроизвести приборное оборудование, необходимо иметь рисунки или фотографии общего вида приборной доски и отдельных приборов. В исторических прототипах приборов было очень мало (от трех до пяти). На прототипах периода 30—40-х годов их насчитывалось уже более полутора десятков.

Существует много способов изготовления более или менее достоверного приборного оборудования. Разберем несколько из них, наиболее часто применяемых.

На белый лист целлулоида наносят краску по цвету панели приборной доски. Карандашом рисуют контур приборной доски с окружностями приборов по месту их расположения. Масштаб изготовления должен быть в три-пять раз больше, чем масштаб будущей модели. Всю приборную доску заклеивают липкой прозрачной лентой, а затем в местах расположения приборов пленку удаляют. Вырезанные места протирают ваткой, смоченной в бензине для удаления оставшейся липкой массы от пленки. Затем вырезанные места закрашивают черной матовой нитрокраской. Сняв всю пленку, после просыхания краски все опять протирают бензином. На местах приборных шкал сначала карандашом рисуют шкалы, цифры и надписи, а затем кончиком острого ножа или штихелем их процарапывают до белого основания целлулоида. Приборную доску вырезают по контуру и фотографируют.

У прототипов периода до 50-х годов приборные доски в основном были серого или черного цвета, на которых приборы в черно-белом исполнении. Поэтому не представляет труда снять их на черно-белую пленку и отпечатать на контрастной бумаге. Более сложно исполнение в цветном варианте.

Отпечатанную на фотобумаге приборную доску в нужном размере наклеивают на фанеру толщиной 1 мм. Шкалы на приборах почти всегда застеклены и корпус прибора имеет бортик, а иногда квадратную панель, за которую его крепят винтами к приборной доске.

Для остекления прибора вытачивают несколько высечек (инструмент для изготовления приборных стекол), так как приборы разного диаметра. Из тонкой целлулоидной прозрачной пленки вырезают кружки, накладывают их на места шкал приборов и закрепляют ацетоном с помощью остроконечной кисточки. Из медной проволоки диаметром 0,5—1,0 мм (в зависимости от масштаба) на сверлах, диаметр которых равен диаметру целлулоидных кружков, сгибают колечки. Если несколько приборов одинаковы по диаметру, то, получив из проволоки несколько витков в виде плотной пружинки, разрезают их на отдельные колечки. Концы на колечке должны быть плотно прижаты встык. Окрасив колечки черной матовой краской, дожидаясь ее высыхания, а затем, держа колечко пинцетом, вновь смазывают каждое из них с одной стороны черной краской и осторожно кладут на нужную шкалу прибора. Притупленной иглой с густой краской наносят точки на места крепления приборов винтами. Способ, описанный выше, достаточно прост, создает впечатление настоящей приборной доски, но требует аккуратной работы.

Другой, более сложный, но более достоверный способ имитации приборов тоже связан с фотографией. Так же на лист белого целлулоида наносят распылителем тонкий слой черной матовой нитрокраски, а затем рисуют карандашом приборные шкалы диаметром 60—80 мм и удаляют краску по стрелкам, делениям и надписям. Фотографируют каждый прибор или несколько приборов вместе с таким расчетом, чтобы на пленке они получились меньшего диаметра, чем устанавливаемые на приборной доске. При получении изображения на особо контрастной черно-белой фотобумаге приборы увеличивают до нужного диаметра.

Изготовив высечки также нужного диаметра, вы-

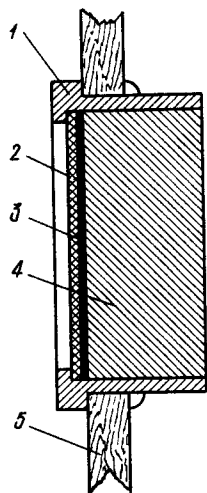


Рис. 22. Изготовление прибора:

1 — дюралюминиевый точеный стаканчик; 2 — пленка; 3 — шкала прибора; 4 — пробка; 5 — приборная доска

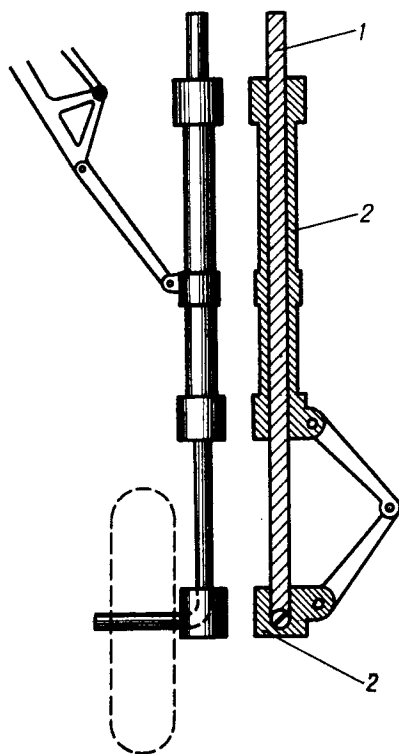


Рис. 23. Изготовление стойки шасси:

1 — стальная проволока; 2 — пластмасса (дерево)

рубают шкалы из фотоотпечатка. Из дюралюминия вытачивают стаканчики под каждый прибор с внутренним диаметром шкалы прибора и уступом (рис. 22). Стаканчики анодируют или после протравливания кислотой окрашивают в черный матовый цвет. Теми же высечками изготавливают кружочки из прозрачного тонкого целлулоида. В стаканчик вставляют сначала целлулоидный кружочек, затем шкалу прибора, а затем закрепляют пробкой такого же диаметра из плотной бумаги или картона. Весь этот набор склеивают в нескольких точках эпоксидной смолой.

Приборную доску изготавливают из расслоенного стеклотекстолита, слегка обрабатывают шкуркой, вырезают отверстия под приборы по внешнему диаметру стаканчиков и окрашивают в нужный цвет. Структура текстолита после окраски передает имитацию муарового покрытия, что часто применялось на прототипах. Стаканчики вставляют на место, а с обратной стороны приборной доски укрепляют в нескольких точках эпоксидной смолой.

Затем, изготовив из целлулоида различные секторы управления, панели, вентили и рычаги, штурвалы и ручки, окрашивают их в соответствующий цвет и устанавливают на место.

Разнообразие шасси на макетах так же велико, как и на прототипах, и в каждом конкретном случае надо решить, из каких материалов их изготовить. Исторические прототипы имели шасси с множеством подкосов, стоек, расчалок, амортизационных устройств и т. п. Прототипы с убирающимися шасси в основном имели одно-двухстоечную конструкцию

с рычагами уборки и створками, закрывающими шасси в убранном положении. Если макету предстоит стоять на шасси, надо предусмотреть их достаточную прочность. Стойки, подкосы, шарниры и рычаги уборки придется изготовить из металла — дюралюминия, медной или латунной проволоки. Некоторые части придется точить на станке и даже фрезеровать, что вы должны уметь делать достаточно профессионально. Часто, чтобы не использовать станочное оборудование, поступают так: на основу (стальная проволока) наклеивают кусок дерева или пластмассы типа полистирола так, чтобы проволока была в середине. Затем напильниками, надфилями и шкуркой обрабатывают материал по нужной форме, а остальные мелкие детали (шарниры, рычаги, подкосы) вырезают из пластмассы, наклеивают на соответствующие места и окрашивают в нужный цвет (рис. 23).

Из всей конструкции шасси наиболее смотровыми являются колеса, которые надо изготовить как можно точнее. На колесах при масштабе, скажем, 1:20, хорошо просматривается не только протектор, конструкция дисков, но и надписи на резиновых баллонах. Можно, конечно, изготовить колесо, выточив его вместе с ободами из дерева. Если рисунок протектора представляет собой углубления по окружности, его просто изготовить на токарном станке. Но есть колеса и с поперечным протектором, который придется фрезеровать или нарезать вручную.

Однако наиболее точно воспроизвести колесо можно путем вулканизации сырой резины в пресс-форме.

Пресс-форму вытачивают на токарном станке из двух одинаковых дюралюминиевых половинок (рис. 24). Половинки должны фиксироваться или центральным стяжным болтом, или уступами на бортах. На плоскостях соприкосновения делают по радиусам несколько углублений для вытекания излишков резины. Для макета нет необходимости делать колесо типа «баллон», то есть пустотелое внутри; достаточно воспроизвести внешнюю поверхность. Для этого в пресс-форму закладывают сырую резину с небольшим излишком и стягивают ее половинки металлическими струбцинками или центральным стяжным болтом до появления в зазорах резины. Поместив пресс-форму в нагревательный шкаф с температурой 140—160°C, прогревают до того момента, когда резина начнет вытекать из зазоров. Вынув пресс-форму, дожимают ее до соприкосновения половинок, а затем выдерживают в нагревательном шкафу до полной вулканизации резины. Если неизвестны время вулканизации и температура, которые зависят от сорта резины, их надо установить путем пробных вулканизаций. Готовность можно определить по вытекающим излишкам. Когда облой тянется, не обрываясь при пяти-шестикратной вытяжке и не липнет к рукам, можно считать, что колесо готово. Если вытекающие излишки начинают дымиться, значит, температура высока, а если они при малом растяжении рвутся, значит, высока температура и превышено время вулканизации.

После извлечения из нагревательного шкафа пресс-форму охлаждают струей холодной воды под краном, половинки разъединяют и извлекают готовое колесо. Иногда, при сложной конструкции колеса и глубоком протекторе очень трудно бывает разъединить половинки и извлечь колесо. Для лучше-

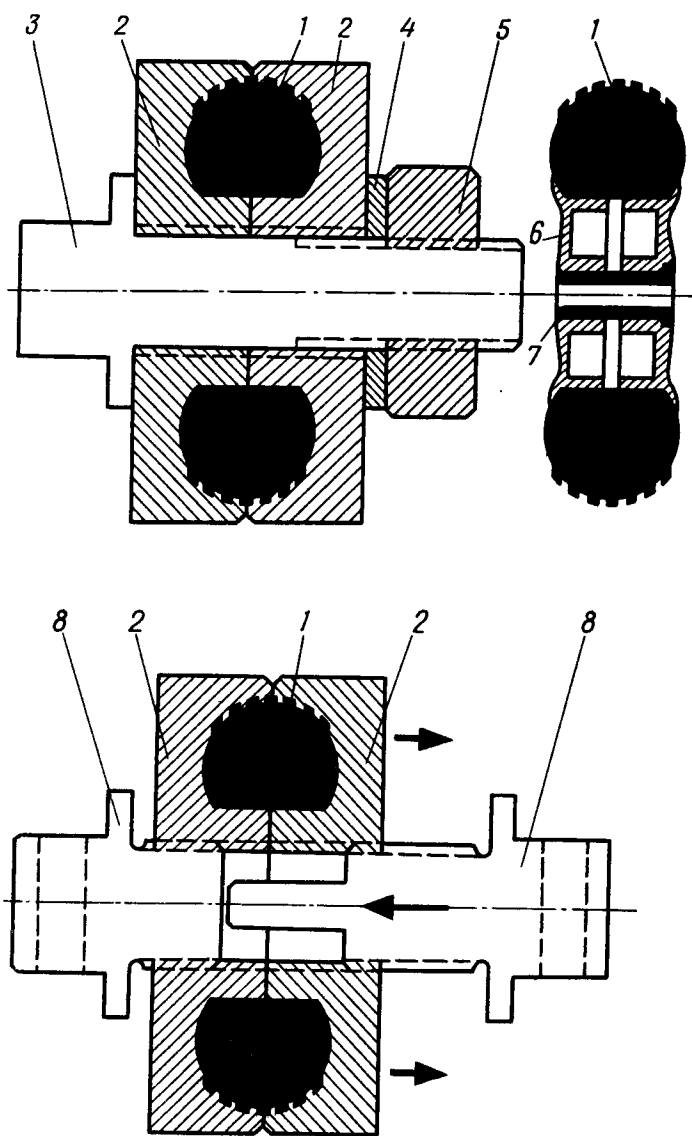


Рис. 24. Пресс-форма колеса макета, колесо в сборе и разъемник:
1 — резина; 2 — половинки пресс-формы; 3 — стяжной болт; 4 — шайба; 5 — гайка; 6 — половинки обода колеса; 7 — осевая втулка; 8 — винты разъемника

го разъединения делают специальный разъемник, который может представлять собой два встречных болта, ввинчиваемых с противоположных сторон по резьбе в половинки пресс-формы. Внутренняя часть пресс-формы должна быть хорошо отполирована и при закладке резины ее надо обязательно натереть воском или стеарином, тогда колесо будет хорошо извлекаться и иметь глянцевый вид.

Изготовленное таким образом колесо довольно трудно установить на целиковый обод, поэтому обод делают из двух половинок, соединяемых или центральной втулкой под ось, или другим способом, в зависимости от конструкции обода прототипа. Надписи на колесе получаются тогда, когда они выполнены на пресс-форме. В нужных местах колеса надписи гравнруют с помощью технической бор-машини соответствующими зубными фрезами. На пресс-форме буквы углубляют на 0,2—0,3 мм, а на колесе они получатся выпуклыми.

Не забудьте, что на пресс-форме буквы имеют зеркальное изображение. Эта работа требует очень больших навыков и усложняется тем, что ведется на криволинейной поверхности. И если вы этих навыков не имеете, потренируйтесь на каких-либо других изделиях.

Различные щитки и створки изготавливают из пластмассы или алюминия, укрепив их на макете так же, как и на прототипе. Собранный шасси должно быть прочно укреплено по месту.

Довольно кропотливую работу приходится выполнять при изготовлении колес исторических прототипов, имевших обода со спицами. Если на ободах была надета трубчатая резина, то ее придется также выпечь в пресс-форме.

Иногда можно использовать резиновую трубку подходящего диаметра, но ее надо на обод соединить торцами так, чтобы не было видно шва. Выточив резиновую пробочку по внутреннему диаметру трубки, ее вклеивают в один конец. После подгонки трубки по ободу смачивают клеем выступающую пробку и надевают плотно второй конец, зафиксировав для этого специальным приспособлением. Прежде чем приступить к изготовлению обода со спицами, следует самостоятельно сделать приспособление для центрирования обода и осевой втулки. Обод вытачивают на станке из металла или пластмассы, а спицы нужной длины нарезают из стальной проволоки. Загнув один конец на 90°, каждую из спиц вставляют в отверстие осевой втулки и протягивают в отверстие обода. С некоторым натяжением загибают проволоку на ободу, и если обод и втулка выполнены из металла, то места соединений пропаивают. Если же втулка и обод из пластмассы, их закрепляют клеем. Спицы надо ставить по диаметру, то есть поставив по радиусу одну спицу, вторую ставят в противоположном направлении. Резину надевают уже на собранное колесо со спицами.

При диаметре менее 50 мм можно использовать колеса из пластмассы от каких-либо игрушек, доработав их. Для этого берут колесо нужного диаметра и в осевое отверстие плотно вставляют гвоздь. Зажав импровизированную ось в патроне сверлильного или токарного станка (можно и в патроне ручной дрели, закрепив дрель в тисках), посередине окружности треугольным резцом или напильником делают углубление на 0,5—1,0 мм (рис. 25, а). Лобзиком или резцом удаляют внутреннюю часть колеса (рис. 25, б). Затем вытачивают стальную центральную втулку по форме колеса прототипа или на соответствующую трубочку припаивают колечки нужного диаметра (рис. 25, в), а в канавке по направлению к центру просверливают 24 отверстия (через 15°). Отверстие должно быть равно трем диаметрам проволоки, которой будет производиться плетение спиц (рис. 25, г). Из фанеры толщиной 5—10 мм делают приспособление для центрирования колеса и центральной втулки (рис. 25, д). Колесо укрепляют скобами, а центральную втулку шпилькой (рис. 25, е). При масштабе макета 1:5—1:10 толщина спиц будет в пределах 0,2—0,5 мм.

Взяв мягкую железную проволоку (такая часто бывает в многожильных электрических проводах), переплетают ее так, как показано на рис. 25, ж сначала сверху, а потом снизу, натягивая при каждом продевании в отверстие. В начале продевания

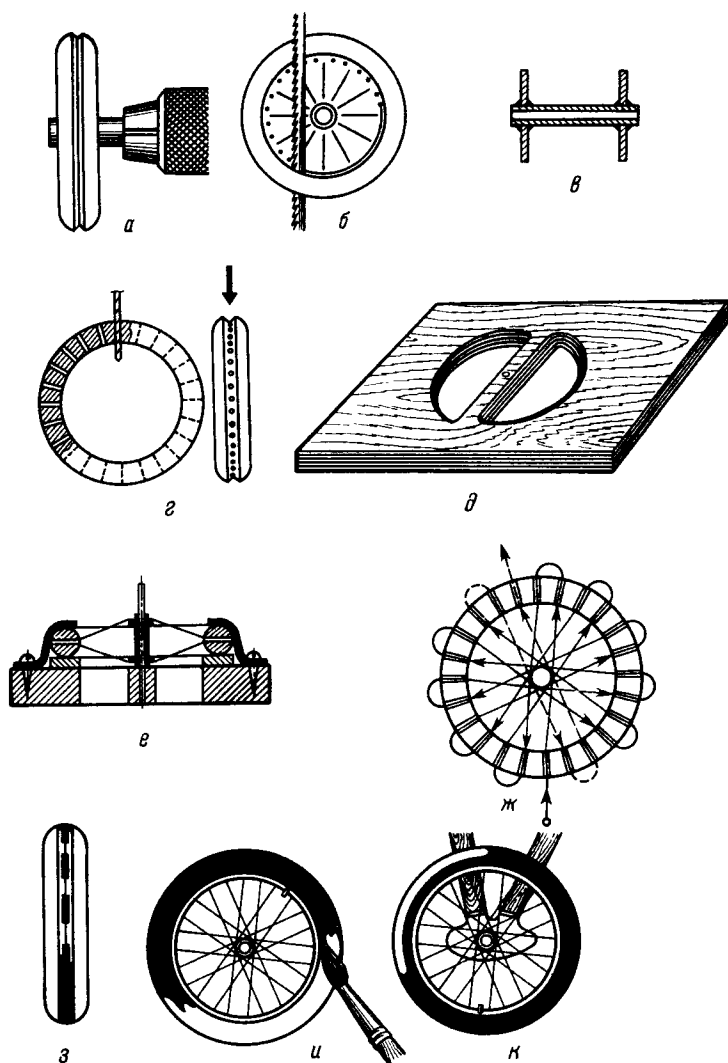


Рис. 25. Изготовление колеса со спицами

в первое отверстие на конце проволоки завязывают узелок и закрепляют проволоку деревянным штырьком. При последнем протягивании в отверстие проволоку тоже укрепляют штырьком. Не снимая с приспособления, ее слегка проплавляют на центральной втулке.

Канавки шпаклюют эпоксидной шпаклевкой (рис. 25, з), а после высыхания шкурят. Внутреннюю часть закрашивают под цвет обода прототипа, а остальное — в черный цвет (рис. 25, и). Закончив изготовление обода, его закрепляют на готовом макете или шасси (рис. 25, к).

Объем работы и трудности при изготовлении винтомоторной группы находятся в зависимости от выбранного прототипа. Как говорилось выше, наименьшей сложностью отличается эта процедура у макетов реактивных самолетов, а также у винтовых с полностью закапотированными двигателями. Но и здесь некоторые детали требуют особого внимания. У всех закапотированных двигателей есть детали хорошо выраженные, видимые при тех масштабах изготовления макета, которые здесь чаще всего используют. Это выхлопные патрубки, видимые или закапотированные радиаторы, различные

воздухозаборники, регулируемые лобовые или выхлопные шторки. Все это или имитируют, или изготавливают как отдельные детали с последующим укреплением по месту до или после окраски.

Различные обтекатели, заборники и жалюзи вырезают из листового целлулоида с последующим гнутьем в нагретом виде по болванке в виде детали.

Воздушные винты на исторических прототипах делали в основном из дерева, но не из целого куска, а склеенными из нескольких слоев. Очень хорошо смотрятся винты и на макетах, изготовленные по той же технологии. Чтобы получить такой винт, выстрагивают деревянные пластины длиной, равной диаметру винта, и толщиной такой, чтобы на толщину комлевой части винта приходилось 6—7 пластин. Ширина пластин должна быть немного большей максимальной ширины макета винта при виде в плане. Склеивают эти пластины столярным или казеиновым клеем. Желательно подобрать разные породы дерева, чтобы они немного отличались по цвету, и клеить их по очереди, то есть смежные пластины должны отличаться по цвету. Но если даже склеить из однородной древесины, после обработки виден клеевой шов, который дает эффект переклейки. После изготовления такие винты покрывают бесцветным лаком.

На деревянных винтах по передней кромке концов лопастей делалась металлическая окантовка из меди или латуни. Чтобы ее воспроизвести, берут тонкую (0,05—0,1 мм) медную или латунную фольгу, вырезают по форме и наклеивают на винт клеем БФ-2 или эпоксидным, предварительно прошкурив наклеиваемую сторону фольги и места на винте. Окантовку обычно прибивали к винту гвоздями и, если притупленной иглой нанести точки, то можно хорошо имитировать это крепление.

Позднее на легких самолетах стали делать деревянные винты, оклеенные усиливающими тканями (стеклоткань, композитная ткань), которые затем окрашивали. Такие винты несложно изготовить из целого куска древесины (береза, граб, бук), а затем окрасить в соответствующий цвет.

Более трудоемок процесс изготовления металлических винтов. Опять же, если металлический винт был у прототипа окрашен, нет необходимости его делать из металла, лучше изготовить из твердой породы дерева с последующей окраской. Но если воздушный винт на прототипе был дюралюминиевый и неокрашенный, то на макете его желательно сделать тоже из дюралюминия. Конечно, можно сделать такой винт и из дерева, а затем имитировать металл краской, но краска все же не дает точного эффекта металла.

Решив сделать воздушный винт из дюралюминия, придерживаются следующей последовательности:

отрезают заготовку нужных размеров для каждой лопасти, размечают по шаблону лопасть и протачивают в станке комлевую часть;

обрабатывают лопасть по шаблонам вида сбоку и сверху;

зажав комлевую часть в цангодержатель или ручные тиски, придают лопасти нужный профиль;

изготавливают ось винта, втулку или кок (как у прототипа);

зачищают и полируют все сделанные детали;

собирают и укрепляют лопасти и все детали винта на оси, втулке или коке (рис. 26).

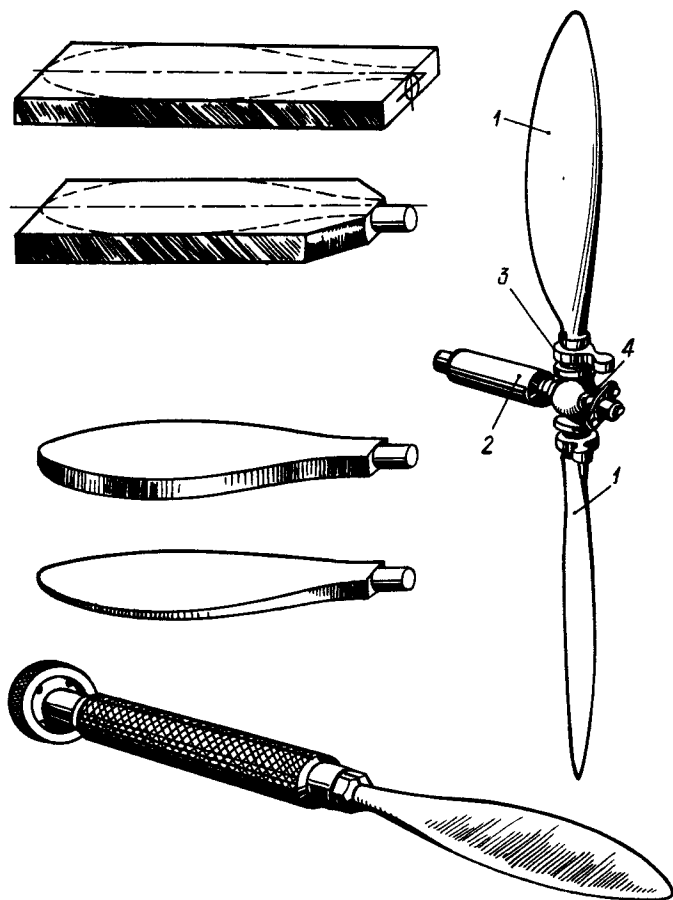
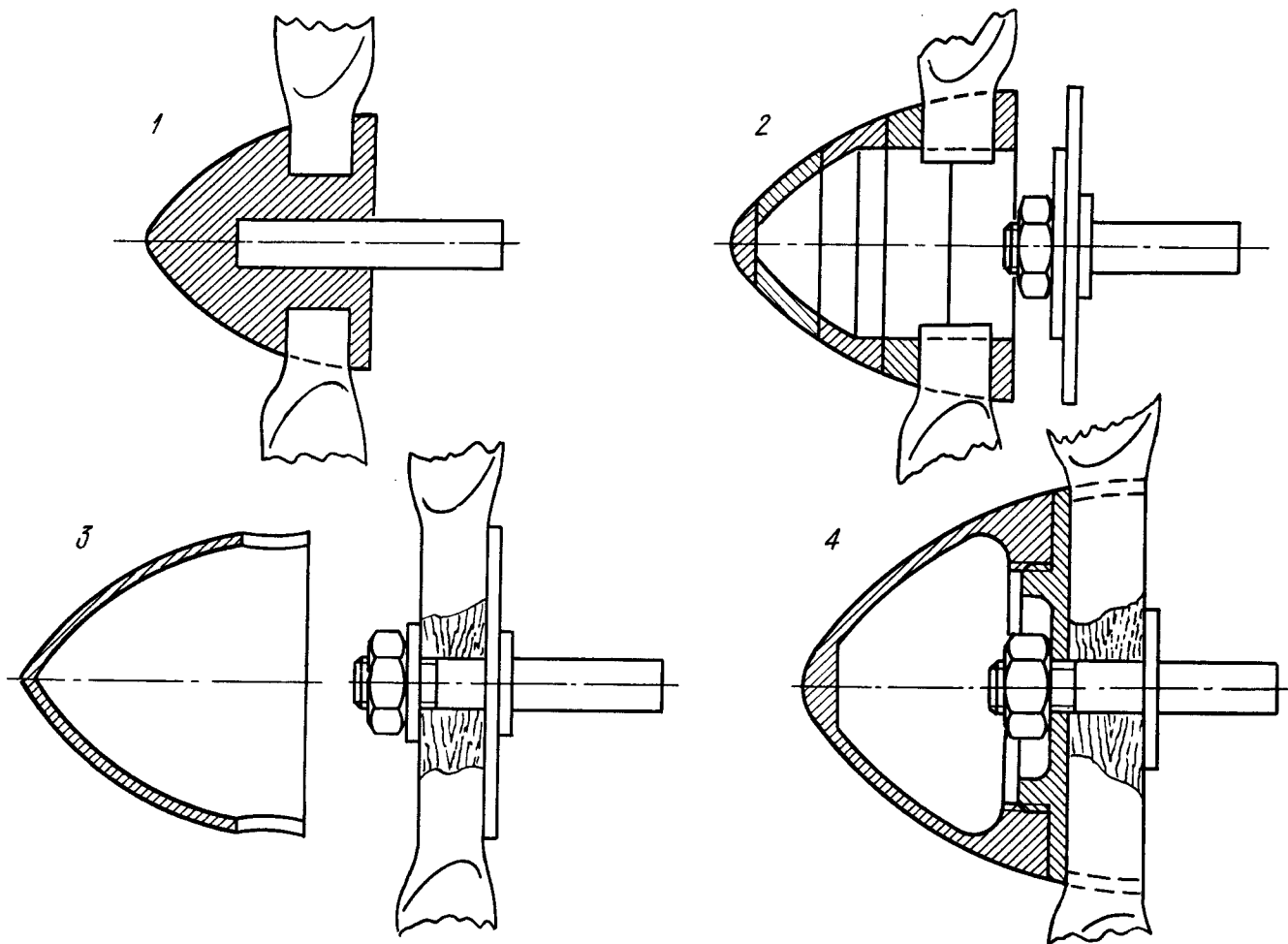


Рис. 26. Изготовление воздушного винта из дюралюминия:
1 — лопасти; 2 — втулка оси; 3 — комлевая часть лопасти; 4 — ступица

На многих прототипах ось и комлевая часть винта закрывались специальным обтекателем — коком. В каждом конкретном случае надо решить, из какого материала изготовить кок. Наиболее простые вытачивают из целого куска дерева с последующим укреплением лопастей и окраской. Можно выточить и из целого куска дюралюминия. Но иногда приходится вытачивать из дюралюминия полый кок (рис. 27).

Внешние надстройки характерны для каждого прототипа. На современных прототипах их очень мало, что говорит об аэродинамическом совершенстве. На исторических прототипах их настолько много, что изготовление их порой занимает две трети времени общего изготовления макета. Вся эта «мелочевка» не только отнимает много времени, но и создает немалые трудности при выборе материала, приемов работы и установке на место. Для изготовления лент-расчалок на макетах масштабом 1:20 достаточно натянуть стальную проволоку или тросик диаметром 0,3—0,5 мм, а на макетах масштабом от 1:10 до 1:5 придется изготовить их такими, каки-

Рис. 27. Варианты изготовления коков воздушного винта макетов:
1 — цельковый из дерева или пластмассы; 2 — облегченный из дерева; 3 — выдвинутый из пластмассы; 4 — дюралюминиевый большого диаметра



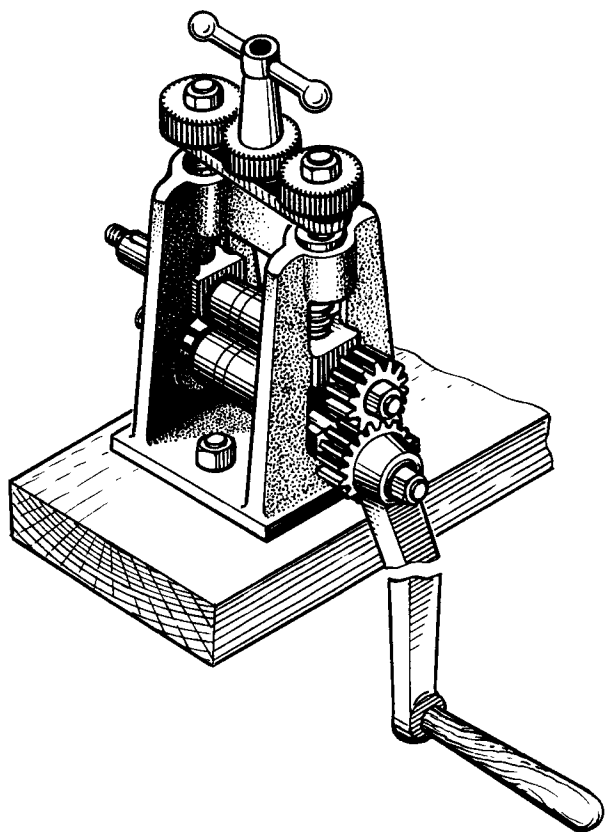


Рис. 28. Валки для профилирования лент-расчалок

ми они были на прототипе. Ленты-расчалки на многих прототипах были плоские или профилированные с соотношением ширины к толщине в пределах 3:1 и имели ушко крепления на одном конце и резьбу на другом. Для изготовления такой ленты-расчалки используют мягкую железную проволоку, расплющивая или прокатывая ее между самодельными валками (рис. 28) до нужного профиля. Ни в коем случае нельзя применять медную или алюминиевую проволоку — в результате большого температурного коэффициента линейного расширения их невозможно хорошо натянуть. Если все же их удастся натянуть, то при изменении температуры они или натянутся слишком сильно и лопнут, или ослабнут и испортят смотровой эффект.

Все подкосы и расчалки устанавливают на уже окрашенном макете. В каждой стойке и подкосе для постановки на место надо предусмотреть фиксирующие штырьки. Закрепляют все эти детали эпоксидной смолой, количество которой должно быть таким, чтобы она не выдавливалась после установки детали и не образовывала капель и подтеков. В конструкциях с расчалками, как, например, у расчалочных бипланов, натягивать и укреплять расчалки надо после установки межкрыльевых стоек. Подкосы и расчалки крепят к металлическим узлам на фюзеляже, крыльях, хвостовом оперении и т. д. Эти узлы вклеивают в тело деталей на эпоксидной смоле. Если масштаб макета крупный, например 1:5, то крепления подкосов, расчалок и узлы должны быть такими же, как на прототипе.

Последними изготавливают детали, которые можно установить после окраски всего макета, не нарушая поверхности.

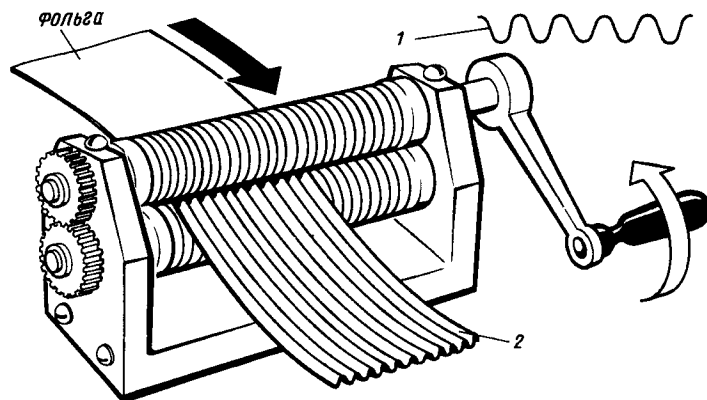


Рис. 29. «Прокатный стан» для изготовления гофрированной обшивки

На многих прототипах периода 30—40-х годов, когда начали применять дюралюминий, обшивка из него для жесткости делалась гофрированной. Сделать такую обшивку — очень кропотливая работа, но если потрудиться над изготовлением миниатюрного «прокатного стана», то можно сделать такую обшивку очень достоверной (рис. 29). Для его изготовления подбирают две одинаковые шестеренки диаметром 20—30 мм. Примерно такого же размера будет и диаметр валков. Основание станка — дюралюминиевый Г-образный швеллер. Вторую стойку при сборке крепят к швеллеру винтами. Между стойками располагают два вала. Ось нижнего вала вращается в отверстиях стоек, а верхнего — в плавающих вкладышах прямоугольной формы, которые вставлены в прямоугольные пазы стоек и сверху подпираются винтами. С помощью этих винтов регулируется зазор между валками. Валки обрабатываются на токарном станке резцом треугольной формы с закругленной режущей частью вершины конуса. Шаг нарезки верхнего и нижнего валков должен совпадать, а при установке на место вершина верхнего вала должна входить во впадину нижнего.

Шаг нарезки должен быть масштабным. Так, к примеру, для макетов самолетов ТБ-1, ТБ-3, ТБ-6 и других подобных, выполненных в масштабе 1:40, шаг составит 1,25 мм при глубине 1 мм.

При прокатке подбирают оптимальный зазор, чтобы заготовка не прорезалась и профиль получался четким. Полосу металла вводят между валками и вращением рукоятки производят прокатку. Наиболее подходящим материалом является алюминиевая фольга толщиной 0,1—0,2 мм. Можно прокатывать и чертежную бумагу, предварительно покрытую нитролаком с обеих сторон. Наиболее рационально прокатывать не сразу до нужной глубины, а сначала с большим зазором между валками, постепенно уменьшаемым регулировочными винтами после каждого пропуска между валками.

Еще одна очень важная рекомендация: при обдумывании работы над макетом и вычерчивании рабочего чертежа следует составить план последовательности изготовления макета, перечень необходимых материалов и инструмента — это поможет ничего не забыть и вовремя изготовить ту или иную деталь.

Окраска макетов

Структура, влажность и слоистость древесины существенно влияют на подготовку к окраске и окраску макета. Если древесина имела повышенную влажность, или клей, которыми соединяли отдельные детали, характеризуются большой усадкой при высыхании, то на окрашенном макете это в скором времени выявится. Места склеивания будут просматриваться, и древесина, просыхая, даст трещины, по которым потрескается и краска. Поэтому, изготавливая макет, все время надо думать о применяемых материалах и клеях.

Прежде чем красить макет, необходимо его подготовить к окраске. Последовательность подготовки должна быть следующей:

- грунтовка поверхности в три-четыре приема;
- общая шпаклевка поверхности и после сушки — вышкуривание до грунтовки;
- проявление поверхности и повторная шпаклевка с вышкуриванием до грунтовки;
- грунтовка поверхностей белой краской и шлифовка после сушки;
- окончательная грунтовка белой краской.

Материалы для грунтовки макета выбирают в зависимости от наличия краски, которой собираются красить макет. Наиболее доступными являются грунтовки, шпаклевки и краски на нитрооснове: грунтовка — эмалит и клей АК-20, шпаклевка — желтая или серая авиационная нитрошпаклевка, краска — нитрокраски различных цветов. Более современная, но менее доступная гамма материалов: грунтовка — эпоксидный бесцветный лак, шпаклевка — на эпоксидной основе, краска — различные краски на синтетической и эпоксидной основе. С первым набором работать проще, но долговечность сохранения в первозданном виде невелика (5—6 лет). Со второй группой работать более сложно, но зато довольно долго сохраняется первоначальный вид (15—20 лет).

Трудности и сложности операций по подготовке и окраске макета зависят от назначения макета и его масштаба. Настольные макеты отделяют с меньшей тщательностью, подготовка и окраска несколько упрощаются. Поэтому следует применять первый комплект — на нитрооснове. Здесь подготовку к окраске и окраску разберем применительно к музейному макету, как наиболее сложному.

Независимо от того, какой комплект красок и грунтовок будет использоваться, желательно с помощью распылителя производить все операции по нанесению грунтовки, шпаклевки и краски, которые разводят до такой густоты, чтобы распылитель не забивался и струя распыления была достаточно широкой, но не под большим давлением. Работа с распылителем — довольно сложный процесс, и чтобы научиться правильно им работать, надо потренироваться на каких-либо посторонних предметах. Тот, кто делает свой первый макет и совершенно не имеет опыта работы с распылителем, может красить и кистями, применив самые мягкие из них — белыши, колонковые. В этом случае пользуются довольно густыми нитрокрасками, чтобы они не высыхали сразу за кистью, а еще успевали растечься. Не следует растворять нитрокраски ацетоном, лучше применять менее летучие нитрорастворители.

Отдельные части или весь макет перед первым

покрытием грунтовкой обрабатывают шкурками с последовательным уменьшением их зернистости, добиваясь отсутствия рисок от предыдущей шкурки. Выступивший клей в местах склейки зашкуривают вровень с поверхностью материала. Все подготовленные поверхности по два-три раза покрывают жидким эмалитом, просушивают после каждого покрытия и обрабатывают самой мелкой шкуркой, а затем два-три раза покрывают клеем АК-20 так, чтобы был ровный коричневатый слой. Этот клей придает поверхности жесткость, а при вышкуривании нанесенной на него шпаклевки служит ориентиром, когда необходимо прекратить работу шкуркой. Клею дают просохнуть, а затем из распылителя на всю поверхность наносят тонкий слой жидкой шпаклевки. Можно пользоваться и кисточкой, хорошо укрывая поверхность шпаклевкой густоты жидкой сметаны. Это удлинит процесс вышкуривания, но качество не ухудшится.

Дав шпаклевке высохнуть в течение трех-четырех дней, ее обрабатывают шкуркой, уменьшая зернистость шкурки, с таким расчетом, чтобы шпаклевка осталась лишь в порах. Применяют только водостойкие шкурки, смачивая поверхность смесью керосина с бензином Б-70 или только водой. Разница здесь лишь в том, что смоченная водой шкурка быстрее изнашивается, зато нет неприятного запаха бензина и керосина. Обрабатываемые места протирают влажной мягкой тряпочкой как можно чаще, чтобы видна была поверхность. Здесь как раз и пригодится покрытие клеем АК-20, так как позволяет возможно точно определить, когда надо прекратить обработку, а именно в тот момент, когда обрабатываемый участок станет более светлым, чем общее поле.

После окончания вышкуривания макет и все детали протирают влажной тряпочкой, а после высыхания — сухой чистой тряпочкой. Сухой кисточкой прочищают углубления в местах нанесения раскрас лючков и других местах.

Для выявления изъянов, невидимых на фоне покрытия макета, разводят серебрянку (алюминиевую пудру) в растворителе с добавлением 15% эмали, а затем всю поверхность покрывают тонким прозрачным слоем из распылителя. Сразу же появляется много изъянов, которые не были заметны на коричневатом слое. Грубые вмятины или швы заделывают густой шпаклевкой, причем слой должен быть толще, чем глубина выбоины, так как нитрошпаклевка дает большую усадку. Шпаклевку наносят шпателем, сделанным из дерева в виде остро заточенной лопаточки. После хорошего просыхания излишки шпаклевки сошкуривают до общей поверхности. Мелкой шкуркой удаляют весь слой серебрянки.

Последовательность подготовки с группой материалов на эпоксидной основе такая же. Эпоксидная грунтовка дает более прочный слой, а эпоксидная шпаклевка почти не имеет усадки, но гораздо труднее вышкуривается. Для грунтовки, которой пользуются перед нанесением шпаклевки, очень удобен лак, подкрашенный анилиновым красителем. Если для грунтовки используют бытовой паркетный лак, то перед нанесением распылителем его в нужной пропорции смешивают с отвердителем, добавив немного красителя, и хорошо размешивают. Разведя лак ацетоном до жидкого состояния, его

наносит на поверхность. С добавлением ацетона (до 20%) паркетный лак твердеет гораздо быстрее.

В какой бы цвет не окрашивался макет, желательно первоначальный фон сделать белым. В-первых, потому что придется наносить различные цифры, знаки, буквы, для которых понадобится белый фон. Во-вторых, при нанесении на белый фон краски любого цвета ее требуется меньше для ровного покрытия. Поэтому окончательной подготовкой к окраске является покрытие деталей и всего макета белой краской. Белую краску наносят из распылителя в два-три приема и дают ей хорошенько просохнуть. Мелкой шкуркой с частым смачиванием обрабатывают всю поверхность до прозрачности, удаляя при этом наплывы, подтеки и капельки. Затем всю поверхность хорошенько протирают мягкой тряпочкой и в два-три приема плотно закрывают белой краской без подтеков и наплывов.

После просушивания можно производить раскрой поверхности, если таковой должен быть виден. Обратной стороной кончика острого ножа или специально заточенным ножом наносят линии, обозначающие разъемы, раскрой листов обшивки, лючки и т. п., процарапывая до темного цвета. Прямые линии проводят с помощью прозрачной линейки, а закругления по лекалам. После окраски макета эти линии обозначатся менее четко, что и требуется.

Не спешите красить макет, а продумайте последовательность нанесения краски того или иного цвета. В зависимости от окраски прототипа придется применить от двух до пяти различных цветов и оттенков, нанести различные знаки, буквы, цифры и эмблемы. Разделительные линии должны соответствовать контурам прототипа. Знаки, цифры, буквы, эмблемы должны быть масштабными и расположены на соответствующих местах.

Надо учитывать и укрывистость красок. Черная, красная и синяя краски более укрывисты и забивают слабые тона. В тех случаях, когда для границы между цветами различной интенсивности характерны четко выраженные переходы, сначала красят слабыми тонами, а затем уже наносят интенсивные тона, обозначая линию разделения закрытием по рисунку липкой лентой. При обратном порядке работы более слабый тон никогда полностью не закроет более интенсивный. Окраска слабым тоном по более сильному иногда необходима, но в этом случае для получения чистого светлого тона необходимо сделать промежуточное покрытие, для чего пользуются цветонезаменяющей светлой краской. Такой краской может быть белая, а лучше алюминиевая (серебрянка), которые наносят на хорошо просушенный слой. Но такой прием нежелателен, так как со временем более интенсивная краска начинает «вылезать» и светлый тон теряет свою чистоту.

За основу можно взять следующий порядок окраски несколькими цветами:

белой краской покрыть весь макет;

закрывать места, где должна остаться белая краска или другой светлый тон;

все оставшееся поле покрыть темной краской;

если белый тон должен быть закрашен другим светлым тоном (желтым, голубым и т. п.), то закрыть весь темный фон и закрасить оставшееся поле в нужный тон.

Допустим, что на красном фоне должны быть желтые буквы и цифры. Тогда всю поверхность

окрашивают белой краской. После высыхания краски на соответствующие места наклеивают буквы и цифры, вырезанные из липкой ленты. Закрашивают всю поверхность красной краской и, пока она еще не совсем высохла, осторожно снимают липкую ленту со знаков. После полного высыхания краски опять все поле закрывают липкой прозрачной лентой, прорезают ее по контуру букв и цифр и снимают со знаков. Места, открытые после удаления ленты, протирают ваткой, слегка смоченной в бензине Б-70, и закрашивают знаки в желтый цвет. Краску наносят тонким прозрачным слоем так, чтобы по границам липкой ленты не было наплывов. Если все же после полного высыхания краски появилось утолщение краски по линии границ цветов, его снимают острым ножом, который передвигают по плоскости вдоль линии утолщения под углом скольжения грани заточки лезвия.

Различные знаки, буквы и цифры можно нанести, пользуясь трафаретами, вырезанными из плотной бумаги. Но трафареты неудобны в работе. В-первых, на многих буквах нужно делать перемычки, которые остаются незакрашенными после первого покрытия. Во-вторых, при работе с распылителем трудно избежать «поддувов» под трафарет, в результате чего не получается четкого разделения цветов.

На мелкомасштабных макетах вместо липкой ленты в качестве трафаретов можно использовать тонкую трансформаторную бумагу. Для наклеивания ее на поверхность макета используют раствор одной чайной ложки сахарного песка на стакан воды. Из этой бумаги вырезают знаки, буквы и цифры, накладывают их в нужных местах на макет (которые остаются незакрашенными), предварительно смочив эти места тампоном, окунутым в подслащенную воду. Наложённые знаки или выкройку закрываемой части макета приглаживают по краям. Если края бумаги не прилипли, то тонкой кисточкой, смоченной в растворе, ее промазывают по контуру и вновь приглаживают пальцем. Слегка влажным тампоном, смоченным в чистой воде, протирают незакрытое поле. Лишнюю влагу удаляют сухим тампоном.

После окраски, когда краска высохнет, бумагу размачивают влажным тампоном и удаляют.

На макетах больших масштабов пользуются только липкой прозрачной лентой, предпочтительно на основе, которая плохо тянется.

При нанесении с помощью липкой ленты знаков, цифр, эмблем и надписей хорошие результаты дает следующий способ. Сначала на миллиметровой бумаге вычерчивают соответствующим шрифтом и в нужном масштабе требующиеся буквы, цифры, знаки и даже целые надписи. Затем с помощью липкой ленты наклеивают их на одну сторону целлулоидного прозрачного листа так, чтобы надписи просматривались с другой стороны. Обратную сторону целлулоида обрабатывают мелкой шкуркой до прозрачно-матового состояния.

Простым карандашом твердостью Т и ТМ проводят на матовой стороне по линиям надписей и знаков. На это место накладывают липкую ленту и слегка приглаживают пальцем по линиям карандаша. Осторожно, не вытягивая, снимают липкую ленту с целлулоида, накладывают ее по месту на макете и хорошо приглаживают. На липкой ленте



Рис. 30. Схема окраски самолета Як-50

отпечатается след карандаша, который будет хорошо виден при наклеивании на макет. Кончиком острого ножа ленту прорежают по контурам линий карандаша и удаляют ее с той части, которую надо закрасить, не забыв при этом протереть освобожденную часть тампоном с бензином. Важно научиться правильно прорезать липкую ленту. Нажим ножом должен быть такой, чтобы прорезать только ленту, а не краску под ней. Для этого следует потренироваться, наклеив ленту на какое-либо изделие с подготовленной, как у макета, поверхностью. Прямые линии прорезают по линейкам, кривые — по лекалу.

Если знаки и надписи наносят на криволинейную поверхность, то надо пользоваться линейками, сделанными из тонкого целлулоида (0,5 мм), которые, изгибая, можно прижать к кривой поверхности.

На многих прототипах буквы, цифры, знаки, эмблемы и надписи окантовывались линиями другого цвета. Если эти линии на макете должны быть шириной более 1 мм, то их наносят последовательно, закрывая липкой лентой. Но если толщина линий менее 1 мм, то их проводят чертежным или стеклянным рейсфедером. Более практичны в данном случае стеклянные рейсфедеры, так как нагревая и вытягивая их, можно точнее подобрать толщину линии. Делают это так: над спиртовкой нагревают кончик рейсфедера до тех пор, пока стекло не будет тянуться. Затем пинцетом берут нагретый кончик и немного вытягивают. Остывший кончик подрезают

надфилем и отламывают. На тонкой шкурке или мелком корундовом бруске, держа рейсфедер перпендикулярно, затачивают кончик и зашкуривают края, чтобы рейсфедер не царапал. Толщину линии при нанесении на поверхность проверяют. Под рукой надо иметь лист чистой бумаги, на котором вы будете пробовать работу рейсфедера, и тряпочку для протирки. Если линия тоньше, чем нужно, рейсфедер подтачивают еще. Если линия толще, чем нужно, вытягивают еще и повторяют заточку. Нитрокраску, которой выполняют линии, разбавляют растворителем и спиртом (10%), чтобы краска не так быстро высыхала на кончике рейсфедера. Не старайтесь в трубочку набирать много краски, иначе сначала линия будет слишком толстой. Надо практически определить уровень краски в рейсфедере с тем, чтобы линия получалась нужной плотности и ширины. Держат рейсфедер перпендикулярно плоскости нанесения и водят с легким нажимом, прижимая к линейке или лекалу. Всевозможные подчистки рекомендуется делать только после того, как краска хорошо просохнет.

Разберем последовательность окраски и нанесения знаков на примере современного спортивного самолета Як-50 (рис. 30).

Один из вариантов окраски следующий:
основное поле — светло-кремового или белого цвета;

нижняя часть фюзеляжа, крыла и хвостового оперения — красные;

носовая часть фюзеляжа сверху перед кабиной — черная матовая;

крыло и стабилизатор сверху частично имеют красную поверхность по передним кромкам и консолям;

передняя кромка кили и полосы на руле поворота — красные;

на капоте мотора слева — эмблема центрального аэроклуба имени В. П. Чкалова или надпись «Як-50»;

на борту фюзеляжа за кабиной — цифра желтого цвета с серой окантовкой;

на киле — красная звезда с красной окантовкой и белым просветом, а также надпись «Як-50» или «ДОСААФ» красного цвета с серой окантовкой;

сверху на крыльях — красная звезда с красной окантовкой и белым просветом;

на крыле, хвостовом оперении и фюзеляже — красный цвет отделен от основного поля серой линией;

отбортовка остекления кабины под цвет основного поля;

стойки шасси — красные;

снизу крыла — красная звезда с белой окантовкой;

воздушный винт — основное поле впереди светло-кремовое или белое с красными концами лопастей и через просвет красной полосой, а тыльная сторона — черная;

часто верхняя часть фюзеляжа перед кабиной была не черной, а матово-синей; лобовые жалюзи капота — красные.

Раскраска данного самолета — довольно сложная процедура и требует многопозиционной последовательности при работе с окраской макета.

Если макет неразборный и подготовлен к окраске, то, закрыв все остекление кабины за исключением окантовки липкой лентой, макет красят в светло-кремовый или белый цвет. Липкой лентой закрывают те части, которые должны сохранить основной цвет. В данном случае надо закрыть верхнюю часть фюзеляжа, включая разделительную линию. По рисунку закрывают основное поле сверху на крыле и стабилизаторе, включая разделительную линию. Сверху крыла внутреннюю часть звезды и окантовку не закрывают, а окантовку звезды заклеивают снизу. На киле оставляют открытой внутреннюю часть звезды, окантовку и надпись по контуру букв и цифр. На руле поворота чередуются открытые и закрытые полосы. На эмблеме открытыми должны быть буквы «ЦАК». Незакрытые места закрашивают в красный цвет. По рисунку удаляют с верхней части носка липкую ленту и, закрыв весь макет тряпкой, окрашивают это место черной матовой краской. Окончательно удалив липкую ленту, открытое место протирают мягкой тряпкой с бензином.

Вышеописанным способом, последовательно заклеивая эмблему, наносят нужные цвета. Ориентиром наложения липкой ленты с отпечатком эмблемы будут служить буквы «ЦАК». Если основное поле было белое, то вторым наносят желтый, а затем голубой цвет. Таким же способом наносят цифры на фюзеляж. Окончательной работой будет нанесение разделительных линий и окантовки цифр и букв.

Если на капот двигателя нанесли эмблему ЦАК, то на киле под звездой должна быть надпись «Як-50». Если на капоте написано «Як-50», то на киле под звездой должна быть надпись «ДОСААФ».

В последнее время появилось много красок на различных синтетических основах. Желательно работать красками на одинаковой основе. Если вынужденно применяют краски с разной основой и разбавителями, то заранее узнают, какой краской можно покрывать сверху по уже наложенной. По некоторым синтетическим краскам нельзя покрывать нитрокрасками, так как нитрорастворитель в некоторой степени растворяет их и получаются вспучивания. По эпоксидным краскам можно покрывать почти любыми красками. По нитрокраскам тоже можно покрывать почти всеми другими красками, только учесть, что некоторые краски хорошо ложатся друг на друга, но сцепление между ними плохое и после высыхания они снимаются как пленки. Поэтому прежде чем красить макет красками на разной основе, необходимо произвести пробное нанесение красок на какое-либо ненужное изделие.

Принцип работы с синтетическими и эпоксидными красками такой же, как и с нитрокрасками. Разница лишь в разбавителях и времени высыхания. Краски на эпоксидной основе очень вредны и работать ими надо в вытяжном шкафу или в хорошо проветриваемом помещении, пользуясь хотя бы простейшим респиратором.

Детали, выполненные из дюралюминия и требующие окраски, сначала смачивают в течение 2—3 мин соляной кислотой с последующей тщательной промывкой под струей воды. Соляная кислота, разъедая материал, образует микроуглубления, что увеличивает поверхность и улучшает сцепление краски с металлом. При хорошем навыке работы с распылителем и правильной последовательности нанесения красок почти не требуется никакой работы по улучшению поверхности. Иногда лишь приходится удалить некоторые наплывы на линиях разделения цветов. Многие мелкие детали можно покрасить кисточкой или простым обмакиванием в краску.

О том, должен или не должен блестеть макет после окраски, мнения моделлистов противоречивы. Если исходить из понятия структурной масштабной поверхности покраски, то зернистость, уменьшенная в масштабе макета относительно прототипа, должна дать глянцевую поверхность. Но оценку поверхности надо считать правильной тогда, когда смотровой эффект соответствует виду прототипа. Блестящая поверхность бывает у прототипа только что покрашенного, а после первого же полета поверхность становится почти матовой. Поэтому и макет должен выглядеть как прототип, бывший уже в эксплуатации.

При хранении дома или на выставках макет надо оберегать от длительного попадания солнечных лучей, которые разрушают даже стойкие краски: появляются очень трудно устранимые пятна и шелушения. При длительном хранении, особенно в квартирных условиях, поверхность периодически натирают полирующей жидкостью типа автомобильного «бальзама».

Все рекомендации по окраске макетов и подготовке к ней в полной мере применимы и к летающим моделям-копиям, но нужно учесть несколько обстоятельств:

если на макетах обычно не очень заботятся о массе шпаклевки, грунтовки и краски, то для летающих моделей общая масса наносимых покрытий имеет существенное значение;

площади покрытий на летающих моделях значительно больше, так же как и размеры различных трафаретов и пленки при закрывании, что в некоторой мере облегчает нанесение знаков, но четкость разделительных линий цветов требует еще более внимательной работы;

при больших площадях продолжительнее работа

по устранению различных выбоин, вышкуиванию неровностей и поверхностей, отсюда возрастает значение процесса подготовки к этим элементам работы (более тщательная подгонка, стыковка и склеивание отдельных деталей);

те краски, которыми красили модель, следует оставлять в плотно закрытых флакончиках,— они пригодятся при ремонтах;

рекомендуется закрашивать поверхность укрывистыми красками в два-три приема без заливок и подтеков.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ АЭРОДИНАМИКИ

Авиамodelисты, особенно из числа начинающих, часто задают такие вопросы: можно ли при исследовании поведения моделей, их балансировки, устойчивости и управляемости применять то, что известно из механики и теории полета большого аппарата — самолета или планера? К сожалению, однозначного ответа на этот вопрос в имеющейся литературе нет. Одни утверждают, что модель обладает столь существенными отличиями от самолета, что применение к ней «большой теории» в принципе невозможно. Другие, наоборот, считают, что эта теория применима к модели практически без всякого учета специфических особенностей. Очевидно, оба эти взгляда, как слишком категоричные, нельзя признать правильными.

Опыт показывает, что общие принципы механики, фундаментальные положения теории устойчивости и балансировки самолетов и планеров, а также методика их исследования могут быть в полной мере применены и к моделям. Но конкретные выводы из этих исследований для моделей бывают иными, чаще в количественном, а иногда и в качественном отношении. Модель нередко оказывается более «требовательной», чем самолет. Это относится в первую очередь к полету модели в возмущенной атмосфере.

Одной из интереснейших особенностей своих аэродинамических характеристик модели обязаны малым размерам и незначительным скоростям полета. Благодаря этому крылья, оперение и винты моделей работают в условиях малых чисел Рейнольдса. При этом у самых маленьких и наиболее тихоходных моделей эти числа чрезвычайно малы, в то время как у скоростных с поршневым мотором они достигают сотен тысяч. Такая существенная разница в значениях чисел Рейнольдса приводит к большому различию аэродинамических характеристик летающих моделей неодинаковой конструкции.

Исследования полета большого самолета и модели выявляют существенную разницу в конкретных цифрах и выводах, но почти ничего не меняют в отношении общих принципов теории.

Исследования теории летающих моделей, проводившиеся в последние годы, значительно расширили возможности применения ее к конкретным видам моделей, а появление различных новых профилей расширило диапазон летных возможностей моделей.

В то же время появление новой техники в авиамоделировании (двигатели, материалы, аппаратура дистанционного управления и контроля) сократило существенную разницу в числах Рейнольдса модели и самолета, что позволяет воспроизводить летающие модели-копии многих самолетов с летными характеристиками, очень близкими к прототипам.

Разберем некоторые положения элементарной аэродинамики модели, с тем чтобы легче было понять поведение модели в полете и правильно спроектировать ее.

Определяя силы, возникающие в полете модели, вводят в расчет так называемую массовую плотность воздуха. Она получается путем деления плотности воздуха на ускорение силы тяжести. Если при нормальных условиях масса 1 м^3 воздуха составляет 1,226 кг, то с высотой плотность воздуха уменьшается, он становится более разреженным и легким. Как правило, воздух находится в постоянном движении. Горизонтальное передвижение воздушных масс называется ветром, а вертикальные перемещения — восходящими и нисходящими потоками. Когда масса воздуха перемещается относительно земли, то у приземного слоя возникает зона, где воздух находится в вихревом состоянии, которое называется динамической турбулентностью.

Образованию завихренностей способствует пересеченный рельеф местности, наличие холмов, перелесков и других неровностей почвы. Динамическая турбулентность — наиболее часто встречающееся состояние воздуха, следовательно, полеты летающих моделей большей частью происходят именно в этих условиях. Модель, летающая в турбулентном потоке воздуха, испытывает на себе действие сил движения воздуха с различных направлений. Это действие можно рассматривать во времени относительно к скорости турбулентного потока и к скорости модели.

Чем меньше скорость модели, тем больше отклонения от перемещения частиц воздуха, и наоборот, чем больше скорость модели, тем меньше она подвержена воздействию перемещения воздушной среды в единицу времени. Изменение угла обдувки модели, летящей со скоростью 4 м/с, изображено графически на рис. 31 и достигает величины 14° в секунду. Для самолета, летящего в тех же условиях

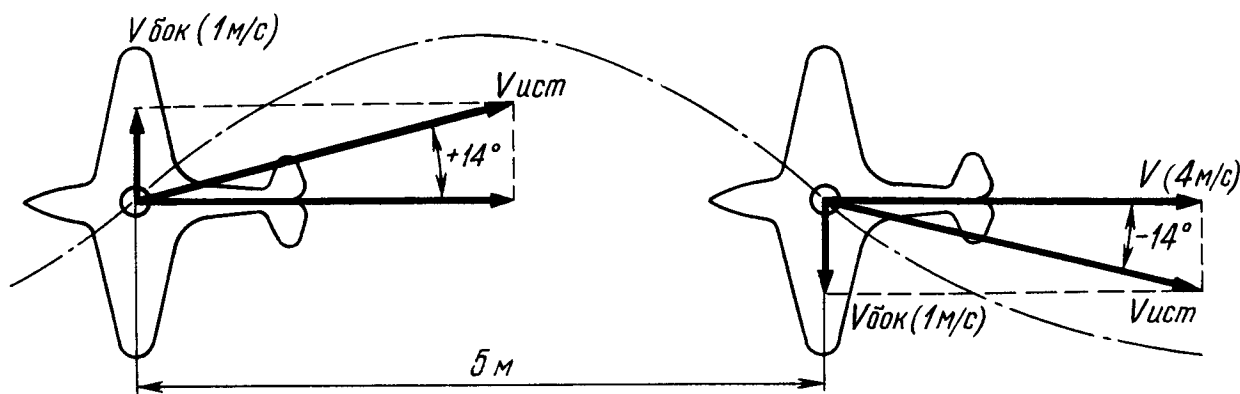


Рис. 31. Изменение угла обдувки модели, летящей в слое воздуха с динамической турбулентностью

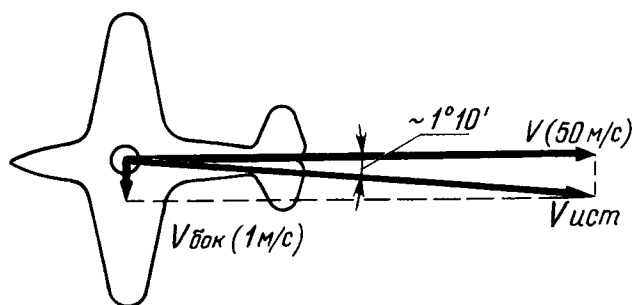


Рис. 32. Схема изменения угла обдува самолета в слое воздуха с динамической турбулентностью

(рис. 32) со скоростью 180 км/ч (50 м/с), изменение угла обдувки потоком будет около 1—2°. Такое отклонение практически неощутимо.

Значительное изменение направления обдувки вызывает соответствующие внезапные изменения сил, действующих на модель. Поэтому для устойчивого полета модель должна обладать значительно большей устойчивостью, чем самолет, и меньше реагировать на изменение направления обдувки.

Еще одним основным свойством воздуха является вязкость. Вязкость объясняется силами внутреннего сцепления между молекулами вещества. Вследствие вязкости в движущемся воздухе возникают вихри и из-за нее же они рассасываются. Силы вязкости проявляются при движении в воздухе каких-либо тел. Чем более вязкой является среда, в которой происходит движение, тем большие силы нужно прилагать для осуществления этого движения.

Вязкость всякого вещества учитывается коэффициентом внутреннего трения, он называется коэффициентом вязкости. Вязкость не зависит от плотности и давления, а зависит только от температуры.

Число Рейнольдса

Английский ученый Рейнольдс, изучая характер течения жидкостей по трубам, поставил ряд опытов и пришел к выводу, что при неизменном размере большой трубки для данной жидкости образование вихрей, нарушающих спокойное течение жидкости, зависит от скорости течения. Кроме того, нарушение спокойного течения жидкости для данной жидкости при неизменной скорости зависит от диаметра трубки. Выводы из опытов Рейнольдс выразил формулой

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu},$$

где V — скорость течения жидкости, м/с;
 d — диаметр трубки, м;

$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ — кинематический коэффициент вязкости

Коэффициентом учитываются силы вязкости (через коэффициент вязкости среды μ) и силы инерции (через плотность ρ).

Зависимость, предложенная Рейнольдсом, действительна не только для жидкости, но и для любого случая движения тел в воздухе. В этом случае

$$Re = \frac{V \cdot l}{\nu},$$

где V — скорость потока, м/с;

l — линейный размер тела вдоль движения (для крыла — хорда, для фюзеляжа — длина), м;
 ν — кинематический коэффициент вязкости.

Рейнольдс пришел к выводу, что переход ламинарного течения в турбулентное для жидкостей (газов), имеющих различную вязкость, должен осуществляться всегда при одном и том же значении величины Re . Значение Re , при котором осуществляется переход ламинарного течения в турбулентное, называется критическим числом Рейнольдса. Число Рейнольдса является важнейшим понятием аэродинамики вообще и аэродинамики летающих моделей в частности.

Подставив в формулу значения известных величин, которые в наших расчетах (температура 15°C и полет на уровне моря) будут оставаться неизменными, получим упрощенную формулу

$$Re = 6900 \cdot V l.$$

Сопротивление воздуха

Всякое тело, движущееся в воздухе, испытывает сопротивление. В зависимости от положения тела относительно направления движения сила сопротивления может меняться как по величине, так и по направлению. Если представить себе плоскую пластинку, движущуюся в воздухе так, что ее плоскость составляет некоторый угол с направлением движения, то возникающая при этом сила сопротивления будет направлена не по направлению движения, а под некоторым углом к нему (рис. 33).

Если силу R разложить по правилу параллелограмма на два направления — одно совпадающее с направлением движения, а другое ему перпендикулярное, то получатся две силы. Силу Y в этом случае называют подъемной силой, а силу Q — лобовым сопротивлением.

Угол, составленный плоскостью пластинки с направлением движения, называется углом атаки α . Величина силы R , а следовательно, и ее составляющие зависят от формы и размеров тела, от его ориентировки относительно направления движения, от скорости движения и от состояния воздуха.

Легко видеть, что при конструировании летательных аппаратов нужно стремиться к тому, чтобы подъемная сила получалась наибольшей, а сила лобового сопротивления — наименьшей. Подъемная сила поддерживает аппарат в воздухе, а сила лобового сопротивления препятствует движению и ее тем или иным способом приходится преодолевать.

Симметричные тела, движущиеся в воздухе под углом атаки $\alpha = 0^\circ$, не имеют подъемной силы и обладают лишь лобовым сопротивлением. Такими телами у самолета являются следующие детали: фюзеляж, двигатель, подкосы, пилоны, шасси, стойки, расчалки и другие детали, не создающие подъемной силы.

Наименьшим сопротивлением при всех прочих равных условиях обладают тела вытянутой каплевидной формы, имеющие тупой носик и острый хвостик.

Величина лобового сопротивления выражена следующей формулой:

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

где Q — сила лобового сопротивления, кгс;
 V — скорость движения, м/с;
 S — наибольшая поперечная площадь тела, м²;
 ρ — плотность воздуха;
 C_x — безразмерный коэффициент лобового сопротивления, величина которого зависит от формы тела и положения относительно направления движения (угла атаки).

Значения коэффициента C_x обычно получают опытным путем в аэродинамических трубах. Их можно найти в соответствующих авиационных справочниках. Однако здесь нужно предостеречь от обычной грубой ошибки, которую многие авиамodelисты допускают, пользуясь данными справочников, не учитывая, при каких условиях в аэродинамической трубе эти коэффициенты получены. Дело в том, что величина коэффициента лобового сопротивления при некоторых условиях в сильной степени

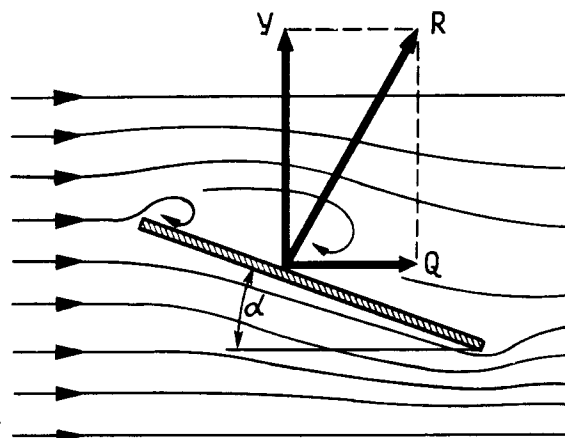


Рис. 33. Образование подъемной силы и лобового сопротивления

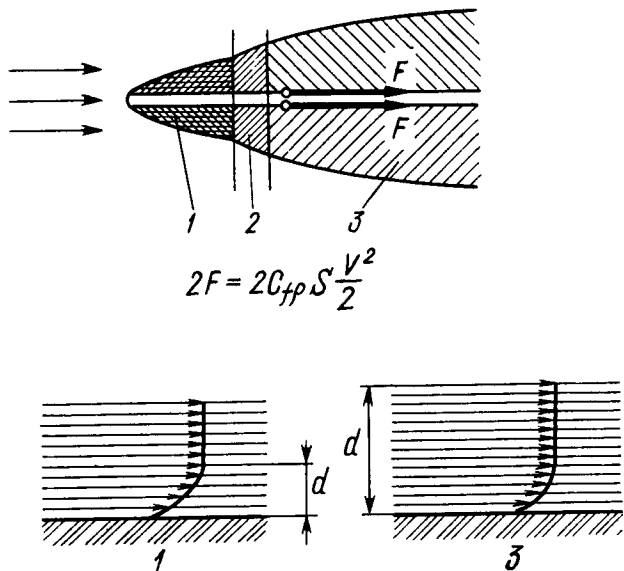
зависит от числа Рейнольдса. Многочисленные опыты при различном состоянии воздуха показывают, что картина обтекания геометрически подобных тел оказывается подобной только в том случае, если отношение сил инерции, действующих на частицу воздуха, к силам трения одинаково. Если картины обтекания (спектры) одинаковы, то следует ожидать, что и аэродинамические коэффициенты, в частности коэффициенты лобового сопротивления, тоже будут одинаковы.

Отношение сил инерции к силам трения характеризуется числом Рейнольдса. Таким образом, подобных спектров обтекания, а следовательно, и одинаковых значений аэродинамических коэффициентов для двух геометрически подобных тел мы вправе ожидать только тогда, когда испытания этих тел проходят при одинаковых значениях чисел Рейнольдса. Это значит, что аэродинамические коэффициенты зависят от числа Рейнольдса и что при расчетах летающих моделей коэффициентами, взятыми из справочников, можно пользоваться лишь в том случае, если число Рейнольдса при опытах в трубе равно или близко к числу Рейнольдса, получающемуся при полете модели.

Следует отметить, что зависимость аэродинамических коэффициентов, в частности коэффициента лобового сопротивления, от чисел Рейнольдса особенно сильна при малых значениях и делается мало ощутимой при больших числах Рейнольдса. Поэтому вопрос о числе Рейнольдса приобретает особую остроту при расчетах моделей, так как при полете моделей они оказываются весьма малыми. С повышением температуры число Рейнольдса уменьшается, а с понижением увеличивается. С подъемом на высоту уменьшается и плотность воздуха и вязкость, но уменьшение плотности идет более резко, поэтому число Рейнольдса модели с подъемом на высоту уменьшается.

Пограничный слой

Лобовое сопротивление тел, имеющих обтекаемую форму, возникает в основном от сил трения, которые проявляются в очень тонком так называемом погра-



$$2F = 2C_{fp} S \frac{V^2}{2}$$

Рис. 34. Профили скоростей в ламинарном и турбулентном пограничном слоях у пластинки:

1 — ламинарный слой; 2 — зона перехода; 3 — турбулентный слой; d — толщина пограничного слоя; F — сила сопротивления трения; C_f — коэффициент сопротивления трения; ρ — плотность воздуха; S — площадь пластинки; V — скорость

ничном слое воздуха, непосредственно прилегающем к поверхности движущегося тела.

Величина трения при движении в воздухе каких-либо тел зависит от структуры пограничного слоя и тех физических процессов, которые в нем происходят. Для ознакомления с этими процессами рассмотрим плоскую пластинку, помещенную в воздушный поток, имеющий скорость V (рис. 34). Непосредственно у поверхности пластинки частицы воздуха будут неподвижны, они как бы прилипают к пластинке и тормозятся ею. Скорость этих частиц относительно пластины равна нулю. По мере удаления от пластины скорость частиц воздуха постепенно возрастает и на каком-то расстоянии от пластины (d) становится равной скорости набегающего потока. Слой воздуха, имеющий толщину d , в котором происходит изменение скорости частиц воздуха от нуля до скорости потока, и называется пограничным слоем.

Характер течения воздуха в пограничном слое может быть ламинарным, при котором частицы воздуха движутся в виде несмешивающихся слоев, и турбулентным, при котором происходит непрерывное, беспорядочное перемещение частиц воздуха поперек потока. Толщина пограничного слоя зависит от скорости потока частиц.

Характер течения в пограничном слое зависит от числа Рейнольдса. Когда оно невелико, пограничный слой имеет ламинарный характер. При увеличении числа Рейнольдса ламинарный пограничный слой в какой-то точке перехода становится турбулентным. Силы вязкости, возникающие в пограничном слое, будут притормаживать, задерживать движение тела с какой-то силой. Эта сила называется силой сопротивления трения (F).

Опыты показали, что коэффициент трения зависит от числа Рейнольдса, причем при равных числах и ламинарном пограничном слое он имеет меньшее значение, чем при турбулентном.

Из сказанного выше следует, что для уменьшения сопротивления трения нужно обеспечить ламинарное обтекание всех частей модели. Этот вывод касается пока только сил трения.

Рассмотрим обтекание крыла, установленного в потоке под небольшим углом атаки $\alpha = 4-5^\circ$ (рис. 35).

При небольших числах Рейнольдса пограничный слой будет ламинарным. В случае увеличения числа до критического ламинарный пограничный слой переходит в турбулентное состояние в точке, называемой точкой перехода. Ламинарный пограничный слой устойчив до тех пор, пока поток над ним ускоряется. По мере удаления от передней кромки профиля трение тормозит воздух в пограничном слое и снижает его кинетическую энергию, пока она не упадет до нуля. Кроме того, в пограничном слое благодаря возрастающему давлению в кормовой части профиля возникают противотoki — обратное течение, направленное против основного течения. Вблизи точки нулевой скорости происходит накопление воздуха и отрыв пограничного слоя (рис. 35, а).

Оторвавшийся ламинарный пограничный слой на расстоянии от точки отрыва переходит в турбулентный, который, расширяясь, может вновь примкнуть к крылу, если кривизна спинки профиля не слишком велика (рис. 35, б).

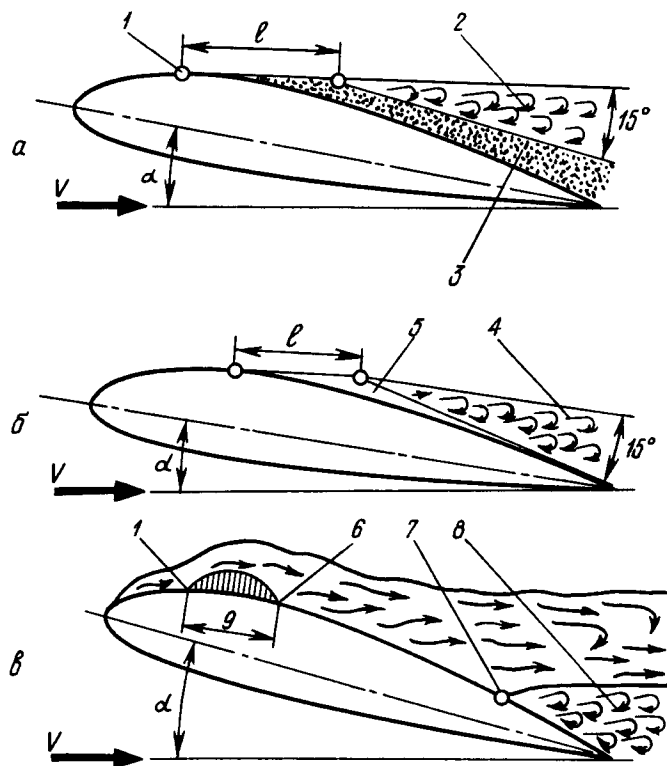


Рис. 35. Отрыв и последующее прилегание пограничного слоя:

1 — точка отрыва; 2 — оторвавшийся пограничный слой; 3 — неподвижный воздух; 4 — оторвавшийся и вновь примкнувший пограничный слой; 5 — воздушная подушка; 6 — точка примыкания; 7 — точка отрыва турбулентного слоя; 8 — оторвавшиеся вихри; 9 — застойная зона

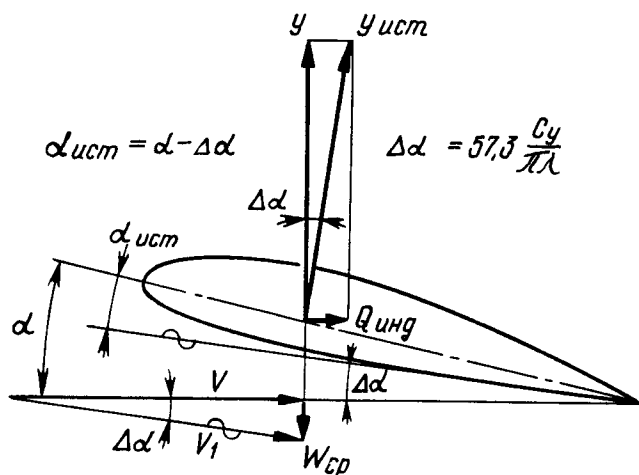


Рис. 36. Истинный угол атаки крыла ($\alpha_{ист}$):

$\Delta\alpha$ — угол отклонения потока; C_y — коэффициент подъемной силы; λ — удлинение крыла; $Q_{инд}$ — индуктивное сопротивление

В турбулентной части пограничного слоя скорость частичек воздуха по мере их продвижения к задней кромке падает, а давление возрастает. Вследствие этого вновь возникают противотоки и происходит окончательный отрыв потока, приводящий к вихреобразованию, падению подъемной силы и увеличению сопротивления. Если угол атаки крыла увеличится, то картина обтекания при небольших числах Рейнольдса будет выглядеть так, как показано на рис. 35, в.

Ламинарный пограничный слой оторвется недалеко от передней кромки профиля, затем оторвавшийся слой приобретает дополнительную кинетическую энергию от основного потока и на некотором расстоянии от точки отрыва, перейдя в более устойчивое турбулентное состояние, подойдет к поверхности крыла, и обтекание на некотором участке профиля будет восстановлено. Затем вследствие падения скорости и увеличения давления в хвостовой части профиля турбулентный пограничный слой тоже оторвется, возникнут вихри, которые, сбегая с крыла, образуют вихревую дорожку. Увеличение числа Рейнольдса способствует увеличению скорости в пограничном слое. Поэтому передняя точка отрыва пограничного слоя несколько сместится назад и может совпасть с точкой перехода.

Увеличение числа Рейнольдса приводит к улучшению обтекания и характеристик крыла. За последнее время появилось много так называемых ламинарных профилей с очень высокими характеристиками, но крылья с такими профилями требуют очень точного и тщательного изготовления.

Индуктивное сопротивление

Говоря о сопротивлении крыла и его коэффициенте, надо отметить, что помимо сопротивления трения и давления существует еще один, третий вид сопротивления — индуктивное.

Дело в том, что крыло отбрасывает набегающий на него поток воздуха вниз со средней скоростью $W_{сп}$, по направлению совпадающей не со скоростью V , а со скоростью V_1 (рис. 36). Это явление называется скомом потока. Угол отклонения потока $\Delta\alpha$ называется углом скомса потока. Сложив геометрические скорости V и $W_{сп}$, получают действительное направление и величину скорости потока V_1 , обтекающего крыло. Изменение направления скорости вызывает, естественно, изменение угла атаки.

Благодаря скомсу потока истинный угол атаки меньше геометрического.

Как возникает индуктивное сопротивление?

Дело в том, что подъемная сила всегда направлена перпендикулярно к потоку, обтекающему крыло. Благодаря скомсу потока подъемная сила отклонится назад на угол $\Delta\alpha$ и будет перпендикулярна новому направлению скорости V_1 . Эта подъемная сила называется истинной. Ее можно разложить на две составляющие — перпендикулярную к направлению скорости полета и параллельную этому направлению. Эта составляющая, существование которой возможно только при наличии подъемной силы, называется индуктивным сопротивлением и направлена всегда против движения крыла.

Можно сказать, что индуктивное сопротивление есть проекция подъемной силы на направление полета.

Угол скомса потока и индуктивное сопротивление не зависят от формы профиля крыла и от угла атаки. Таким образом, полное лобовое сопротивление крыла состоит из сопротивления формы (давления), сопротивления трения и индуктивного сопротивления.

Коэффициенты индуктивного сопротивления дают в таблицах для различных удлинений крыла при различных значениях коэффициента подъемной силы.

Геометрические характеристики несущих плоскостей

Высокие летные качества модели в значительной степени зависят от вида крыла в плане, профиля крыла и качества изготовления его.

Характеристики крыла можно разделить на геометрические и зависящие от них аэродинамические. К геометрическим характеристикам относятся: размах крыла, сужение крыла, равное отношению длин центральной хорды и концевой, удлинение крыла. Этими же величинами характеризуется и хвостовое оперение (рис. 37).

К числу геометрических характеристик относится и форма крыла в плане. Она имеет большое значение для аэродинамического качества крыла. Лучшей в аэродинамическом отношении является эллиптическая форма. Однако трапецевидное крыло с закруглениями на концах, как показали исследования, по своим качествам мало отличается от эллиптического, очень трудного в изготовлении. Наиболее распространенные формы крыльев в плане показаны на рис. 38.

Большое значение для полета самолета и модели имеет форма крыла при виде спереди. Обычно кры-

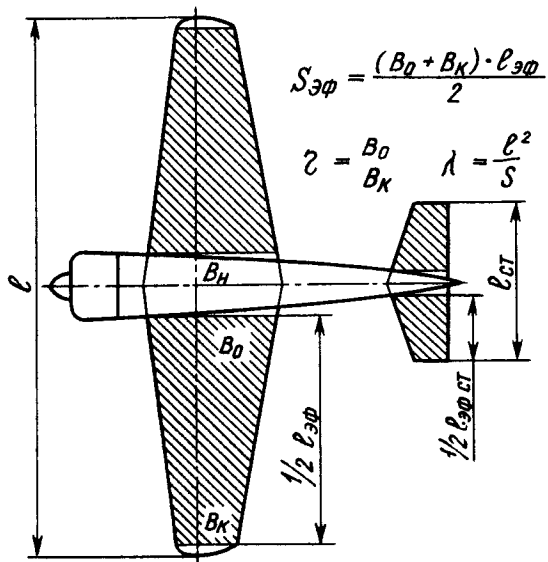


Рис. 37. Эффективная площадь ($S_{эф}$)

l — размах крыла; B_K — центральная хорда; B_0 — начальная хорда; B_K — конечная хорда; $l_{эф}$ — размах эффективного крыла; η — сужение крыла; S — площадь крыла (стабилизатора)

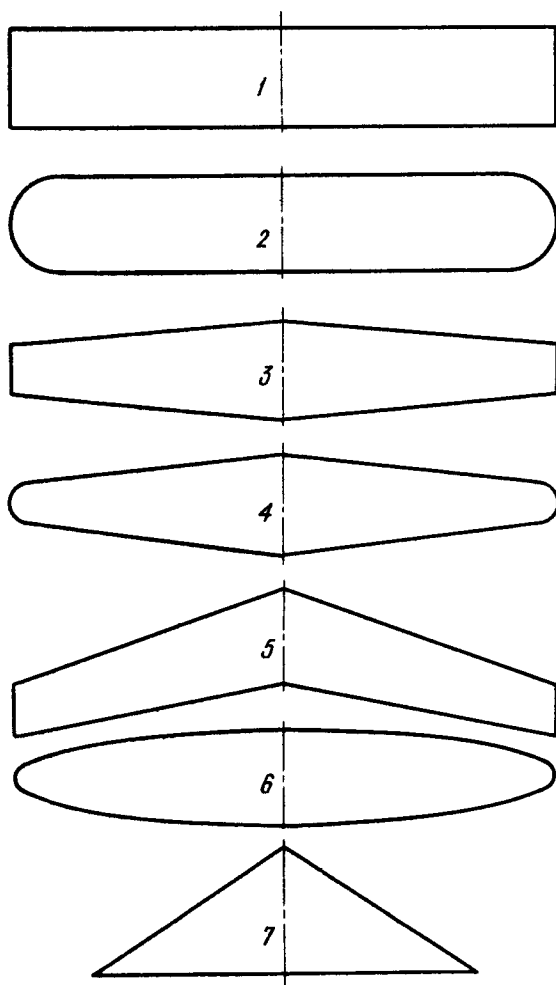


Рис. 38. Формы крыльев в плане:

1 — прямоугольное; 2 — прямоугольное с закругленными концами; 3 — трапециевидное; 4 — трапециевидное с закругленными концами; 5 — стреловидное; 6 — эллиптическое; 7 — треугольное

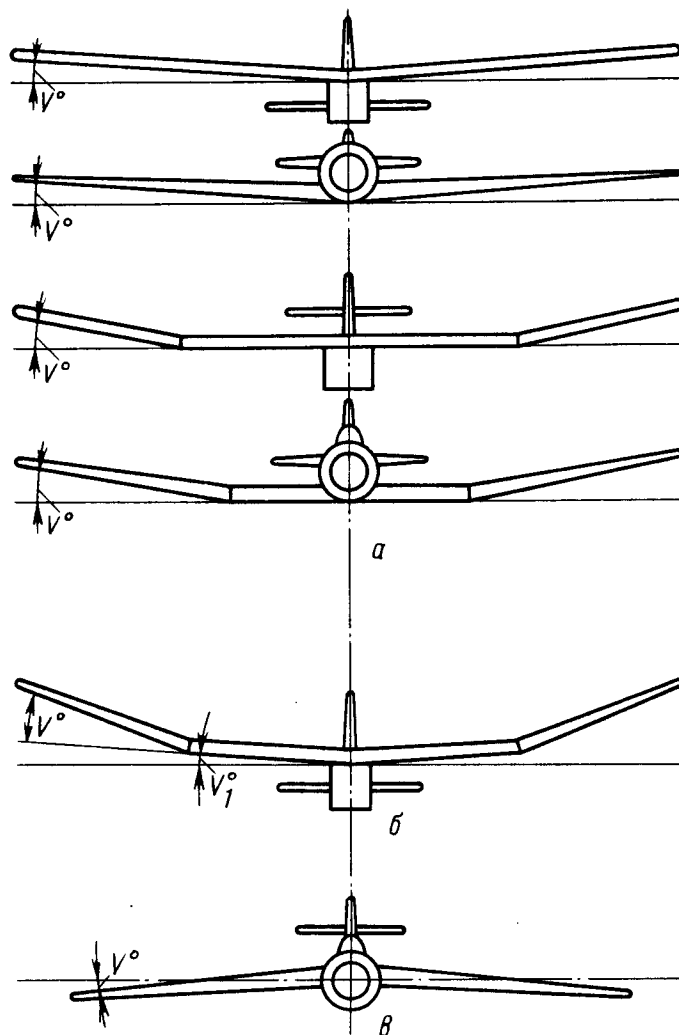


Рис. 39. Виды поперечного излома крыла:

а — одинарный; б — двойной; в — обратный (отрицательный)

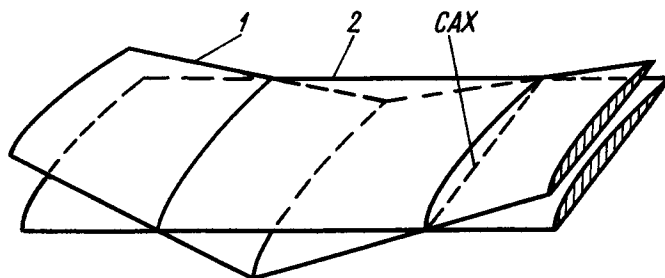


Рис. 40. Средняя аэродинамическая хорда (CAX):

1 — действительное крыло; 2 — фиктивное крыло

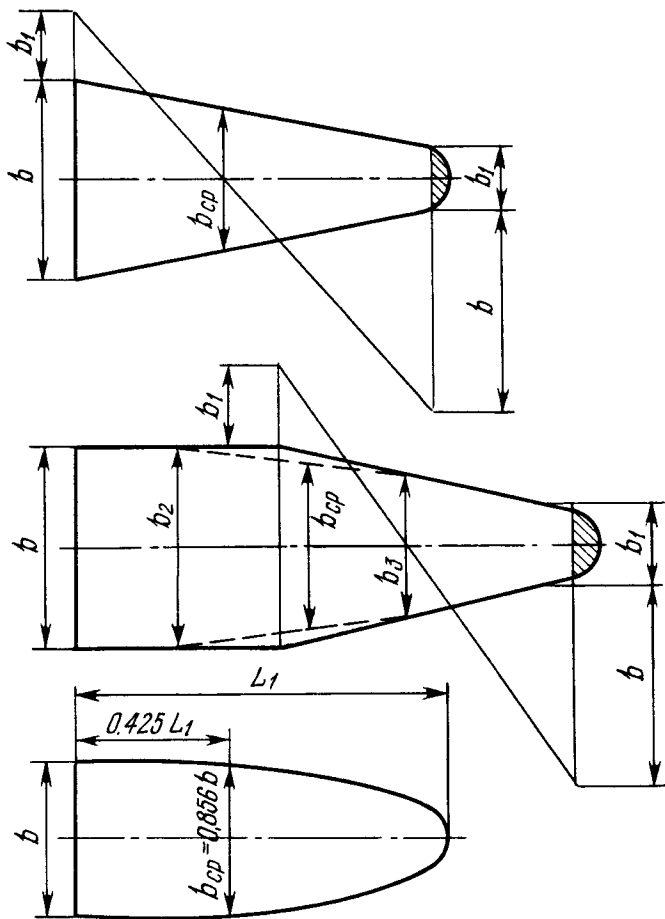


Рис. 41. Определение САХ различных крыльев:

a — трапециевидного, b — трапециевидного с прямоугольным центропланом, e — эллиптического; b — корневая хорда; b_1 — концевая хорда; b_2 — средняя хорда центроплана; b_3 — средняя хорда консольной части; b_{cp} — средняя хорда крыла; L_1 — полуразмах крыла

лу придается излом, так называемое поперечное V , которое повышает поперечную устойчивость (рис. 39).

При крыле непрямоугольной формы возникает неясность, какую хорду брать при определении положения центра давления. Чтобы избежать этой неясности, непрямоугольное крыло заменяют в расчетах прямоугольным, имеющим такие же площадь, подъемную силу и момент, как и рассчитываемое (рис. 40). Хорда такого фиктивного прямоугольного крыла называется средней аэродинамической хордой и обозначается B_{cp} (или САХ). Положение центра тяжести также дается обычно в процентах от длины САХ. На рис. 41 показаны способы определения средней аэродинамической хорды для крыльев различной формы в плане.

САХ, найденную одним из способов, нужно спроецировать на вид модели сбоку. При этом благодаря поперечному V она на хорду корневой нервюры, конечно, не попадает (рис. 42).

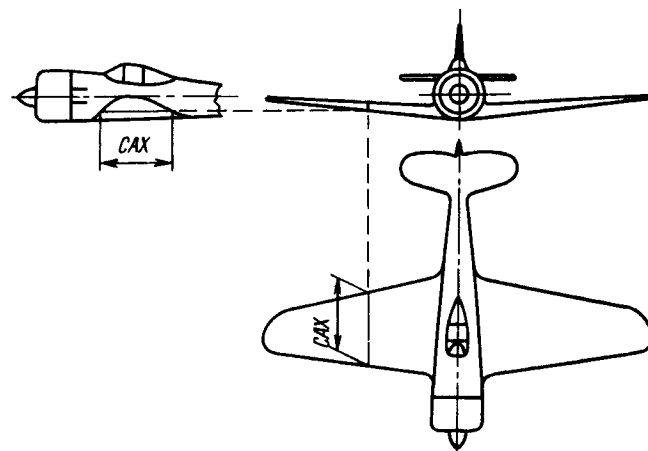


Рис. 42. Проекция САХ на боковую поверхность модели

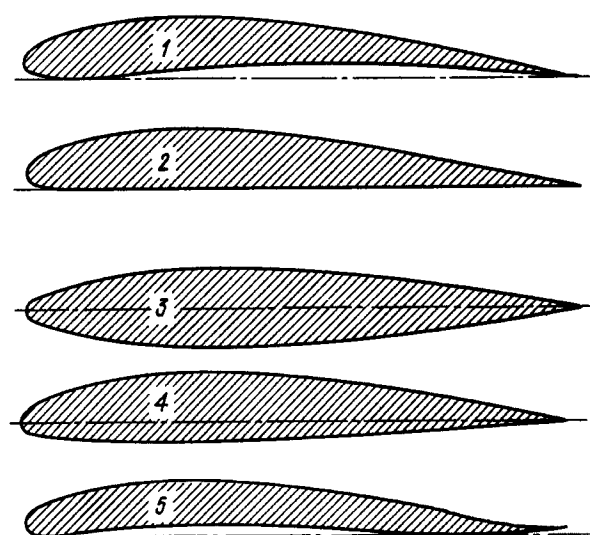


Рис. 43. Формы профилей:

1 — вогнуто-выпуклый; 2 — плосковыпуклый; 3 — двояковыпуклый симметричный; 4 — двояковыпуклый несимметричный; 5 — S-образный

Геометрия профиля и профили

Профилем крыла или оперения называется их сечение плоскостью, параллельной обтекающему их потоку. Это сечение может иметь разную форму (рис. 43). В соответствии с этим профили делятся на вогнуто-выпуклые (1), плоско-выпуклые (2), двояковыпуклые симметричные (3), двояковыпуклые несимметричные (4), S-образные (5).

Прямая, относительно которой определяется положение каждой точки обвода профиля, называется хордой (рис. 44). Отрезок этой прямой от передней точки профиля (его носика) до задней (его хвостика) называется длиной хорды. Расстояние по перпендикуляру от хорды до точек обвода профиля изменяется.

Наибольшая величина суммы высоты верхнего и нижнего обвода называется толщиной профиля. В большинстве случаев толщина профиля задается не по абсолютной величине, а в процентах

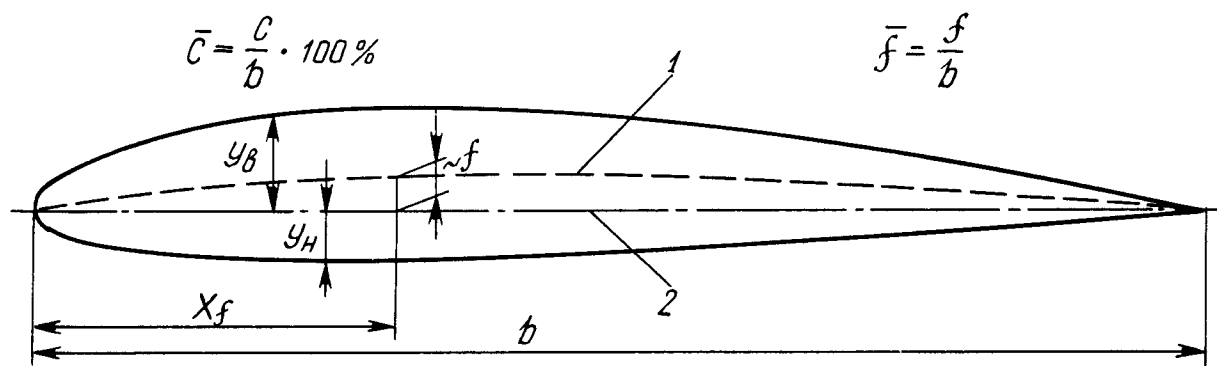


Рис. 44. Элементы профиля:

1 — средняя линия; 2 — хорда; b — длина хорды; f — вогнутость профиля; X_f — расстояние до наибольшей вогнутости; c — толщина профиля; y_B — высота верхнего обвода; y_H — высота нижнего обвода; \bar{c} — относительная толщина профиля; \bar{f} — относительная вогнутость профиля

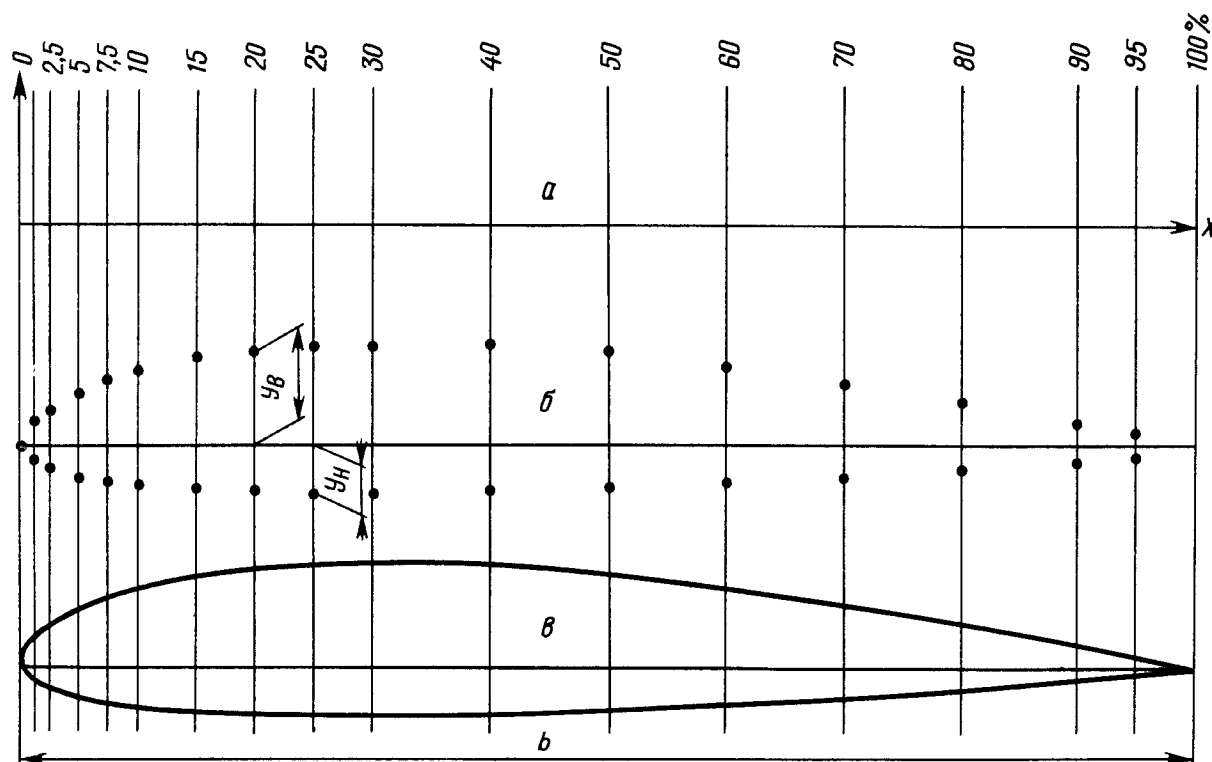


Рис. 45. Построение профиля:

a — координаты; $б$ — ординаты точек контура; $в$ — контур профиля; b — длина хорды

длины хорды и называется относительной толщиной, благодаря чему можно сравнивать между собой различные профили. По относительной толщине профили делятся на тонкие (у которых \bar{c} меньше 8%), средние (\bar{c} равно — 12%) и толстые (\bar{c} больше 12%).

Важной геометрической характеристикой профиля является форма средней линии. Средняя линия соединяет переднюю и заднюю точки профиля и делит пополам отрезки, определяющие толщину профиля.

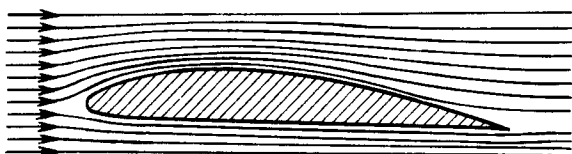
Стрелка прогиба средней линии относительно хорды называется вогнутостью профиля. Отношение вогнутости к длине хорды называется относительной вогнутостью. В зависимости от величины вогнутости профили делятся на маловогнутые (до 1,5%), средней вогнутости (2—4%) и сильно вогнутые (более 4%).

Профили, у которых кривизна средней линии, а следовательно, и вогнутость меняют свой знак, называются S-образными. Геометрические характеристики профилей даются обычно в таблицах. При этом все размеры приводятся в процентах от длины хорды.

Для вычерчивания профиля пользуются системой прямоугольных координат (рис. 45).

Прямую, на которой строится профиль, размечают точками, отстоящими от начала координат на расстояния (в процентах от длины хорды), указанные в таблице профилей (графа X).

Через эти точки проводят перпендикуляры, на которых откладывают в зависимости от знака ординаты точек контура профиля (вверх y_B и вниз y_H). Полученные точки соединяют плавной кривой, которая и образует контур профиля.



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

$$C_y = \frac{1,63 \cdot q}{V_{max}^2}$$

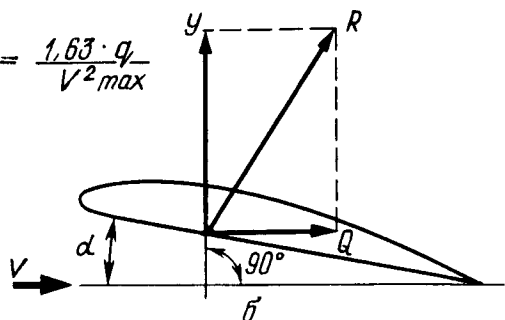


Рис. 46. Обтекание профиля крыла:

R — полная аэродинамическая сила; α — угол атаки; Q — сила лобового сопротивления; Y — подъемная сила; C_y — коэффициент подъемной силы; q — нагрузка на крыло (г/см^2); V_{max} — максимальная скорость полета (м/с)

Особенно внимательно надо вычерчивать носик профиля. Для вычерчивания его формы в таблицах обычно дается величина радиуса носика профиля также в процентах от длины хорды.

Аэродинамические исследования профилей обычно ведутся для целой серии. Каждый профиль серии, помимо цифровых обозначений, характеризующих геометрию профиля, имеет определенное буквенное обозначение, указывающее или учреждение, где создан и исследован профиль, или инициалы автора.

Расшифровка некоторых буквенных обозначений следующая:

ЦАГИ — Центральный аэрогидродинамический институт (СССР);

NACA — Национальный авиационный консультативный комитет (США);

MVA — Институт исследования моделей в Гёттингене (ФРГ);

RAF — Государственные авиационные заводы (Англия);

B — Бенедек, автор авиамodelьных профилей (Венгрия);

SI — Сигурд Изаксон, автор профилей (Дания);

Clark — Вирджиниус Кларк, автор профилей (США);

Gö — Исследовательский институт (ФРГ);

M — доктор Макс Мунк, автор профилей (США);

E — доктор Рихард Эпплер, автор профилей (ФРГ).

Иногда для того, чтобы по условному обозначению профиля иметь представление о его основных геометрических данных, пользуются особым цифровым шифром. Профили серии NACA обозначают, например, так: NACA-4409, NACA-23012 или NACA-6412. При четырехзначном шифре (например, 6412) первая цифра обозначает относительную вогнутость

профиля в процентах от хорды, вторая — положение максимальной вогнутости относительно носика профиля в десятых долях или процентах от хорды, а последние цифры — относительную толщину профиля в процентах от длины хорды. NACA-6409 расшифровывается так: относительная вогнутость — 6%, положение максимальной вогнутости — 0,4 или 40%, относительная толщина профиля — 9%.

Пятизначные обозначения (например, NACA-23012) расшифровываются так: первая цифра обозначает относительную вогнутость, вторая и третья вместе — удвоенную величину положения максимальной вогнутости относительно носика профиля в процентах от длины хорды, последние две цифры — относительную толщину профиля в процентах от хорды.

Подъемная сила

Если тело несимметрично или симметрично, но стоит под углом к направлению движения, то у такого тела возникает большая или меньшая подъемная сила. Есть тела, которые обладают большой подъемной силой при сравнительно малом лобовом сопротивлении. К ним относятся крылья птиц и летательных аппаратов (самолетов, планеров, летающих моделей). Фигура, которая получается при сечении крыла поперечной плоскостью, называется **профилем крыла**.

Мы уже говорили об образовании сопротивления трения и сопротивления давления. Однако всякая несущая поверхность, имеющая какой-либо профиль, помимо сопротивления создает еще и подъемную силу, обеспечивающую полет летательного аппарата. Если крыло поставить под некоторым углом к направлению потока (рис. 46), то на него будет действовать сила, называемая **полной аэродинамической силой**.

Ее можно разложить на две составляющие: по направлению потока — **сила лобового сопротивления**; перпендикулярно к потоку — **подъемная сила**.

О подсчете и формуле лобового сопротивления говорилось выше. Величина подъемной силы может быть подсчитана по аналогичной формуле.

По своей величине C_y хороших крыльев превышает величину C_x в 20—30 раз. Установлено также, что величина C_y зависит от числа Рейнольдса и турбулентности потока воздуха.

При определении коэффициента подъемной силы также пользуются таблицами самолетных профилей, учитывая, при каких условиях и числах Рейнольдса эти таблицы составлены. Значения коэффициента C_y и C_x находят путем продувки эквивалентного крыла в аэродинамической трубе, а их значения наносят на график. Удобно их показывать на одном графике, который называется **полярой крыла**. Поляру строят для углов атаки от -4° до $+22^\circ$, откладывая на осях значения C_y и C_x , пометая соответствующие углы атаки. Так как эти значения зависят от удлинения и числа Рейнольдса, то указывают их величины для данного графика.

Имея поляру (рис. 47), можно определить ряд величин, которые характеризуют крыло. Если провести касательную к поляре, параллельную оси C_x , то в точке касания получают угол атаки, соот-

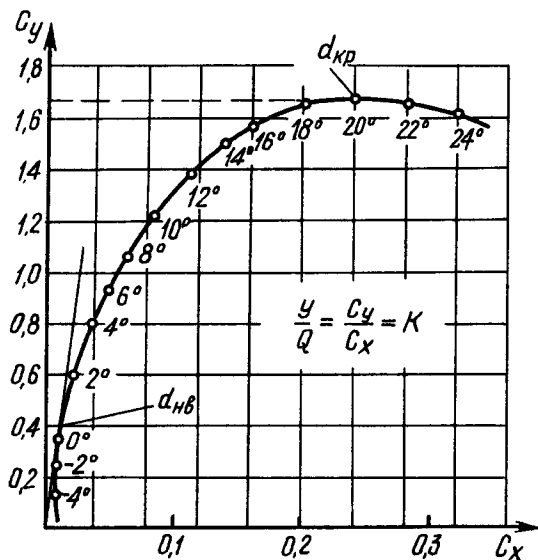


Рис. 47. Поляра крыла:

$\alpha_{кр}$ — критический угол атаки; $\alpha_{нв}$ — наивыгоднейший угол атаки; K — аэродинамическое качество

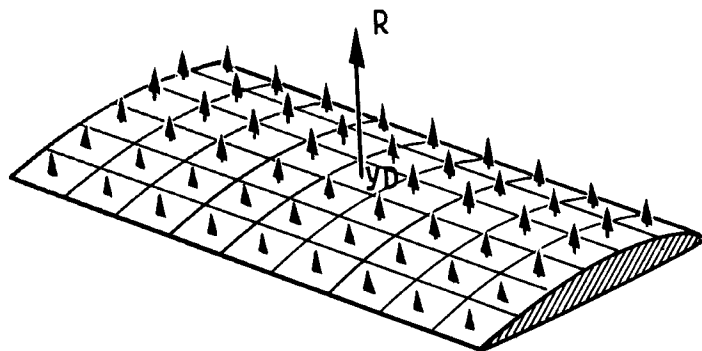


Рис. 48. Воздушные нагрузки, действующие на крыло:
 R — равнодействующая сила полного давления; ЦД — центр давления

ветствующий максимальной величине C_y . Этот угол называется критическим углом атаки. Как видно из поляры, при увеличении угла атаки до критического коэффициента подъемной силы и силы лобового сопротивления увеличиваются. Существует такой угол атаки, для которого соотношение C_y и C_x оказывается максимальным. Этот угол атаки называется **наивыгоднейшим**.

Чтобы его найти, нужно из начала координат провести касательную к поляре.

Отношение подъемной силы к лобовому сопротивлению или их коэффициентов называется **аэродинамическим качеством**. Значения подъемной силы и, соответственно, их коэффициентов с изменением углов атаки меняются, значит, меняется и качество крыла.

Важным является понятие центра давления. На разные участки крыла действуют различные давления (рис. 48).

Если разбить поверхность крыла на квадратики и сложить силы, действующие на них, то получим равнодействующую силу полного давления. Точка приложения равнодействующей воздушных сил называется **центром давления**. Условились

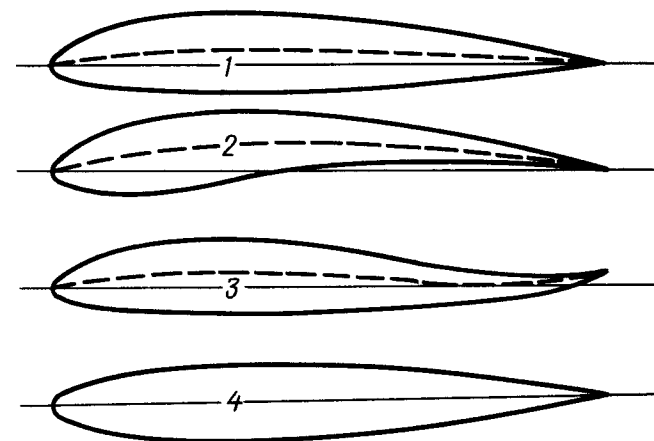
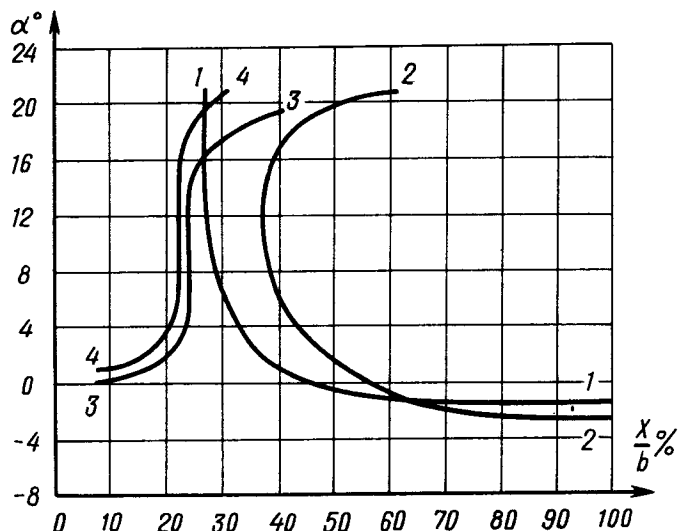


Рис. 49. Перемещение ЦД профилей в зависимости от угла атаки:

1 — двояковыпуклых несимметричных; 2 — вогнуто-выпуклых; 3 — S-образных; 4 — симметричных

считать, что центр давления лежит на хорде крыла. Если характер обтекания правой и левой половины крыла одинаков, центр давления всего крыла лежит в плоскости симметрии. Нарушение геометрической и аэродинамической симметрии крыла вызовет смещение центра давления. Поэтому важно точно выполнять крыло модели, добиваться, чтобы не было перекосов, разности установочных углов, разности профилей и других асимметрий.

Положение центра давления на хорде зависит от угла атаки и оказывается различным у профилей разной формы. Характер перемещения центра давления вдоль хорды при изменении угла атаки также зависит от формы профиля, вернее, от вогнутости средней линии (рис. 49).

В этом отношении профили делятся на три категории — несимметричные (1—2), S-образные (3) и симметричные (4). У несимметричных профилей центр давления (ЦД) при увеличении угла атаки перемещается вперед и наиболее переднее положение занимает при углах атаки, близких к критическим. В этом случае ЦД находится примерно на расстоянии 25—35% хорды от носика профиля. При уменьшении угла атаки ЦД перемещается назад

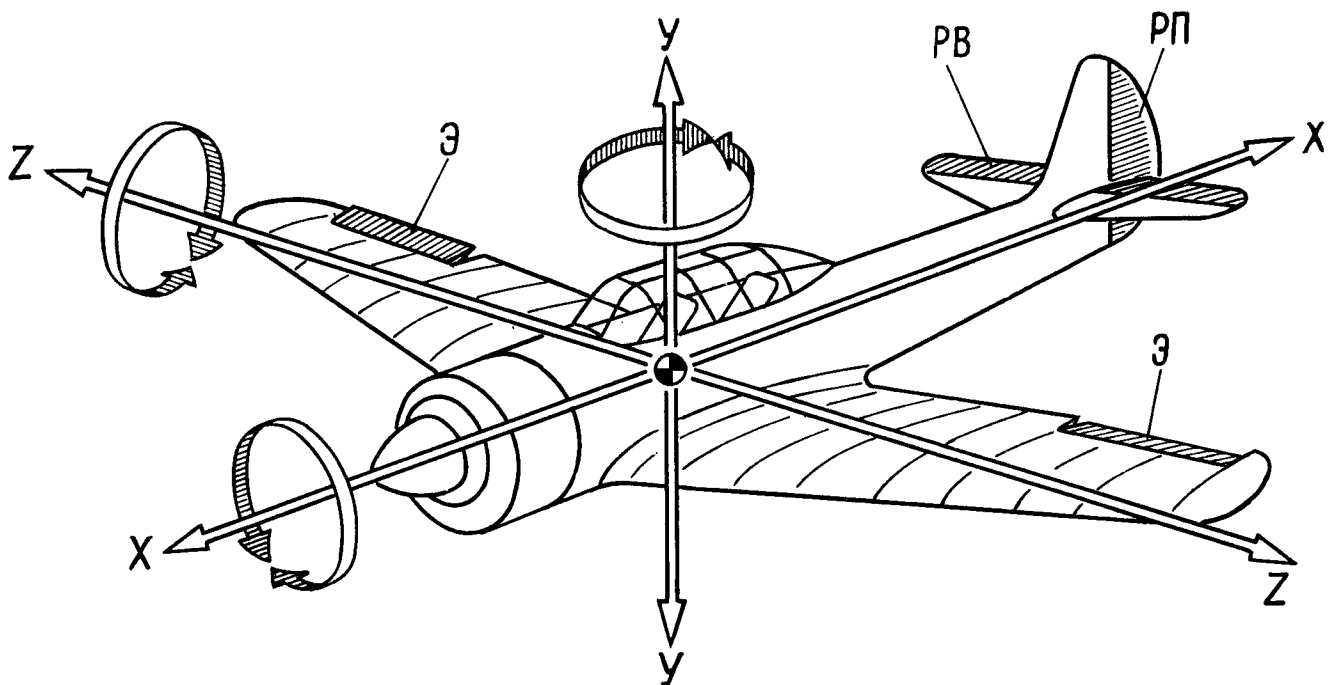


Рис. 50. Оси, вокруг которых колеблется модель:

y — y — вертикальная ось; z — z — поперечная ось; x — x — продольная ось; Э — элероны; РВ — руль высоты; РП — руль поворота

и при углах атаки, близких к $C_y=0$, уходит за пределы крыла.

Несколько иное перемещение ЦД у S-образных профилей. Если хвостик профиля отогнут мало, то перемещение ЦД такое же, как и профилей первой категории. Если хвостик отогнут больше, то профиль будет иметь постоянный центр давления. Если же его отогнуть еще больше, то центр давления при увеличении угла атаки отходит назад. Профили такого типа применяются на моделях «летающее крыло».

У симметричных профилей средняя линия прямая и центр давления в пределах значительного диапазона углов атаки занимает постоянное положение, находясь примерно на расстоянии 25% длины хорды от носика, а при углах атаки, больших критического, центр давления резко уходит назад.

Балансировка и устойчивость моделей

Летающая модель может летать на режиме, соответствующем определенной скорости, при выполнении двух условий:

если моменты сил, действующие на модель, могут быть уравновешены (сбалансированы) на этом режиме (это условие называется баланси́ровкой);

если модель самостоятельно возвращается в состояние равновесия, после того как причины, нарушившие это равновесие, перестанут действовать (это условие называется устойчи́востью). Исходным, следовательно, является равновесие сил и моментов, что бывает, когда модель летит с постоянной скоростью и углом атаки. В полете модель совершает колебания вокруг трех осей, проведенных через центр тяжести (рис. 50).

Вращение модели можно рассматривать вокруг каждой из этих осей. Вращаясь вокруг поперечной

оси z , модель совершает продольные колебания, вращаясь вокруг вертикальной оси y — путевые колебания, и вращаясь вокруг оси x — поперечные колебания.

К каждому из этих вращений можно применить сформулированные выше два условия. Таким образом, модель должна быть сбалансирована в продольном отношении и обладать продольной устойчивостью. Она должна также иметь путевую и поперечную устойчивость и быть сбалансирована в путевом и поперечном отношении.

Путевая и поперечная устойчивость тесно связаны друг с другом, поэтому часто их объединяют и называют боковой устойчивостью.

Продольная устойчивость

Продольная устойчивость модели, имеющей оперение, обеспечивается стабилизатором и соответственно подобранным положением центра тяжести модели (рис. 51).

Действие стабилизатора заключается в следующем. Если модель внезапно под действием потоков воздуха изменила угол атаки, то на стабилизатор, который также отклонится и изменит свой угол атаки, начнет действовать добавочная воздушная сила $\Delta U_{г.с}$. Плечом этой силы относительно центра тяжести модели будет расстояние $L_{г.с}$ называемое плечом горизонтального оперения. Возникает момент ($M_{г.с}$), который и возвращает модель в исходное положение. Как видно из формулы, приведенной на рис. 51, чем больше плечо горизонтального оперения и площадь стабилизатора, тем больше момент от горизонтального оперения и тем эффективнее его действие, направленное на обеспечение устойчивости.

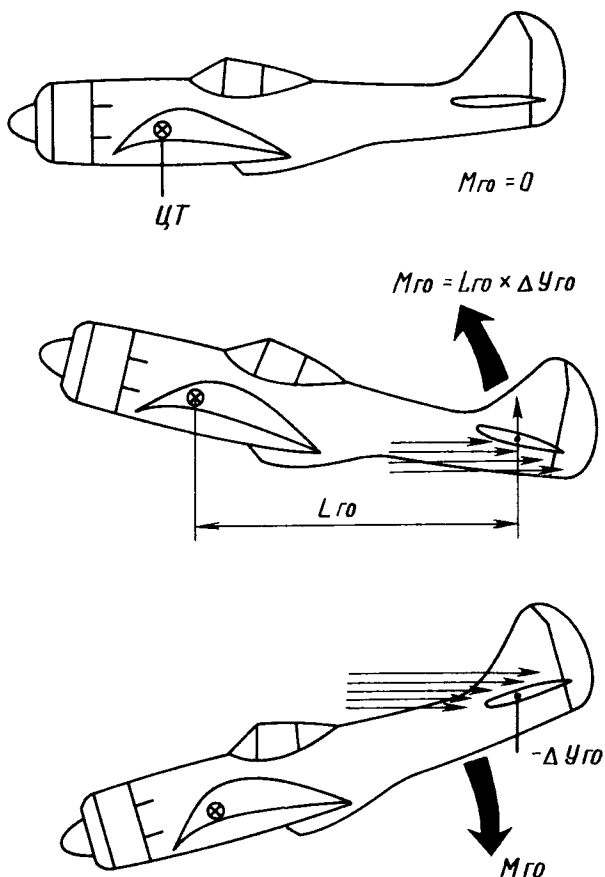


Рис. 51. Влияние горизонтального оперения на обеспечение продольной устойчивости

Однако такому действию обычно противодействует крыло, особенно если положение центра тяжести модели относительно хорды крыла оказывается достаточно близким к задней кромке.

Чтобы разобраться, как влияет положение центра тяжести по хорде крыла на продольную устойчивость, вспомним, как перемещается точка приложения аэродинамической силы (центр давления). Из аэродинамики известно, что центр давления перемещается примерно так, как это показано на рис. 52. С увеличением угла атаки он обычно перемещается вперед, с уменьшением — назад.

Момент подъемной силы относительно центра тяжести модели стремится повернуть крыло, а с ним и всю модель в ту или иную сторону. Момент, стремящийся увеличить угол атаки крыла, считается положительным и называется к а б р и р у ю щ и м; момент, стремящийся уменьшить угол атаки, считается отрицательным и называется п и к и р у ю щ и м. Величина и направление момента очень сильно зависят от положения центра тяжести модели, через который проходит поперечная ось.

Следовательно, если ось, проходящая через центр

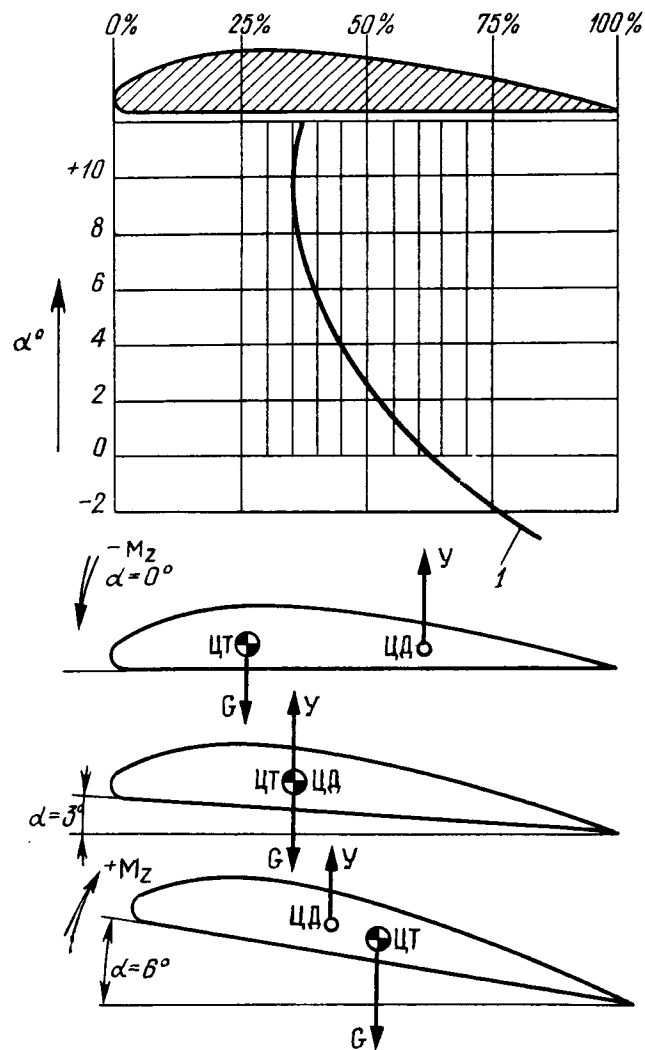


Рис. 52. Перемещение центра давления (ЦД) в зависимости от угла атаки:

I — кривая перемещения; α — угол атаки; M — момент от подъемной силы; Y — подъемная сила; G — сила веса

тяжести модели, расположена близко к передней кромке крыла, то оно будет устойчиво в продольном отношении, и такому крылу не потребуются стабилизатор. При центре тяжести, расположенном от передней кромки дальше четверти хорды, крыло окажется неустойчиво и стабилизатор будет нужен.

Таким образом, мы видим, что расположение центра тяжести модели относительно крыла сильно влияет на момент крыла и определяет продольную устойчивость модели. Продольная устойчивость модели зависит и от расположения центра тяжести по высоте: чем ниже он расположен относительно хорды крыла, тем более устойчива модель. При этом центр тяжести действует как маятник стенных часов. Если мы отведем маятник вбок, он будет тем быстрее возвращаться в исходное положение, чем ниже расположен его груз. Летящая модель после того, как нарушится ее равновесие в результате какой-либо внешней причины, может совершать разнообразные продольные движения. Под влиянием одной из внешних причин модель выводится из того режима полета, то есть с того угла атаки, на который она рассчитана и отрегулирована.

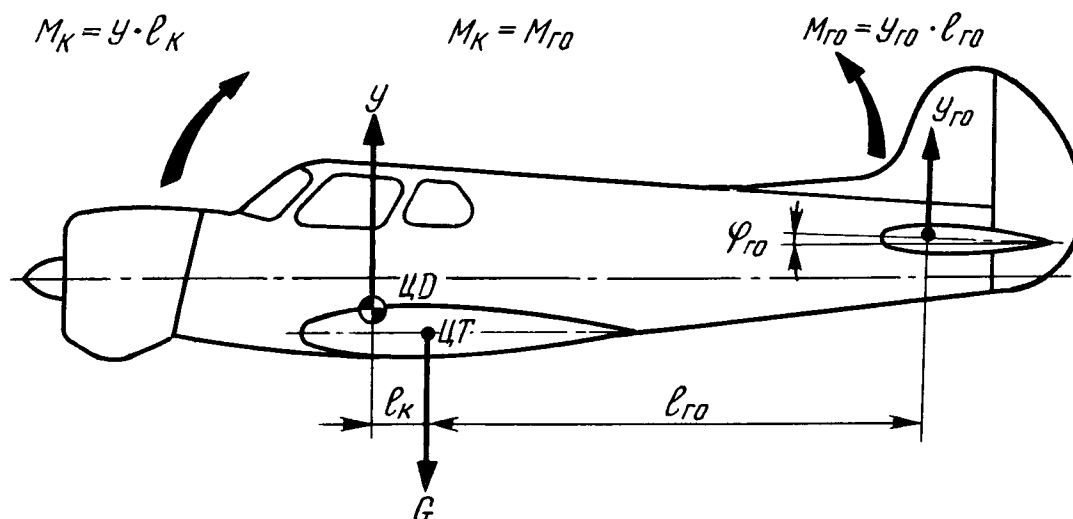


Рис. 53. Равновесие моментов от действия стабилизатора и крыла

Продольное движение самолета изучается отраслью аэродинамики, называемой динамической устойчивостью самолета. Чтобы выявить связь основных размеров модели с характером ее продольных движений, воспользуемся важнейшими выводами динамической устойчивости самолета.

В теории у самолета, планера и летающей модели различают две принципиально разные продольные неустойчивости: аperiodическую и колебательную. Аperiodическая неустойчивость характеризуется тем, что модель, выведенная из равновесия, уходит от исходного угла атаки, непрерывно увеличивая это отклонение, пока не сваливается на крыло. При колебательной неустойчивости модель, выведенная из равновесия, совершает продольные колебания вокруг центра тяжести; полет при этом происходит волнообразно со все увеличивающейся амплитудой. Размеры модели необходимо выбирать так, чтобы, не имея аperiodической неустойчивости, она имела определенную степень колебательной устойчивости. Модель, устойчивая в колебательном отношении, должна уменьшать амплитуду вдвое на третьей половине продольных колебаний. Расчеты показывают, что для этого необходимо соответствующим образом выбирать положение центра тяжести относительно средней аэродинамической хорды, а также размеры стабилизатора.

На характер продольных колебательных движений самолета и модели влияет много факторов. Этими факторами являются коэффициент лобового сопротивления, размеры и положение стабилизатора, положение центра тяжести, разнесенность масс относительно центра тяжести (момент инерции модели), скорость полета и, наконец, так называемая плотность самолета или модели. Плотность самолета характеризует способность самолета своей массой сопротивляться воздействию внешних возмущений.

Как показывают теоретические исследования, характер продольного колебательного движения самолета или летающей модели меняется по-разному в зависимости от изменения продольной центровки при разных плотностях. Оказывается, например, что

для улучшения продольной колебательной устойчивости транспортного самолета, имеющего большую плотность, необходимо перемещать центр тяжести вперед, а для парящей модели, имеющей малую плотность, перемещение ЦТ вперед ухудшает продольную колебательную устойчивость. При более передней центровке модель или самолет стремятся более интенсивно вернуться в исходное положение. Чем меньше нагрузка на крыло, то есть чем меньше плотность, тем более интенсивно проявляется это стремление. При этом, стремясь вернуться к равновесию, модель столь энергично меняет свой угол наклона, что «проскакивает» исходное положение, к которому она стремилась. Этот процесс повторяется каждый раз, из-за чего возникают продольные колебания.

Смещая центр тяжести назад до 0,5—0,6 хорды, мы уменьшаем быстроту возвращения в исходное положение и склонность модели к продольным колебаниям. Именно поэтому парящие модели лучше всего летают с задними центровками.

Стабилизатор кроме сохранения продольной устойчивости модели позволяет получить равновесие (балансировку) всех продольных моментов, действующих на модель на нужном угле атаки. Для того чтобы сбалансировать момент, действующий на крыло на данном угле атаки, необходимо расположить стабилизатор под таким углом, при котором воздушная сила, действующая на него, создала бы относительно центра тяжести момент, равный моменту от крыла (рис. 53).

Боковая устойчивость

Если под влиянием внешних воздействий модель повернется на некоторый угол вокруг вертикальной оси, то у устойчивой в путевом отношении модели должны появиться силы, стремящиеся восстановить первоначальную траекторию полета. Такая устойчивость называется путевой устойчивостью (рис. 54).

Путевая устойчивость обеспечивается наличием вертикального оперения и определенным соотношением боковых площадей модели относительно ее

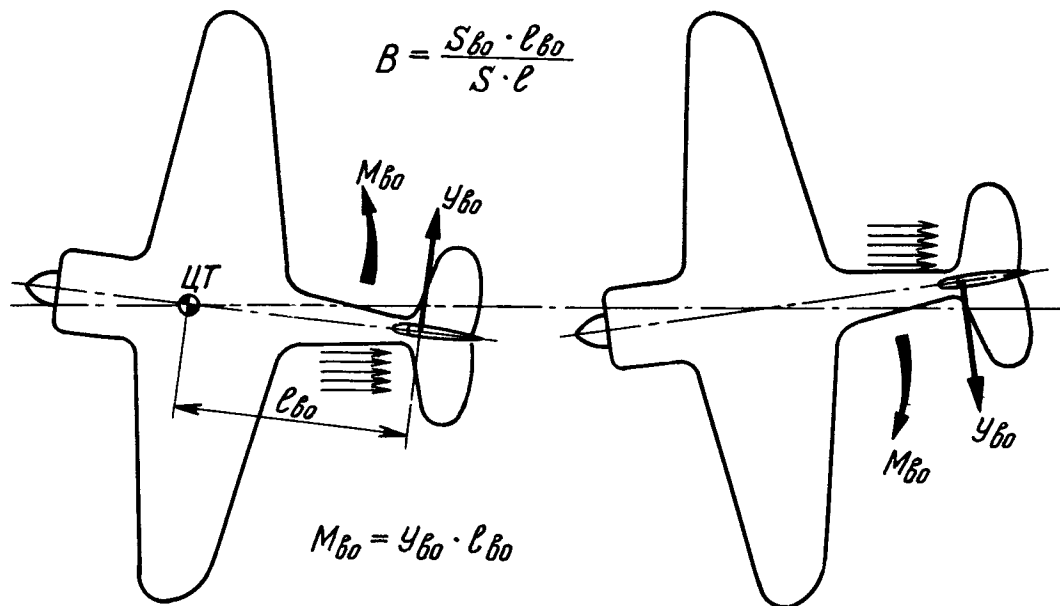


Рис. 54. Действие вертикального оперения на путевую устойчивость:

B — величина относительного статического момента вертикального оперения; $l_{\delta 0}$ — плечо вертикального оперения; S — площадь крыла; l — размах крыла

центра тяжести. Эффективность вертикального оперения определяется величиной относительного статического момента его площади.

При достаточно развитом вертикальном оперении и значительном плече модель обычно устойчива. Если же эффективность вертикального оперения мала, то на малых углах скольжения может возникнуть боковое раскачивание модели или модель будет нейтральной к боковым порывам.

Поперечная устойчивость и взаимодействие с устойчивостью пути

Поперечной устойчивостью называется способность модели выходить из случайного крена. Поперечная устойчивость тесно связана с боковой устойчивостью (устойчивостью пути), так как в реальных условиях крен модели сопровождается появлением бокового скольжения, что приводит к изменению курса (пути).

При возникновении крена, когда модель начинает скользить вбок (рис. 55), появляются поперечные моменты, которые у устойчивых в поперечном и путевом отношении моделей устраняют крен и разворот.

Как видно из рисунка, левое крыло, в сторону которого скользит модель, встречает поток воздуха под большим углом, чем правое. Поэтому на левой половине крыла возникает большая подъемная сила, чем на правом. Центр приложения суммарной подъемной силы смещается в сторону крыла с большей подъемной силой. Образуется плечо между центром тяжести и центром приложения суммарной подъемной силы. Возникает момент, который и возвращает модель в первоначальное положение.

Эти моменты достигаются приданием крылу поперечного V при виде спереди или сзади. Модели, имеющие значительное поперечное V крыла, очень устойчивы.

Различают два вида поперечной и боковой неустойчивости — колебательную и спиральную.

Колебательная неустойчивость характеризуется периодическим раскачиванием модели из стороны в сторону. Этот вид неустойчивости может быть вызван недостаточной площадью вертикального оперения или малым плечом между центром тяжести и вертикальным оперением. Спиральная неустойчивость модели характеризуется «затягиванием» модели в спираль, радиус которой уменьшается со временем. Этот вид неустойчивости бывает вызван обычно недостаточным поперечным V крыла или чрезмерно большой площадью вертикального оперения. Важными параметрами для обеспечения поперечной и боковой устойчивости модели являются ее моменты инерции относительно центра тяжести. Величина этих моментов зависит от разноса масс модели. Иногда модели, имеющие правильно выбранные соотношения стабилизирующих и несущих поверхностей, летают неустойчиво вследствие чрезмерного утяжеления концов крыльев или неправильного размещения дополнительного оборудования в фюзеляже. Желательно все дополнительное оборудование (особенно это относится к радиоуправляемым моделям) размещать как можно ближе к центру тяжести.

Центр тяжести

Центром тяжести модели называется точка приложения силы массы модели.

Все детали модели имеют определенную массу. Масса модели складывается из массы конструкции модели в готовом состоянии и массы дополнительного оборудования (двигатель, топливный бак с горючим, радиооборудование, электропитание, дополнительные механизмы). Расположение центра тяжести относительно средней аэродинамической хорды крыла, выраженное в процентах, называется центровкой.

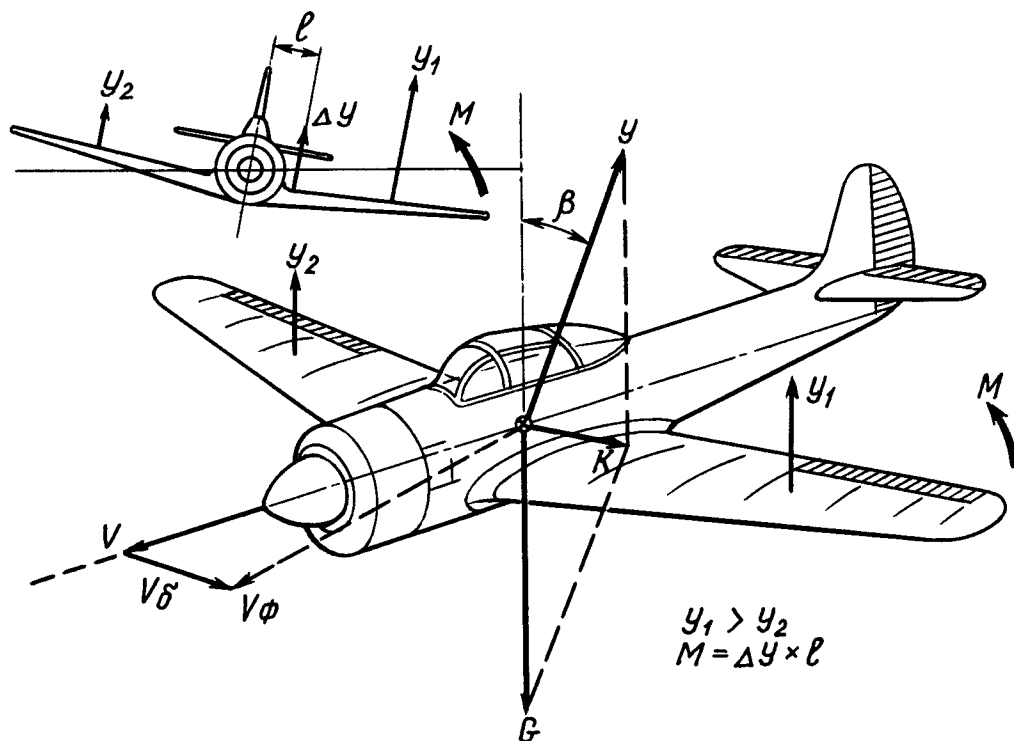


Рис. 55. Взаимодействие поперечной устойчивости с устойчивостью пути

Центр тяжести не обязательно должен находиться на средней аэродинамической хорде. Как раз чаще всего он на ней и не расположен, а находится выше или ниже САХ. Модели неустойчивы, если центр тяжести расположен выше САХ. Если же центр тяжести расположен ниже САХ, то такие модели тем более устойчивы, чем ниже расположен центр тяжести. Отсюда ясно, что модели с верхним расположением крыла гораздо устойчивей, чем с нижним. Центровка имеет очень большое значение для летных характеристик модели, поэтому уже на стадии проектирования надо знать положение центра тяжести, а конструируя силовой набор и размещение всевозможных дополнительных устройств, необходимо учитывать их массу, их удаление от центра тяжести, так как они будут создавать моменты в полете. Следует так продумать конструкцию в целом, чтобы потом на готовой модели не пришлось загружать нос или хвост, левое или правое крыло, ведь это будет паразитный (бесполезный) груз, а нормы и так очень жесткие для расчета массы модели.

Управляемость

Самолет-прототип, управляемый человеком, должен реагировать на отклонения определенных органов управления.

Подобные же органы имеются и на моделях, которыми управляют с помощью корд (на кордовых моделях), с помощью заранее запрограммированных различных механизмов, а также с помощью радиоустройств.

Выше говорилось, что модель должна сохранять устойчивость вокруг трех взаимно перпендикулярных осей. Способность изменять свое положение относительно этих же осей под воздействием орга-

нов управления называется управляемостью модели.

Вращение вокруг вертикальной оси, то есть в путевом отношении, осуществляют с помощью руля направления. Повороты вокруг продольной оси (по крену) производят с помощью элеронов, размещенных на половинках крыльев и отклоняющихся в противоположные стороны. Для изменения положения вокруг поперечной оси предназначены рули высоты, укрепленные на стабилизаторе. Этой же цели служат отклонения всего стабилизатора.

Иногда вращение вокруг осей z и x осуществляется одновременно с помощью рулей, называемых элеронами, которые работают как элероны и рули высоты. Такие устройства чаще всего применяются на летательных аппаратах типа летающее крыло, то есть не имеющих стабилизатора. Кроме того, на самолетах применяются и другие аэродинамические рули (закрылки, предкрылки, щитки, управляемые щели и другие устройства), предназначенные менять скорость или траекторию полета самолета.

Управляемость — действие, обратное устойчивости. Очень устойчивые самолеты и модели одновременно являются и плохо управляемыми, а слабо устойчивые самолеты и модели, наоборот, хорошо управляемыми. Эти два противоположных фактора несовместимы и специфичны для каждого типа самолета и модели. К примеру, транспортный самолет должен быть устойчив за счет некоторого снижения управляемости, а самолет, предназначенный для выполнения фигур высшего пилотажа, должен быть хорошо управляем за счет снижения устойчивости.

Такая же зависимость наблюдается и в моделизме. Модель, не предназначенная для выполнения фигур, делается более устойчивой за счет снижения управляемости. На такой модели некоторое время можно производить полет, не управляя ею, и она сохраняет заданный режим и устойчиво продолжает

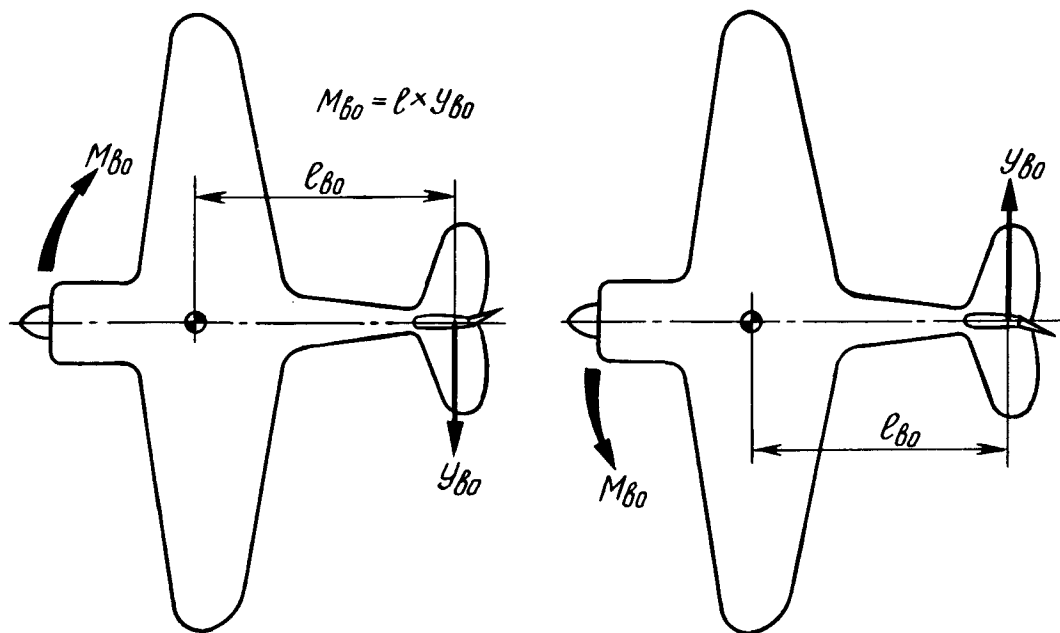


Рис. 56. Действие руля поворота

полет. Наоборот, модели, предназначенные для выполнения фигур высшего пилотажа, делаются легко управляемыми, но они не держат режима полета без действия рулями управления, то есть модель неустойчива. Такими, к примеру, делаются кордовые и радиоуправляемые пилотажные модели.

Как же производится управление моделью и повороты ее вокруг трех осей?

Как уже говорилось выше, вращение вокруг вертикальной оси осуществляется с помощью руля направления. Отклоняясь, руль направления искривляет в ту или другую сторону среднюю линию профиля, как бы изменяя форму профиля. В результате возникает боковая сила, которая, действуя на плечо, создает момент, разворачивающий модель в сторону отклонения руля направления (рис. 56). Чтобы прекратить вращение, необходимо вернуть руль направления в исходное положение. Иногда бывает и так, что руль вернулся в исходное положение, а модель еще продолжает вращение. Здесь, как и в отношении устойчивости, сохраняются силы инерции, зависящие от массы и разброса грузов.

Чтобы осуществить вращение вокруг продольной оси, например, влево, необходимо элерон левого крыла поднять вверх, а элерон правого крыла опустить вниз. Происходит то же самое, что и на руле направления, но в двух позициях (рис. 57, а). На левом крыле при отклоненном вверх элероне уменьшается подъемная сила крыла за счет изменения обтекания крыла в месте расположения элерона, а на правом крыле, по тем же причинам, подъемная сила увеличивается. Центр давления перемещается в сторону крыла с большей подъемной силой и образуется плечо между центром давления и центром тяжести. Произведение разности подъемных сил на плечо дает момент, который и накреняет модель в левую сторону. Чтобы остановить вращение и оставить лететь модель с каким-то креном, необходимо вернуть элероны в исходное положение. Здесь тоже оказываются силы инерции и разнос масс крыла. Иногда, особенно при слишком тяжелых концах крыла, для прекращения дальнейшего увеличения

крена приходится не только возвращать элероны в исходное положение, но и отклонять их в обратном направлении.

Чтобы управлять моделью по высоте, то есть вращать вокруг поперечной оси, должен быть отклонен руль высоты. При нормальной схеме модели, когда крыло вперед, а стабилизатор с рулем высоты сзади, для набора высоты необходимо отклонить руль высоты вверх, а для снижения — вниз (рис. 57, б).

При отклонении руля высоты вверх возникает (за счет искривления профиля стабилизатора и изменения потока обтекания) подъемная сила стабилизатора. Эта сила, действуя на плечо, создает момент стабилизатора, что заставляет модель изменять высоту. Этот же момент переводит крыло на большие или меньшие углы атаки. На крыле увеличивается или уменьшается полная аэродинамическая сила и, как следствие, подъемная сила крыла, что способствует более быстрому вращению. Для прекращения вращения также надо вернуть руль высоты в исходное положение. На процессе управления по высоте сказываются силы инерции и разнос масс грузов. В установившемся режиме набора высоты или снижения при определенной скорости руль высоты находится в нейтральном положении, как и в горизонтальном полете.

Так же как и устойчивость, управляемость модели вокруг каждой из трех осей находится в непрерывной взаимозависимости. Так, при управлении рулем направления появляется крен и, наоборот, при управлении по крену наблюдается разворот по курсу, а при одновременной работе рулем высоты и элеронами происходит изменение по высоте — опускается или поднимается нос модели. Бывают такие самолеты и модели, когда при хорошей управляемости, но при наличии некоторых, пусть даже и малых моментов, изменяющих движение по всем или отдельным осям, приходится делать много мелких движений довольно большими рулями, что приводит к «проскакиванию» нужного режима. Бывает и другое: в течение полета меняется центровка

в результате выработки горючего. Для того чтобы изменить в небольших пределах балансировку модели, делают дополнительные маленькие рули, называемые триммерами, которыми можно управлять в течение полета. На самолете для этого служат специальные ручки или (при электрическом управлении) тумблеры, управляющие триммерами.

На радиоуправляемых моделях триммирование применяется довольно часто. Однако на моделях не делают специальные рули-триммеры, как на самолетах, а управляют или целиком стабилизатором, изменяя в полете угол установки его, или смещают нейтральное положение руля высоты в нужную сторону. Для такого управления используется радиоаппаратура в основном с пропорциональным управлением.

Все вышесказанное относится к моделям свободного полета и к радиоуправляемым. Кордовые модели имеют свои особенности устойчивости, балансировки и управляемости, о чем будет рассказано в соответствующем разделе.

Воздушный винт на летающей модели

Все копии летающих моделей, за исключением копии планера, имеют устройства, с помощью которых они перемещаются в полете. Эти устройства состоят из двух основных частей — двигателя и движителя. Двигатель приводит в движение движитель, а последний создает силу, необходимую для полета авиамодели. В данной книге не разбираются вопросы теории и конструкции двигателей, так как эта тема довольно широко освещена во многих книгах. Что же касается движителей, то полезно остановиться на некоторых вопросах, влияющих на полет модели.

Для того чтобы модель могла держаться в воздухе и двигаться вперед, к ней, как и к летящему самолету, должны быть приложены две силы: подъемная и сила тяги. Подъемная сила при горизонтальном полете равняется весу модели и создается крыльями, а иногда частично и стабилизатором (рис. 58, а).

Сила тяги создается вращающимся воздушным винтом или, если модель имеет реактивный двигатель, представляет собой силу реакции газов, выходящих из этого двигателя. При горизонтальном полете сила тяги равна силе сопротивления воздуха, а при наборе высоты сила тяги, кроме преодоления сопротивления воздуха, воспринимает также часть массы модели (рис. 58, б). Поэтому для набора высоты тяга должна быть несколько больше, чем для горизонтального полета с той же скоростью. При планировании с неработающим двигателем и воздушным винтом модель получает поступательное движение за счет силы, являющейся частью веса модели (рис. 58, в).

Как образуется сила тяги воздушным винтом? Вращающийся воздушный винт своими лопастями непрерывно отбрасывает струю воздуха назад, то есть в сторону, противоположную полету. Отбрасываемая масса воздуха в силу закона Ньютона (действие равно противодействию) стремится оттолкнуть воздушный винт в обратную сторону, то есть в сторону полета.

Кроме того, частью силы тяги является еще одна

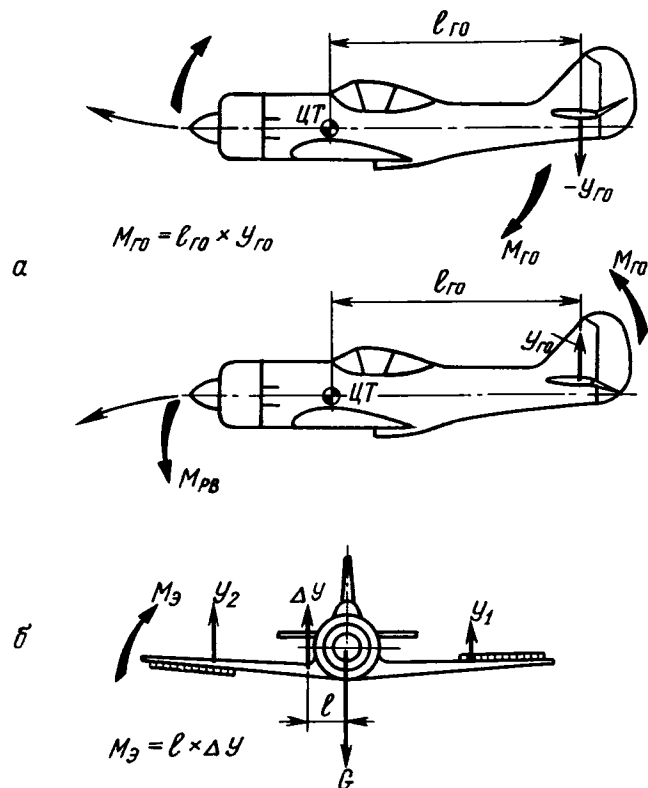


Рис. 57. Действие руля высоты и элеронов

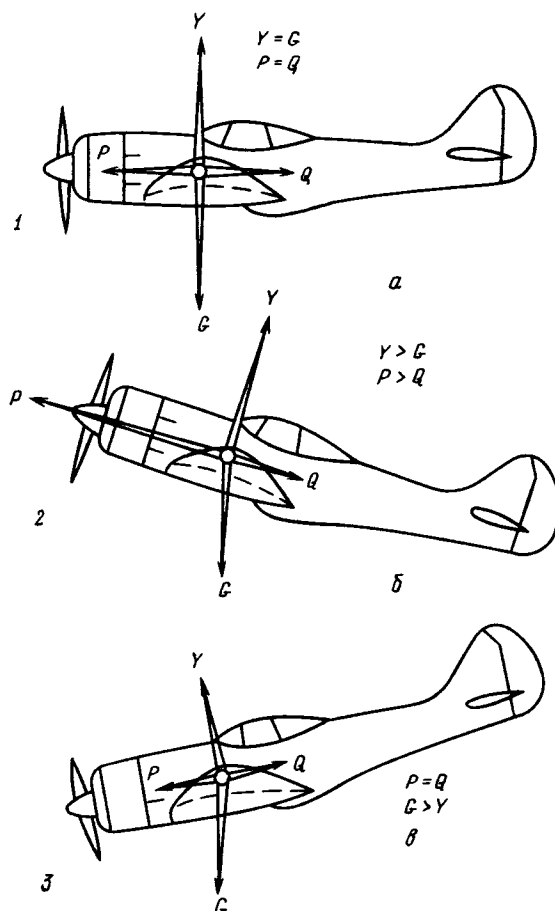


Рис. 58. Силы, действующие на модель:

P — сила тяги; Q — лобовое сопротивление; G — сила массы; Y — подъемная сила; 1 — в условиях горизонтального полета; 2 — в наборе высоты; 3 — на планировании

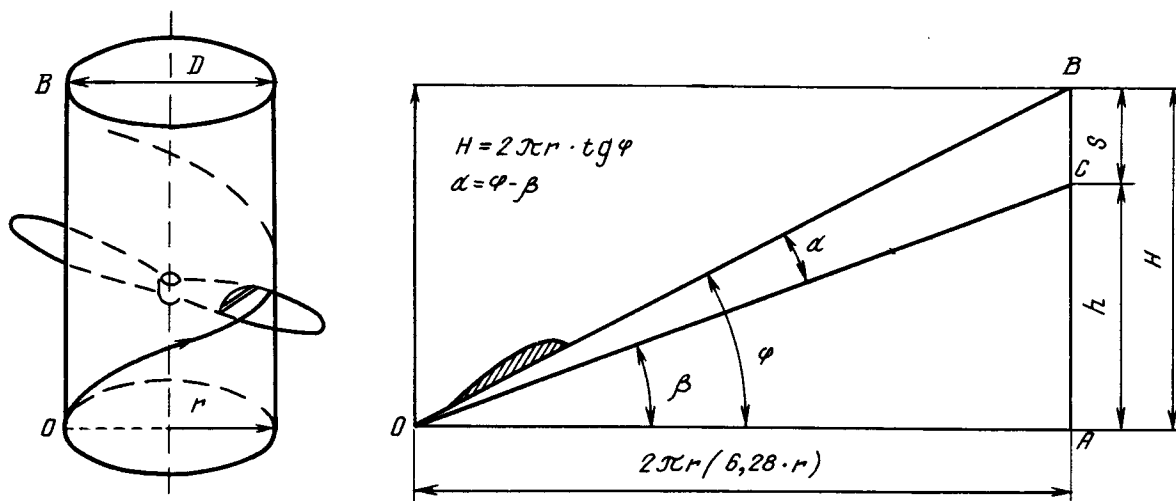


Рис. 59. Геометрические характеристики сечения лопасти винта:

$2\pi R$ — длина окружности; H — геометрический шаг винта; h — действительный шаг винта (поступь); S — скольжение; α — угол атаки элемента лопасти; φ — угол установки элемента лопасти; β — угол действительного шага (поступи)

сила, о которой мы постараемся также дать представление. Если лопасть винта разрезать поперек, то этот элемент лопасти имеет профиль, подобный профилю крыла. А так как воздушный винт вращается по кругу и каждый его элемент движется с какой-то скоростью под каким-то углом атаки к потоку воздуха, на каждом элементе лопасти возникает сила, подобная подъемной силе крыла, но направленная не вверх, а вперед по траектории полета модели. Суммарная сила реактивного момента винта и сила, возникающая при движении лопасти по кругу, и создают так называемую силу тяги.

Одним из основных геометрических размеров воздушного винта является его диаметр, точнее диаметр круга, описываемого концами лопастей при вращении винта. Плоскость этого круга называется плоскостью вращения винта, а площадь круга называется площадью, ометаемой винтом.

Расстояние от оси вращения винта до конца лопасти называется радиусом винта. Характерной величиной для винта является его шаг, или то расстояние, которое пройдет винт вдоль оси своего вращения за один оборот при вращении в твердом теле.

Если около оси винта вычертить цилиндр произвольного радиуса (рис. 59), то любая точка сечения лопасти, лежащая на поверхности этого цилиндра, если представить, что он движется в твердой среде, будет двигаться по винтовой линии. Разрезав полученный таким образом цилиндр по образующей и развернув, получим прямоугольник, в котором винтовая линия изобразится диагональю OB .

Сторона AO равна пути, который проходит сечение лопасти за один оборот. При этом сторона AB дает так называемый шаг винта (H).

Между шагом и углом установки сечения лопасти существует простое соотношение, выведенное по законам прямоугольного треугольника ABO .

Отсюда следует, что, зная угол установки каждого сечения лопасти и радиус, можно найти соответ-

ствующий шаг. Если все сечения лопасти воздушного винта имеют одинаковый шаг, то такие винты называются винтами постоянного шага. Если в различных сечениях лопасти шаг различный, то такие винты называются винтами переменного шага. Закон изменения шага по длине лопасти зависит от конструкции и формы винта. Обычно шаг винта к концу лопасти уменьшают.

Так как воздух не является твердым телом, то путь, проходимый воздушным винтом за один оборот, или действительный шаг винта, будет отличаться от геометрического шага на величину, которая называется скольжением. При нормальном горизонтальном полете действительный шаг меньше геометрического и скольжение положительное. При планировании с большой скоростью с винтом, вращающимся на малых оборотах, действительный шаг может оказаться больше геометрического, а скольжение будет отрицательным. Таким образом, действительный шаг или, как его называют в расчетах, поступь — это то расстояние, которое модель пролетает за время, пока воздушный винт сделает один оборот. Разность между шагом винта и его поступью называется скольжением (S).

Из сказанного выше следует, что лопасть движется по линии OC и имеет угол атаки тем больше, чем больше скольжение. Поступь можно определить, разделив скорость модели в метрах в секунду на число оборотов винта в секунду. Если разделить величину поступи на диаметр винта в метрах, то получим относительную поступь. Эта величина чрезвычайно важна при подборе и расчете воздушных винтов.

Воздушные винты в зависимости от направления вращения называются левыми или правыми. Если винт при полете модели от нас вращается против часовой стрелки, то он называется левым, если же он вращается по часовой стрелке, то он называется правым. Винты, установленные спереди модели и как бы тянущие ее за собой, называются тянущими.

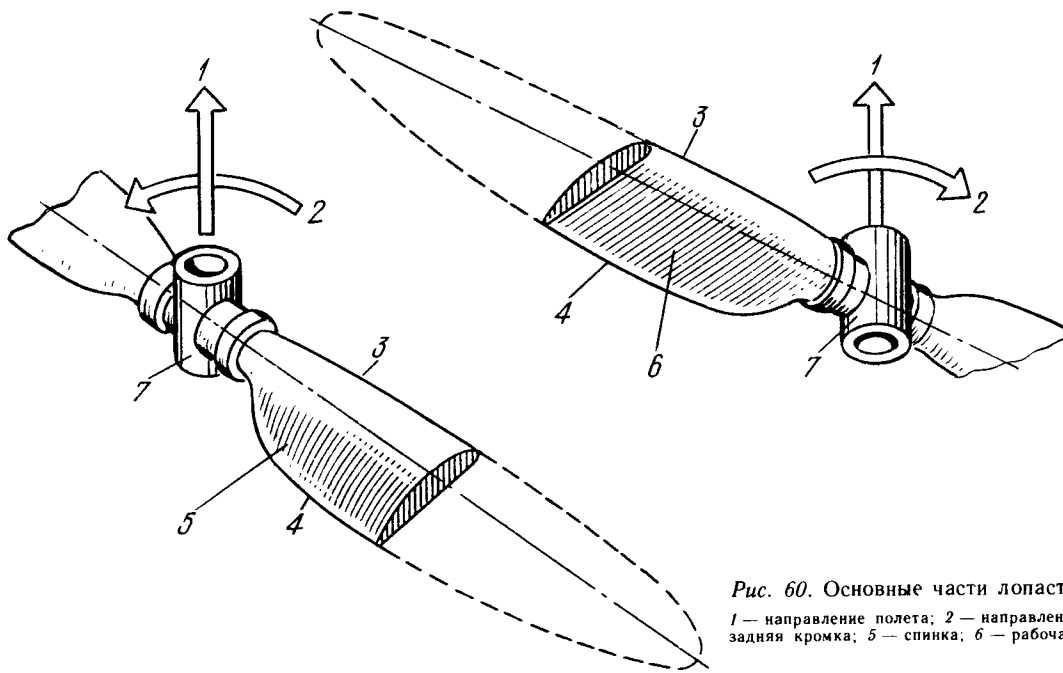


Рис. 60. Основные части лопасти винта:

1 — направление полета; 2 — направление вращения; 3 — передняя кромка; 4 — задняя кромка; 5 — спинка; 6 — рабочая сторона; 7 — втулка; 8 — ось лопасти

щ и м и. Иногда винт устанавливается не спереди, а сзади крыла. В этом случае винт уже не тянет, а толкает и поэтому называется толкающим.

Воздушный винт может быть изготовлен так, что лопасти и втулки представляют собой одно целое. Иногда отдельные лопасти прикреплены к специальной втулке. Та часть лопасти, которая служит для соединения со втулкой, называется комлем и почти не участвует в создании силы тяги. Форма остальной рабочей части лопасти обычно имеет в плане вид пера, сужающегося к концу и к комлю. Рабочая часть лопасти (рис. 60) имеет плоскую или вогнутую поверхность со стороны, противоположной направлению полета. Другая сторона лопасти большей частью делается выпуклой и называется спинкой. Линии соединения рабочей поверхности и спинки образуют контур лопасти и называются кромками или ребрами.

Кромка лопасти, встречающаяся при вращении винта воздушный поток, называется передней, а противоположная — задней.

Сечение лопасти, сделанное по ее рабочей части, называется профилем и имеет форму, похожую на сечение крыла самолета. Формы профилей лопасти бывают различными в зависимости от конструкции и условий, в которых должен работать воздушный винт.

Так как лопасть одновременно вращается вокруг оси винта и движется вперед вместе с летящей моделью, то полная скорость каждого сечения лопасти состоит из двух скоростей: окружной и поступательной. Если изобразить эти скорости в некотором масштабе в виде отрезков, каждый из которых направлен в сторону своего движения, то образуется так называемый треугольник скоростей (рис. 61).

Поскольку скорость полета для всего винта одинакова, а окружная скорость тем больше, чем дальше сечение расположено от оси винта, то ясно, что у конца лопасти треугольник скоростей будет иметь гораздо большее основание, чем у комля.

Из этого следует, что величина и направление полной скорости у различных сечений лопасти различны. Каждый элемент лопасти должен быть установлен под определенным углом атаки к направлению полной скорости. Поэтому лопасть не может быть плоской, как доска, а должна иметь закрутку, то есть разность углов установки сечений у комля и на конце. Углом установки сечения называется угол расположения сечения относительно плоскости вращения винта. К концу лопасти угол установки должен уменьшаться.

Угол установки определяет собой и шаг винта на данном радиусе. Так как шаг винта может быть постоянным или переменным вдоль лопасти, то для удобства под шагом винта понимают шаг, замеренный на расстоянии 0,75 радиуса винта (считая от оси вращения).

Лопасть воздушного винта имеет очень сложную форму, чтобы, во-первых, профили сечений создавали, как и крыло самолета, достаточную подъемную силу, часть из которой преобразуется в силу тяги; во-вторых, чтобы каждое сечение было расположено под соответствующим углом атаки относительно набегающего потока воздуха. Кроме того, во время работы на лопастях, особенно с большими оборотами на поршневых двигателях, возникают усилия, стремящиеся изогнуть, скрутить и разорвать лопасть. Чем ближе к комлю, тем эти усилия больше. Поэтому для придания лопасти необходимой прочности толщина сечений у комля делается большей, чем у конца. Эти усилия являются следствием взаимодействия винта и набегающего потока воздуха, а также действия массы самих лопастей.

Для создания силы тяги винт должен затрачивать механическую энергию, получаемую от установленного на модели двигателя.

Механическая энергия на винте проявляется в виде мощности, то есть в виде способности производить в единицу времени (секунду) механическую работу по перемещению летящей модели в воздухе. Как известно, механической работой

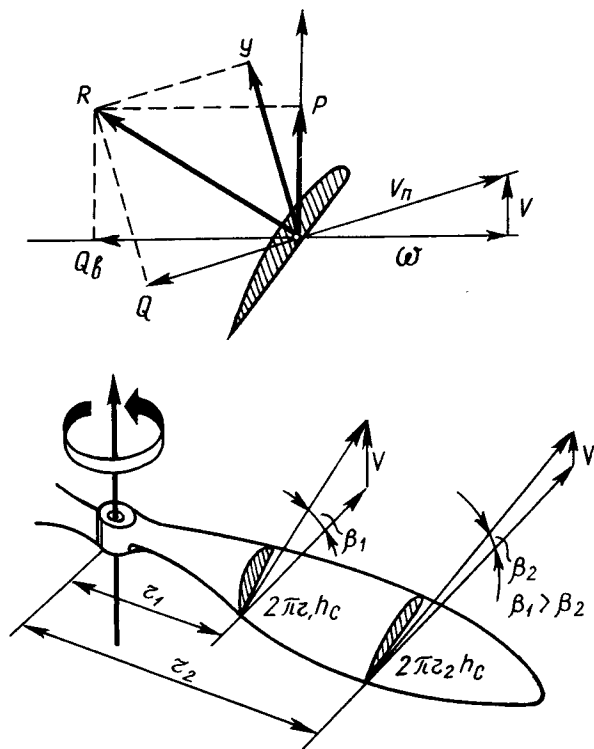


Рис. 61. Треугольник скоростей элемента лопасти винта:

P — сила тяги; Q — лобовое сопротивление; R — полная аэродинамическая сила; V — скорость полета; V_n — полная скорость; ω — окружная скорость; α — угол атаки; β — угол скольжения.

то β называется произведением силы на расстояние, пройденное телом в направлении действия силы. В нашем случае силой, измеряемой в килограммах, является лобовое сопротивление модели, или, что то же, сила тяги винта. Расстоянием, измеряемым в метрах, будет путь, пролетаемый моделью в 1 с. При вращении воздушного винта на каждой его лопасти возникают силы сопротивления вращению, которые можно считать сосредоточенными на лопасти в некоторой точке на определенном радиусе от оси вращения винта, или, как говорят, на определенном плече. Но всякая сила, действующая на некотором плече, создает крутящий момент.

В нашем случае будем иметь крутящий момент сопротивления вращению. Для его преодоления двигатель должен развивать такой же действующий момент, но направленный в обратную сторону.

Вращая воздушный винт и преодолевая его сопротивление вращению, двигатель дает возможность винту создавать силу тяги. Но в создании силы тяги участвует не вся мощность, получаемая винтом от двигателя. При нормальном горизонтальном полете модели примерно 1/5—1/6 часть мощности, получаемая винтом от двигателя, в создании силы тяги не участвует и теряется бесполезно. Это зависит от многих причин, одна из которых — правильность расчета винта, точность его изготовления и даже отделка. На винте силы трения приобретают большее значение, чем на крыле, так как элементы лопасти винта имеют большие скорости.

Следует иметь в виду, что при работе воздушного винта вблизи крыла, фюзеляжа или других

частей летающей модели происходит взаимное влияние этих частей и винта. Дело в том, что струя от винта, встречая на своем пути части модели, видоизменяется и при этом меняются аэродинамические характеристики винта. С другой стороны, части модели, оказавшиеся в струе, имеющие, как мы уже знаем, скорость большую, чем скорость полета, создают повышенное сопротивление движению и, таким образом, аэродинамические характеристики модели также меняются. В итоге взаимного влияния воздушного винта и модели получается некоторое ухудшение их аэродинамических характеристик.

Гироскопический эффект винта

Траектория движения модели, начиная от взлета до посадки, почти непрерывно меняется, за исключением установившегося горизонтального полета на определенной скорости при постоянных оборотах двигателя.

Но даже в установившемся горизонтальном полете возмущенные потоки воздуха могут кратковременно нарушать равновесие и изменять траекторию полета.

Вращающийся воздушный винт представляет собой своеобразный гироскоп и действие гироскопических моментов от вращающегося воздушного винта могут довольно значительно изменить траекторию движения модели. Это необходимо учитывать еще и потому, что современные авиамодельные двигатели характеризуются высокой частотой вращения ($15\,000$ — $20\,000$ мин⁻¹), а также довольно значительными размерами и массой.

Для обеспечения правильной регулировки модели необходимо знать, в каком направлении действует гироскопический момент при данном направлении вращения винта и различных угловых отклонениях модели от прямолинейной траектории.

Воздушный винт с носовым обтекателем (коком) представляет собой ротор гироскопа. Если попытаться изменить положение его оси, то ротор окажет противодействие и его ось приобретает движение в направлении, перпендикулярном направлению первоначального перемещения (рис. 62).

В случае вращения ротора гироскопа в другую сторону направление движения оси изменится на обратное.

Возникновение гироскопического момента обусловлено силами инерции вращающегося тела. Этот момент может быть представлен в виде пары сил. Направление действия пары сил зависит от направления вращения и направления возмущающей скорости. Направление перемещения точки A оси ротора, к которой приложена окружная скорость, найдем, если повернем направление скорости возмущения на 90° вокруг оси ротора в сторону его вращения. На рис. 62 приведено направление действия гироскопического момента для винтов правого (а) и левого (б) вращения.

На моделях обычно используются двигатели с вращением вала по часовой стрелке, если смотреть со стороны двигателя (то есть правого вращения). На моделях-копиях иногда применяют редукторы, а это часто приводит к изменению направления вращения винта.

На моделях с высокооборотными двигателями

нельзя устанавливать тяжелые винты и коки — это приводит к большим гироскопическим моментам.

Реактивный момент и влияние воздушной струи от винта

Для вращения воздушного винта используется крутящий момент, развиваемый двигателем. При этом на модель действует реактивный момент, равный крутящему, но направленный в противоположную сторону. Под действием реактивного момента модель наклоняется в сторону, обратную вращению винта. Чем больше диаметр винта при постоянной развиваемой мощности, тем меньше обороты двигателя, тем значительнее крутящий момент и сильнее должна наклоняться модель. Крутящий момент двигателя может быть полностью уравновешен при специальной регулировке. Сущность ее заключается в том, чтобы получить силы, противодействующие крутящему моменту. Для этого ось вращения винта (или ось вращения вала двигателя) на $1-3^\circ$ смещают в сторону, противоположную развороту от реакции винта, то есть в сторону вращения винта. Тем самым смещают ось тяги в сторону от оси симметрии модели. Между центром тяжести и осью тяги возникает некоторое плечо, а действие тяги на это плечо создает момент, препятствующий развороту модели от действия реактивного момента (рис. 63).

Момент от винта пропорционален силе тяги. При остановке двигателя тяга и моменты пропадают. Это дает возможность подобрать угол смещения так, чтобы тяга компенсировала влияние реактивного момента. Подобная регулировка удобна тем, что нарушение режима двигателя мало влияет на балансировку модели в моторном полете.

Действие, обратное действию реактивного момента, вызывается закруткой воздушной струи за винтом модели, что особенно сказывается на моделях с винтами большого диаметра. При работе винта воздух закручивается лопастями в сторону вращения лопастей. Это приводит к тому, что поток за винтом распространяется по спирали. Крыло, расположенное в закрученной струе, будет обтекаться несимметрично. В зависимости от расположения крыла (ниже оси тяги, выше или по оси тяги) действие закрученной струи может быть различное — или усугубляющее, или ослабляющее реактивный момент винта.

На рис. 64 крыло расположено в закрученной струе с правым вращением винта, воздушный поток несколько отклоняется и набегае на правое крыло спереди и сверху, а на левое крыло спереди и снизу. Это приводит к изменению углов атаки в районе обтекания половин крыла закрученной струей. У левого крыла в данном случае угол атаки, а значит, и подъемная сила, увеличиваются, а у правого крыла угол атаки и подъемная сила уменьшаются. Общая аэродинамическая сила перемещается в сторону большей подъемной силы и между центром тяжести и точкой приложения общей аэродинамической силы создается плечо. Отсюда появляется кренящий момент, противодействующий реактивному моменту винта.

Вертикальное и горизонтальное оперение также обтекаются закрученным потоком и создают свои

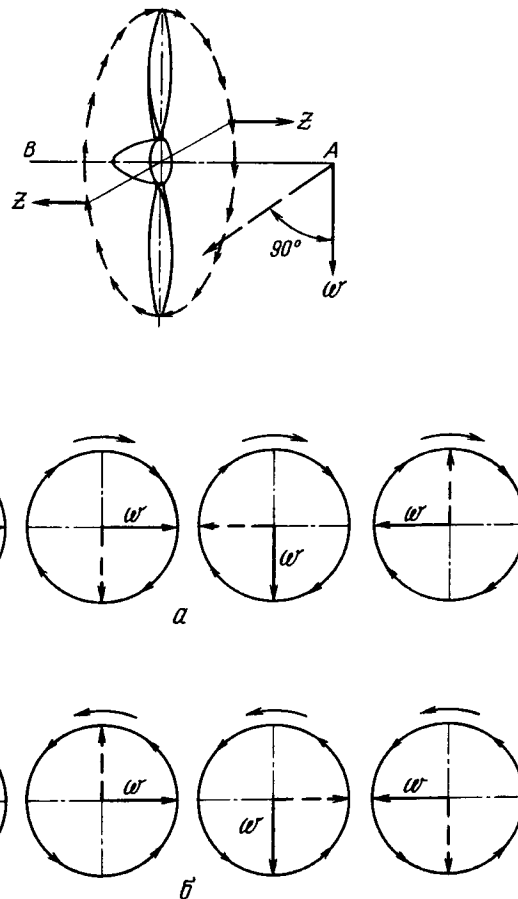


Рис. 62. Направление движения оси гироскопа при действии возмущения и направление действия гироскопического момента:

а — правое вращение винта; б — левое вращение винта; ω — стрелка показывает направление движения носовой части модели (действие возмущения); пунктирная линия — действие гироскопического момента; z — направление разворота плоскости гироскопа (винта)

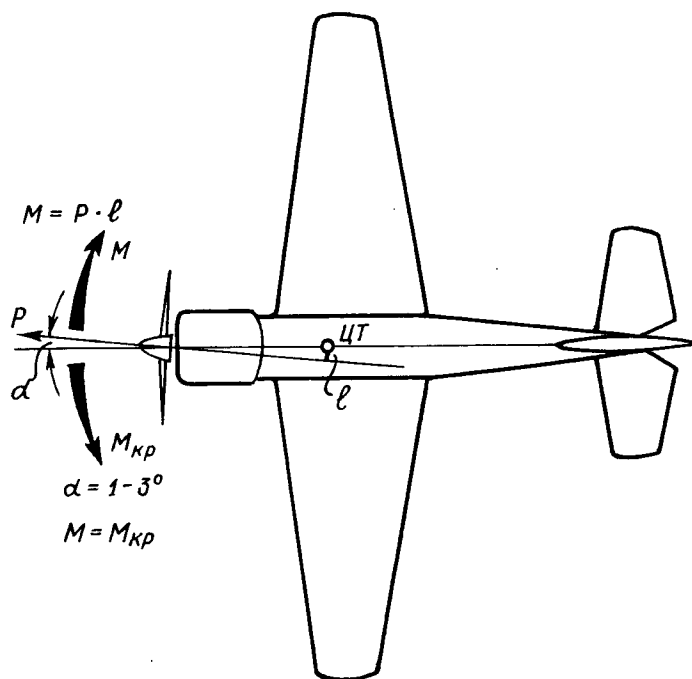


Рис. 63. Устранение действия крутящего момента винта

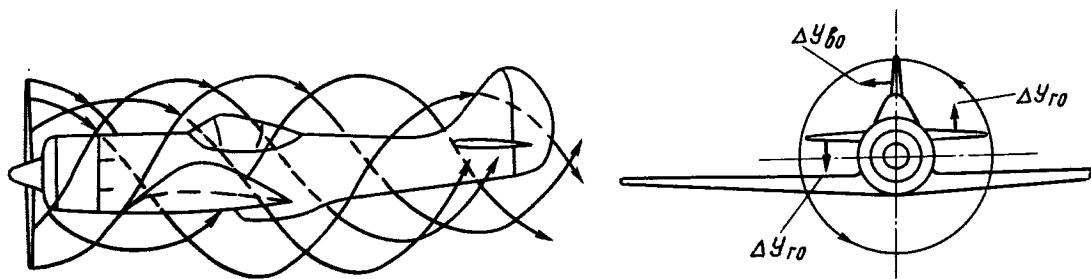


Рис. 64. Действие воздушного потока за вращающимся воздушным винтом

поперечные силы и моменты, влияющие на устойчивый полет модели. Действие закрученной струи на горизонтальное оперение такое же, как и на крыло. Воздействие закрученной струи на вертикальное оперение зависит от его расположения. Если вся

площадь вертикального оперения расположена выше оси тяги, то оно обтекается только верхней частью закрученной струи. При этом могут возникнуть боковые силы, стремящиеся повернуть модель в сторону, противоположную вращению винта.

ЛЕТАЮЩИЕ МОДЕЛИ-КОПИИ

До тех пор пока не было возможности реализовать на модели все, чем обладает самолет (полет, работа механизмов, регулирование двигателя в полете и т. д.), изготовление моделей-копий не было таким увлекательным занятием. Появление специальных микродвигателей, радиоаппаратуры дистанционного управления, особенно пропорциональной, новых материалов, клеев, лаков и красок сильно расширило возможность изготовления и пилотирования моделей-копий. Увлечение этим видом спорта стало массовым. Наступило время значительных перемен в управлении полетом и введении различной механизации на моделях. Появился своеобразный спортивный класс масштабных летающих моделей (рис. 65—67). В правилах соревнований для этих моделей предусмотрена не только оценка подобия модели прототипу и качества ее изготовления, но и оценка подобия полету прототипа и умения пилотировать модель автором.

Соревнования с масштабными моделями-копиями проводятся по правилам, разработанным как национальными спортивными организациями, так и международной Федерацией авиационного спорта (ФАИ), которая проводит чемпионаты мира. По правилам ФАИ в класс летающих моделей-копий самолетов (*F-4*) входят следующие категории: *F-4—A* — свободнолетающие модели-копии самолетов; *F-4—B* — кордовые летающие модели-копии самолетов; *F-4—C* — радиоуправляемые летающие модели-копии самолетов; *F-4—D* — радиоуправляемые летающие модели-копии планеров. В настоящее время в нашей стране проводятся соревнования по моделям-копиям двух категорий — кордовым и радиоуправляемым моделям самолетов.

Правила соревнований по каждой категории включают в себя технические требования к моделям, порядок демонстраций полета модели и систему оценок за изготовление модели и полет.

В настоящее время действуют следующие технические требования, предъявляемые к летающим моделям-копиям:

площадь несущих поверхностей моделей всех категорий должна быть не более 150 дм²;

масса модели в сборе без топлива у кордовых одномоторных моделей не должна превышать 6 кг, у многомоторных — 7 кг;

масса радиоуправляемой модели в сборе без топлива, но с любым манекеном пилота, не должна быть более 6 кг;

нагрузка на единицу площади несущих поверхностей для кордовых — 150 гс/дм², для радиоуправляемых — 100 гс/дм²;

поршневые двигатели для кордовых одномоторных моделей должны иметь рабочий объем не более 10 см³, многомоторных — не более 20 см³, реактивные — максимальную массу без отражателя не более 0,5 кг;

поршневые двигатели одномоторной радиоуправляемой модели должны иметь рабочий объем: двухтактный — не более 10 см³, четырехтактный — не более 20 см³; для двухмоторных моделей суммарный рабочий объем двухтактных двигателей — не более 15 см³, четырехтактных — не более 40 см³; для трехмоторных (и более) моделей суммарный рабочий объем двухтактных двигателей — не более 20 см³, четырехтактных — не более 40 см³.

Масштаб изготовления модели относительно прототипа — произвольный. Чтобы модель получила оценку за изготовление, должны быть представлены следующие документы:

чертежи прототипа в трех проекциях из официального источника с минимальным масштабом 1:72 (или минимальным размахом крыла 150 мм) и максимальным масштабом 1:24;

цветные рисунки из достоверных источников — для доказательства окраски и маркировки;

минимум три фотоснимка или репродукции прототипа, из них минимум один именно того прототипа, с которого сделана модель. Общая оценка выступления спортсмена складывается из оценки за лучший полет и стендовой оценки модели.

Все модели-копии должны взлетать и делать все маневры вплоть до посадки и рулежки подобно своему прототипу. Для производства полета никакие детали на модели не должны заменяться, за исключением воздушного винта. Проведение соревнований в каждой категории моделей определяется Положением о соревнованиях и Правилами проведения соревнований в СССР, разрабатываемыми Федерацией авиамodelьного спорта ДОСААФ СССР, с которыми можно ознакомиться в любой районной организации ДОСААФ.

Соревнования по этому увлекательному виду спорта становятся все более массовым и зрелищным мероприятием. Зрители видят в полете настоящий самолет, но гораздо меньших размеров, выполняющий те же маневры, что и прототип, хотя им управляет человек с земли.



Рис. 65. Одномоторная кордовая модель

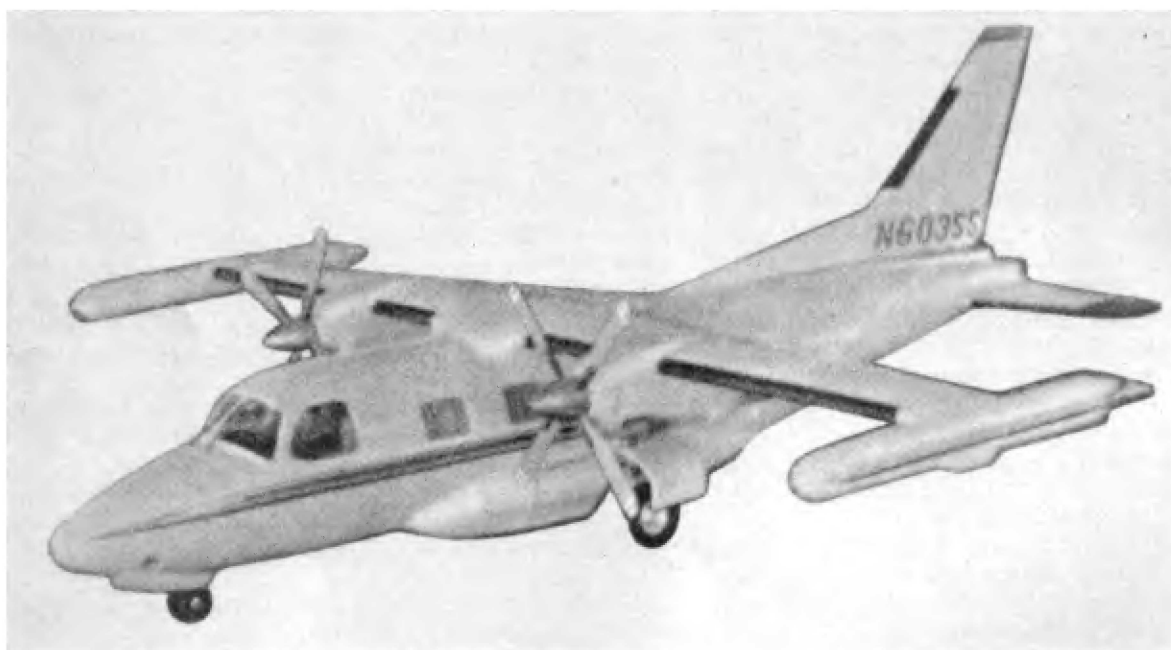


Рис. 66. Двухмоторная кордовая модель



Рис. 67. Радиоуправляемая модель-копия самолета Ил-2

Из вышесказанного ясно, что спортивные модели-копии должны быть изготовлены с максимальной точностью подобия прототипу. Порядок подхода к разработке конструкции и выбору прототипа очень схож с музейными макетами с той существенной разницей, что модель будет летающей и к ней помимо технических требований, общих для всех моделей, участвующих в соревнованиях, будут предъявлены и требования аэродинамики, которые поставят жесткие рамки в выборе многих конструктивных элементов, двигателя и материалов.

Несмотря на появление разнообразных материалов, современной радиоаппаратуры дистанционного управления и возможность широкого выбора двигателей, изготовление летающих моделей-копий по-прежнему остается очень непростым процессом, требующим немало терпения. Есть ряд определенных трудностей, осложняющих разработку, постройку и подготовку моделей, овладение пилотированием. Но все эти трудности вполне преодолимы при большом желании и серьезном увлечении.

Одно из первых препятствий, с которым приходится столкнуться решившему построить модель, это трудность получения информации о выбранном прототипе. К сожалению, очень мало существует доступной литературы, где бы в полном объеме был описан тот или иной самолет, и часто приходится собирать материал из многих источников. Отсюда вывод: на первом этапе следует примириться с тем, что можно выбрать не любой прототип, а тот, по которому есть документация, необходимая для изготовления модели. Объем требующейся документации зависит от назначения модели. Если вы не будете участвовать со своей моделью в соревнованиях, можно ограничиться минимумом информации. Если же модель должна участвовать в соревнованиях по установленным правилам, то здесь необходимо иметь такой набор документации, который гарантировал бы точную оценку соответствия прототипу.

Второе препятствие приходится обычно преодолевать при выборе материалов, необходимых для изготовления модели. Бывает, что из доступных материалов невозможно изготовить модель нужного качества, а иногда приходится даже отказываться от выбранного прототипа из-за того, что наличные материалы не обладают необходимыми весовыми и прочностными характеристиками. За последнее время появилось много новых материалов, как металлических, так и композитных, которые значительно расширили возможность моделирования и во многих случаях заменили традиционную древесину. Но порою и они не подходят из-за того, что технология работы с ними слишком сложна, требует изготовления оснастки и приспособлений. Как положительное событие, надо отметить появление различных новых клеев, которые расширили возможности прочного соединения деталей.

К трудностям надо отнести и теоретическую подготовку моделиста. Летающие модели-копии подчиняются тем же законам аэродинамики, что и настоящий самолет, а летные качества даже в большей мере зависят от многих аэродинамических величин и характеристик. Для расчета и изготовления модели необходимо знать элементарную аэродинамику и уметь пользоваться хотя бы простейшими таблицами, графиками и расчетами.

Немалую трудность представляет и обучение пилотированию модели. Когда модель уже построена, наступает момент ее летных испытаний. Если это кордовая модель, то лучше сначала приобретать навыки пилотирования более простых кордовых моделей. Если это свободнолетающая модель, то надо изучить приемы регулирования полета модели. Если же это радиоуправляемая модель, то лучше заранее научиться пилотировать более простые радиоуправляемые модели. Иногда для постройки и пилотирования модели-копии несколькими модельстами, обладающим различным опытом, целесообразно объединиться.

Таков далеко не полный перечень трудностей, встречающихся на первых шагах авиамоделлистов, но зная их, легче выбрать пути преодоления.

Практически работа над моделью начинается с выбора прототипа и поиска документации — чертежей, описания и фотографий прототипа.

Выбор прототипа и чертеж

Первое, с чего начинают все, даже опытные моделисты, это сравнение проектируемой модели с настоящим самолетом. Конечно, из сравнения можно сделать лишь некоторые выводы. При этом они не будут полными и не дадут ясного представления о летных характеристиках разрабатываемой модели. Но все же и этим не следует пренебрегать.

Имея в своем распоряжении подробный чертеж выбранного прототипа и его описание, нетрудно определить его геометрические размеры, летные данные и технические характеристики.

К основным геометрическим данным самолета (в зависимости от типа) относятся: размах крыла, его площадь и профиль, длина САХ, удлинение крыла, поперечное V, угол установки, размах и площадь горизонтального оперения, высота и площадь вертикального оперения, длина самолета, высота на стоянке, ширина колес и база шасси, размер колес.

Основные летные данные включают: максимальную скорость горизонтального полета, минимальную скорость (скорость отрыва и посадки), крейсерскую скорость, взлетную массу, положение центра тяжести в процентах САХ.

Вот, например, какими характеристиками обладал самолет Я-6 (рис. 68) с двигателем М-11 мощностью 100 л. с. (74 кВт), сконструированный в 1932 году А. С. Яковлевым: длина 7,8 м, размах крыла 12,08 м, площадь крыла 19,8 м², взлетная масса 961 кг, максимальная скорость 168,5 км/ч, посадочная скорость 80 км/ч, разбег 85 м, пробег 165 м.

При выборе прототипа, или, точнее сказать, чертежа оригинала для копирования, начинающие авиамоделлисты чаще всего руководствуются тем, какой самолет им больше нравится с первого взгляда. И, как правило, таким самолетом оказывается истребитель. Это, вероятно, вызвано тем, что в истребителе воплощены одновременно и изящество внешних форм, и стремительность полета.

Но здесь кроется первая ошибка в выборе прототипа. Прежде всего надо наметить для себя цель, то есть определить, к чему следует стремиться в

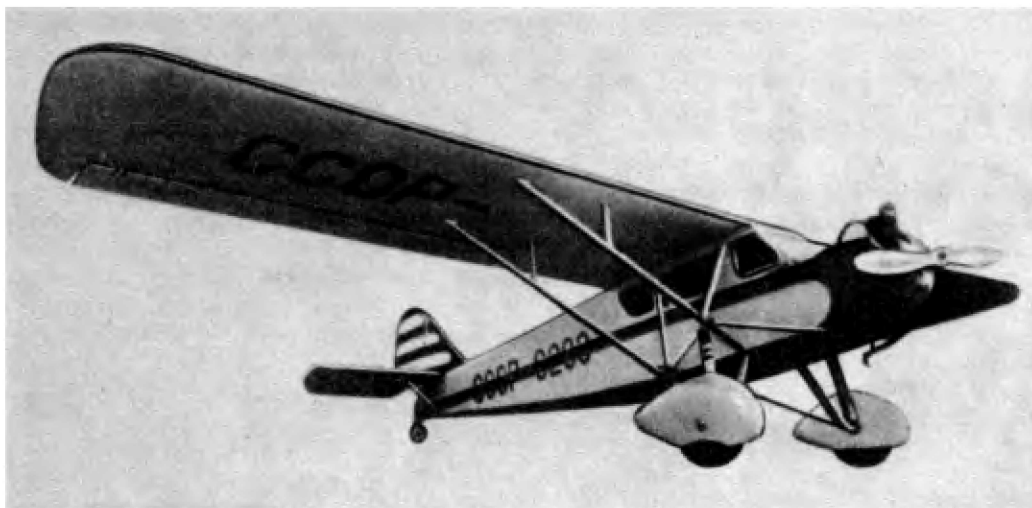


Рис. 68. Самолет Я-6

результате всего комплекса работы по изготовлению модели. Если это не предусматривает в конечном результате участие в соревнованиях — подход более упрощенный. Если же конечная цель — участие в соревнованиях, необходимо четко знать технические требования к моделям, правила проведения соревнований и систему стендовой и летной оценки выступления.

Выбор прототипа для участия в соревнованиях должен быть не только соответствующим вкусу моделиста, но и выигрышным. Многие моделисты предпочитают иметь дополнительные очки за многомоторность, убирающиеся шасси и другие устройства механизации у современных самолетов и несправедливо забывают о старых летательных аппаратах. А ведь они не менее выигрышны. Кто бывал на соревнованиях, наверное, замечал, как привлекают всеобщее внимание копии бипланов. Главное достоинство их — малая масса. Часто неплохие копии современных самолетов или истребителей второй мировой войны оказываются способными на полет, скорее, присущий тяжелым бомбардировщикам, чем маневренным истребителям. Причина кроется в самих прототипах, имевших при малых несущих площадях большие нагрузки на единицу площади. Изготовленная же на модели жесткая обшивка фюзеляжа и крыльев, установка различной механизации настолько утяжеляют модель, что она уже не способна быть пилотажной, порой оказывается не способной выполнить простейшую петлю. Да и запаса мощности двигателя (или двигателей) на таких моделях нет. Весь полет модели производится на максимальной мощности. Это, кстати, уменьшает оценку реализма полета.

Другое дело — копии старых самолетов. Даже увеличенное лобовое сопротивление всех расчалок, раскосов и тросов — не помеха для полета легкой тихоходной модели, да и мощность двигателя потребует меньшая, следовательно, и обороты двигателя будут небольшими, а это позволит применить избыток мощности двигателя в критической ситуации. Относительная простота конструкции прототипа определяет и надежность всей модели. На таких прототипах нечему выходить из строя. Нет сложной и тяжелой системы уборки и выпуска шасси, закрылков и т. п. Нет трудности в эксплуатации капризной многомоторной двигательной установки. Не придется ломать голову, как бы подвести пятую,

шестую или седьмую корды управления, которые нужны лишь один раз при исполнении демонстрации работы механизации, а в остальное время будут только мешать полету модели. Малые же размеры прототипа (а значит, и относительная крупномасштабность модели) облегчат изготовление деталей — тандеров, узлов подвески, раскосов, стоек, элементов управления и т. д. При небольшом уменьшении и кабина смотрится намного эффектнее, не говоря уже об оборудовании ее и элементах вооружения.

Рекомендуется использовать мотор максимально разрешенного объема: во-первых, надежнее режим как малого, так и большого газа, во-вторых, избыток мощности позволит применить воздушный винт большего диаметра, что дает возможность получить больший коэффициент его использования при больших лобовых сечениях моторной части модели. И наконец, большая масса двигателя становится положительным явлением при коротких носовых частях таких прототипов, когда все равно пришлось бы загружать нос бесполезным балластом. Основные требования, предъявляемые к обшивке таких моделей, — минимальная масса, хорошая имитация полотна, способность длительное время держать удовлетворительное натяжение, отсутствие тенденции к короблению каркаса. Требование же к обычной жесткой обшивке — высокая прочность, придающая жесткость каркасу, отходит здесь на задний план. Ведь обеспечить жесткость крыльев или хвостового оперения с тонким профилем за счет прочной (и тяжелой) обшивки все равно очень трудно. К тому же возникла бы необходимость усиливать каркас, чтобы он мог выдержать сильное натяжение обшивки. На копии с мягкой обшивкой жесткость как на скручивание, так и на изгиб полностью обеспечит система раскосов и расчалок. На таких конструкциях легче сохранить нагрузку на единицу площади в «пилотажных» пределах.

Что же должно служить критерием для выбора прототипа? Рассмотрим несколько основных положений, руководствуясь которыми можно более реально подойти к решению этой проблемы.

Наличие документации по выбранному прототипу. Недостаточно иметь чертеж общего вида в трех проекциях. Необходимы еще и дополнительные чертежи, схемы, фотографии, рисунки не только общего вида, но и отдельных деталей, агрегатов, оборудо-

вания прототипа. Так же необходимо иметь цветные фотографии раскраски или схемы и описания. Чем подробнее чертежи и больше схем и фотографий, тем точнее может быть изготовлена модель.

Опыт и технические возможности. Под этим надо понимать опыт моделиста в постройке летающих моделей, опыт пилотирования их, имеющаяся возможность использования станочного оборудования, наличие материалов, двигателя, радиоаппаратуры.

Оценка прототипа с точки зрения возможности реализации летных характеристик. Здесь следует иметь в виду возможности двигательной установки перемещать через движитель (воздушный винт) модель в нужном диапазоне скоростей и обеспечение устойчивого полета.

А в случае участия в соревнованиях надо учесть, что модель должна по своим параметрам удовлетворять техническим требованиям. Вначале целесообразно сделать прикидочный элементарный аэродинамический расчет летных возможностей. Но большинство модельстов используют довольно распространенный способ расчета по статистическим данным. Примерные размеры модели, потребный двигатель, радиоаппаратуру можно определить по выборкам из периодической литературы по авиамоделизму. Из журналов выписывают данные, относящиеся к размерам, массе, мощности и объему двигателя подобных моделей и, сравнив с выбранным прототипом, решают, в каком масштабе строить модель, чтобы уложиться в какие-то средние данные. Неплохой способ на начальном этапе — воспользоваться опубликованными чертежами модели-копии. Это облегчит работу, так как модель уже апробирована. Но надо учесть, что чертеж модели не будет являться документом при оценке на соревнованиях.

Оценка выбранного прототипа с точки зрения сложности изготовления. Здесь еще раз выявляются и уточняются опыт и технические возможности. Если начинающий моделист берется за изготовление модели-копии истребителя, бомбардировщика или даже современного спортивного самолета, имеющих сложную конструкцию, начиненную всевозможной механизацией (убирающиеся шасси, закрылки, предкрылки, вооружение и т. п.), можно с уверенностью сказать, что все это не только не будет хорошо изготовлено, но и летные возможности не будут полностью реализованы.

Поэтому моделисту, впервые приступающему к постройке модели-копии, необходимо выбрать прототип более простой конструкции, без механизаций и с летными характеристиками типа учебных и спортивных самолетов.

Моделистам, имеющим опыт постройки хотя бы немасштабных моделей, можно браться за изготовление и более сложных моделей. Однако и им необходимо учитывать еще одно, пятое положение: **наличие механизации на выбранном прототипе и возможность ее реализации на модели.** В данном случае необходимо иметь чертеж или схему этой механизации. Если, к примеру, выбранный прототип имеет убирающееся шасси, то необходимо иметь чертеж или схему системы уборки шасси и всех ее механизмов. В идеале хорошо иметь на модели такую же систему, как у прототипа, но не всегда это возможно реализовать ввиду слишком малых размеров деталей. Поэтому часто от принципа отходят. Вместо, скажем, гидравлической системы убор-

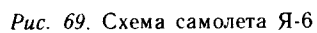
ки шасси, которая установлена на прототипе, делают электрическую, сохраняя все внешние видимые элементы.

Оценив выбранный прототип и свои возможности, моделист решает, строить ли его модель или лучше приступить к оценке другого прототипа. Только после окончательного выбора прототипа, после его оценки по всем позициям приступают к изготовлению рабочего чертежа модели и разработке конструкции. Работа эта очень трудоемкая. Порой изготовление рабочего чертежа, шаблонов и приспособлений для сборки занимает почти четвертую часть общего времени на изготовление модели. Небрежности в работе над рабочим чертежом не должно быть, так как ошибка в рабочем чертеже приводит к ошибке в изготовлении модели, а исправление в уже частично изготовленной модели может оказаться и невозможным. Надо приучить себя к непреложному правилу: чем точнее и подробнее изготовлен рабочий чертеж модели, тем легче и быстрее она будет построена.

По подробности рабочий чертеж должен быть таким же, как и чертеж оригинала, по размерам — в выбранном масштабе. Кроме всех элементов чертежа оригинала рабочий чертеж должен иметь такие детали, которые присущи только модели. Например, при конструировании фюзеляжа на рабочем чертеже должны быть все видимые внешние элементы конструкции прототипа, а силовой набор может быть иным, присущим уже модели, но внешне на модели он может быть невидимым. Фюзеляж, как и другие части, имеющие жесткую обшивку, скрывает силовой набор, поэтому на модели нет необходимости повторять силовой набор прототипа. Его обычно упрощают, сохраняя лишь внешнее сходство. Если же на прототипе крыло, оперение или часть фюзеляжа имели мягкую обшивку и силовой набор хотя бы частично просматривался, необходимо сохранить все элементы конструкции прототипа или имитировать их. Все эти элементы должны быть нанесены на рабочий чертеж модели.

Конечно, втиснуть все детали конструкции модели в три проекции невозможно, поэтому на чертеже должны быть вынесены отдельные части модели с проработкой узлов и оборудования. К примеру, придется отдельно вычертить конструкцию шасси, детали системы крепления и уборки шасси, щитков, сдвигаемые или открываемые остекления кабины (кабин), элементы подвески рулей, система управления рулями, управление двигателем, оборудование кабины (кабин), элементы раскроя обшивки, схема окраски и маркировки, отдельные обтекатели, шторки, стойки, подкосы и их узлы крепления. Отдельно изображаются также элементы конструкции модели — шпангоуты, узлы усиления и крепления, нервюры крыла и оперения, сечения отдельных элементов и т. п. Кроме того, необходимо продумать и вычертить приспособления для сборки отдельных элементов модели — стапели, шаблоны и контрольные шаблоны.

Есть много способов изготовления рабочего чертежа модели. Как правило, чертеж оригинала приходится увеличивать. Часто рекомендуют увеличивать чертеж фотоспособом или через эпидиаскоп. Этими способами можно сделать грубый, прикидочный чертеж в трех проекциях с последующим уточнением. Более точный способ увеличения — с



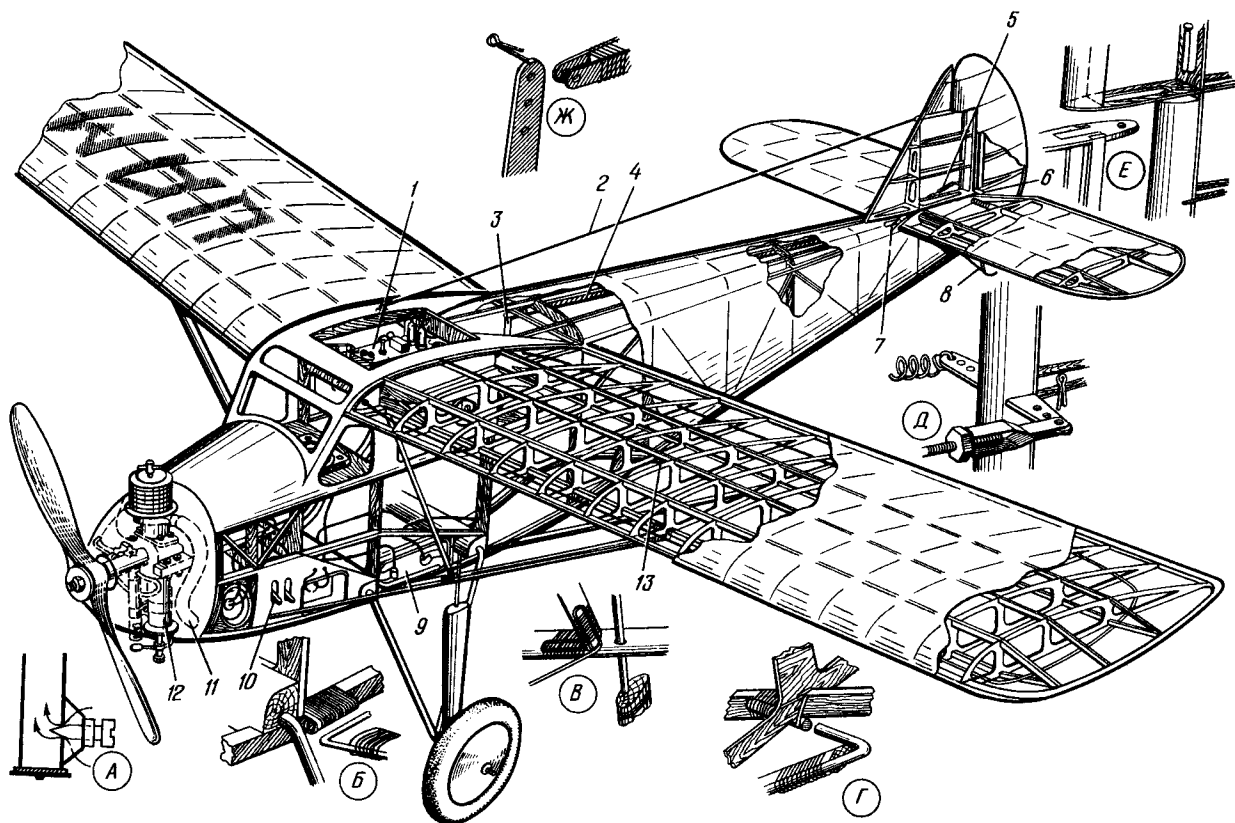


Рис. 70. Модель самолета Я-6:

1 — приемник; 2 — антенна; 3 — рычаг исполнительного механизма; 4 — тяга руля поворота; 5 — возвратная пружина; 6 — рычаг руля поворота; 7 — колено тяги руля поворота; 8 — костыль; 9 — батарея электропитания; 10 — выключатель; 11 — трубка отвода выхлопных газов; 12 — таймер; А — регулировочная игла малого газа; Б — узел крепления подкосов шасси и крыльев к фюзеляжу; В — узел соединения подкосов шасси и крыльев; Г — узел крепления подкосов к крылу; Д — рычаг руля поворота; Е — крепления руля поворота; Ж — соединение тяги руля поворота с рычагом

помощью пантографа, который можно изготовить и самому. Но чаще всего моделисты предпочитают чертить на миллиметровой бумаге с помощью циркуля, линейки и лекал.

Если вычертить отдельные мелкие детали с помощью циркуля и линейки трудно, тогда прибегают к фотоспособу. С помощью репродукционной установки снимают их на пленку с чертежа оригинала, а затем или через увеличитель печатают на фотобумагу в нужном размере, или проецируют на лист чистой бумаги и обводят карандашом.

Надо отметить, что работа над чертежом смыкается с работой по конструированию модели, то есть одновременно решаются вопросы разработки конструкции модели и вычерчивания. При разработке и вычерчивании силового набора модели необходимо исходить из ее размера, массы двигателя и других элементов, обеспечивая нужную прочность. Здесь опять поможет метод статистики и сравнения с чертежами подобных моделей. Конструирование и вычерчивание силового набора начинают с размышления и изображения на чертеже двигателя, подмоторной рамы, бабка для горючего, бортовой радиоаппаратуры (на радиомодели), системы управления, размещения различных механизмов. Затем расчерчивают силовой набор фюзеляжа, крыла и оперения — шпангоуты, стрингеры, нервюры, лонжероны, кромки. В местах стыковки крыла с фюзеляжем и мотогондолами (на многомоторных моделях) на чертеже должны быть изображены контуры нервюры и начерчена линия САХ. Наконец, на чертеже должны быть указаны материалы, которые будут применены для изготовления отдельных

деталей и узлов, их сечения в наиболее характерных местах.

Возьмем, к примеру, тот же самолет Я-6 (рис. 69). Модели-копии этого самолета изготовляли неоднократно. В 1938 году старейший советский авиамоделлист мастер спорта Сергей Малик построил модель-копию Я-6 свободного полета с поршневым двигателем. Она установила тогда мировой рекорд продолжительности полета — 1 ч 13 мин. На всесоюзных соревнованиях 1949 года модель-копия Я-6 москвича Н. Творогова находилась на свободном полете 1 ч 57 мин и также установила мировой рекорд. В 1956 году Сергей Малик построил радиоуправляемую модель-копию самолета Я-6 (рис. 70), с которой занимал призовые места на всесоюзных соревнованиях в течение нескольких лет. Как видите, конструкция модели значительно отличается от конструктивного набора прототипа.

После изготовления чертежа желательно составить план работы над моделью, в котором предусмотреть последовательность изготовления отдельных деталей и механизмов, их сборки и стыковки, чтобы потом не пришлось вскрывать обшивку модели для установки какого-либо оборудования.

Во время работы над чертежом необходимо сделать некоторые вычисления для оценки летных характеристик. Прежде всего следует измерить (вычислить) площадь несущих поверхностей — площадь крыла с подфюзеляжной частью и площадь стабилизатора с рулями высоты, вычислить общую полетную массу модели. Начинающие, как правило, берутся за это дело с конца. Зная максимально допустимую нагрузку на единицу несущей площади,

высчитывают максимальную массу модели и задаются целью при постройке уложиться в эти пределы. Это может привести к тому, что из наполовину готовой модели придется удалять часть конструкции в целях ее облегчения. Редко бывает наоборот, когда в слишком ослабленной конструкции начинают усиливаться отдельные узлы и детали.

В любом случае, зная сечения применяемых материалов, нетрудно (хотя это и кропотливо) подсчитать их объем и по удельной массе каждого из них определить массу деталей и общую массу конструкции. А зная массу модели и несущую площадь, можно подсчитать нагрузку, приходящуюся на 1 дм². Определив эти параметры модели, моделист решает, какой двигатель поставить на модель, какова должна быть его мощность, чтобы реализовать все летные возможности прототипа на модели.

На основании статистических данных для прикидочного расчета кордовых и радиоуправляемых моделей-копий самолетов можно рекомендовать некоторые параметры в качестве исходных: мощность по массе, то есть масса модели в граммах, приходящаяся на 1 см³ рабочего объема двигателя (двигателей), — в пределах 270—330 г/см³; нагрузка на единицу несущей площади — в пределах 62—78 гс/дм²; отношение площади несущих поверхностей к рабочему объему двигателя (двигателей) — в пределах 5,2—6,5 дм²/см³.

Эти показатели вполне достаточны, чтобы модель в полете могла выполнять все фигуры высшего пилотажа (если это пилотажный самолет). При этом следует учитывать, что некоторые отклонения в сторону минимальных величин улучшают летные характеристики, а отклонения в сторону максимальных величин ухудшают их. Выход за пределы максимальных величин делает невозможным выполнение некоторых фигур высшего пилотажа и допустим только для непилотажных самолетов типа пассажирских, транспортных, бомбардировщиков и т. п.

Воспользовавшись этими данными, можно масштаб увеличения чертежа прототипа рассчитать в обратном порядке. Надо отметить, что более всего важен расчет этих параметров для радиоуправляемых моделей-копий пилотажного типа. Кордовые же модели неплохо выполняют полет и при более высоких значениях указанных выше величин.

Масса конструкции модели (силовой набор, обшивка и т. д.) легко поддается оценке и подсчету. Но в модели-копии есть ряд элементов, которые заранее очень трудно рассчитать, однако на них надо предусмотреть определенную часть общей массы модели. Прежде всего сюда относятся различные механизмы (механизм шасси, щитков, вооружения, управления двигателем). Особое значение имеет учет массы бортовой радиоаппаратуры с электропитанием на радиоуправляемых моделях. Масса наиболее распространенных систем такой аппаратуры составляет от 200 до 800 г.

Пусть нагрузка на несущую поверхность составляет 75 гс/дм², а площадь несущих поверхностей модели будет равна 60 дм², тогда допустимая общая масса модели составит 4500 г, куда входит масса двигателя — 350 г, горючего — 300 г, различных механизмов — до 500 г, а если это радиоуправляемая модель, то масса бортовой аппаратуры с питанием до 500 г. Наконец, в общую массу входит и масса отделочных материалов — клея, грунтовки,

шпаклевки, краски — до 150—200 г. Таким образом, на чистую массу конструкции кордовой модели останется не более 3150 г, а радиоуправляемой и того меньше — около 2650 г.

При окончательной разработке конструкции неизбежно будут отклонения от первоначального варианта и предварительных расчетов. В результате обдумывания конструкции, может быть, придется менять намеченные ранее материалы на отдельных элементах. В период разработки не раз придется обращаться к статистике, к опубликованным в периодической печати чертежам и описаниям подобных моделей, и за советом к более опытным товарищам.

Чем больше информации получит начинающий моделист, тем лучше выберет подходящий для своих сил и возможностей прототип, тем точнее будет построенная им копия.

Основные принципы разработки конструкции

Конструкция модели разрабатывается одновременно с оценкой прототипа, изготовлением чертежа и изучением материалов по подобным моделям. В процессе разработки решаются не все вопросы сразу, а по этапам, в определенном порядке. По опыту можно рекомендовать такую примерную последовательность работы: фюзеляж, крылья, хвостовое оперение, шасси, мотоустановка, система управления, механизмы, оборудование кабины, отдельные узлы и детали, раскраска и маркировка, шаблоны, ступели, контршаблоны и приспособления для точной сборки, перечень инструментов, оборудования и материалов.

Фюзеляж. В зависимости от выбранного прототипа необходимо точно решить, какими доступными материалами можно воспользоваться, чтобы добиться как можно большего сходства с прототипом. В настоящее время существует довольно большой арсенал материалов, но, выбирая, надо знать их свойства, способы обработки, удельную массу, жесткость и усадочные характеристики. Исходя из всего этого, намечают способ изготовления фюзеляжа. Если задумана одномоторная модель с двигателем на фюзеляже, разрабатывают место размещения двигателя — подмоторную раму, предусматривают свободный доступ к двигателю и простоту его замены. Бачок для горючего размещают поблизости от двигателя так, чтобы обеспечивались замена бачка и контроль за его исправностью и герметичностью. Крепление воздушного винта с обтекателем, если таковой был у прототипа, должно давать возможность произвести его быструю замену. При компоновке двигателя в фюзеляже необходимо продумать хорошую обдувку двигателя воздухом и беспрепятственный отвод выхлопных газов. Желательно двигатель вписать в контур фюзеляжа так, чтобы не выступали части, портящие внешний вид модели.

Также желательно оборудовать двигатель специальным глушителем, который лучше скрыть внутри капота, обеспечив при этом безопасный отвод выхлопных газов двигателя, так как температура их довольно высока и возможно загорание модели.

В системе управления рулями особое внимание обращается на то, чтобы все тяги, рычаги и тросы

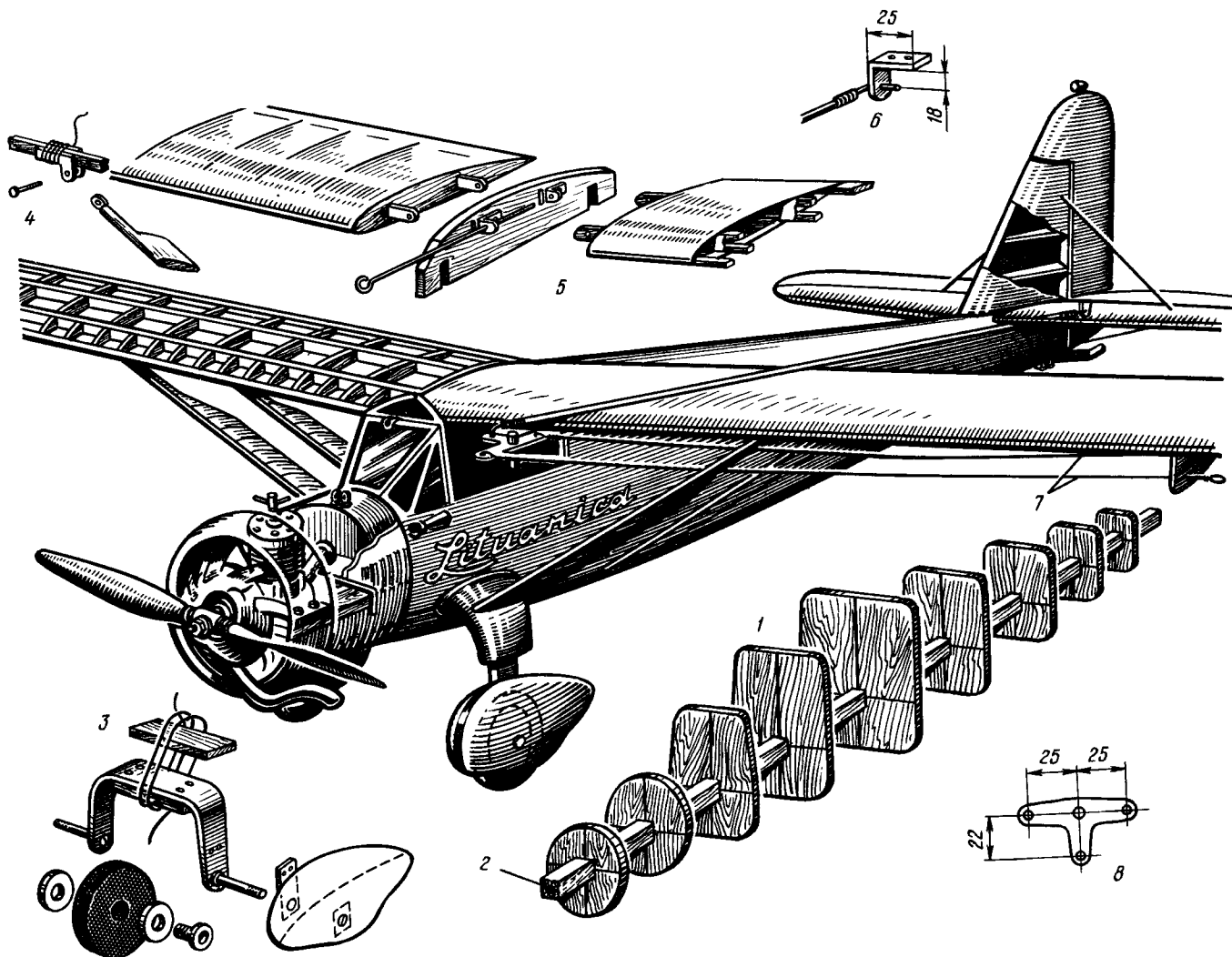


Рис. 71. Пример разработки модели с наборным фюзеляжем:

1 — шпангоуты; 2 — ступень; 3 — шасси и его крепление; 4 — крепление подкоса крыла; 5 — стыковка половинок крыла; 6 — кабачок руля высоты; 7 — переходные тяги; 8 — трехплечая качалка

были надежно сочленены и свободно двигались в фюзеляже.

Силовой набор фюзеляжа должен обеспечивать его высокую прочность, легкость и по возможности точное сходство с прототипом. Наиболее распространенный силовой набор фюзеляжа состоит из ряда шпангоутов с продольным набором стрингеров, полок, усиления (рис. 71). Фюзеляж строят так, чтобы все видимые детали, даже внутренние (например, механизмы и оборудование в открытых кабинах), конструктивно были подобны прототипу. Часто встречаются модели с фюзеляжами, выполненными из стеклоткани на эпоксидной смоле. Это довольно прогрессивный, хотя и трудоемкий способ. Он позволяет достичь очень точного внешнего и внутреннего подобию.

Особенно сложно при разработке и изготовлении модели добиться сходства с прототипом внутреннего оборудования. Чтобы точно воспроизвести, например, интерьер кабины, понадобится сделать очень много мелких деталей. Если оборудование кабины хорошо просматривается (особенно у прототипов с открытыми кабинами), необходимо выполнить отдельный чертеж кабины, показав на нем отдельно борта, пол кабины, приборную доску и отдельные детали оборудования — ручку управления, педали,

сиденье пилота, различные рычаги и пульта управления. Подробно расчерчивают остекление кабины (кабин) с нанесением силового набора и открывающихся частей.

Места крепления крыльев, стабилизатора, киля, шасси, если оно крепится на фюзеляже, потребуются усилить, однако это не должно портить общий вид конструкции. Каждый открытый узел крепления должен в точности повторять соответствующий узел прототипа. Если же в местах крепления элементов модели устанавливают зализы, скрывающие конструкцию узлов прототипа, то эти узлы можно упростить.

Узлы крепления шасси должны быть прочными в расчете на грубую посадку. Если шасси убирающееся, то потребуется разработать для этого специальный механизм, который размещается и крепится так, чтобы в период эксплуатации модели можно было контролировать его исправность, а при необходимости — полную или частичную замену.

Для шасси, убирающегося в фюзеляж, предусматриваются такие же, как у прототипа, ниши и створки, закрывающие их. При компоновке внутри фюзеляжа управления рулями надо обратить внимание на то, чтобы убранное шасси не зажимало тяги управления.

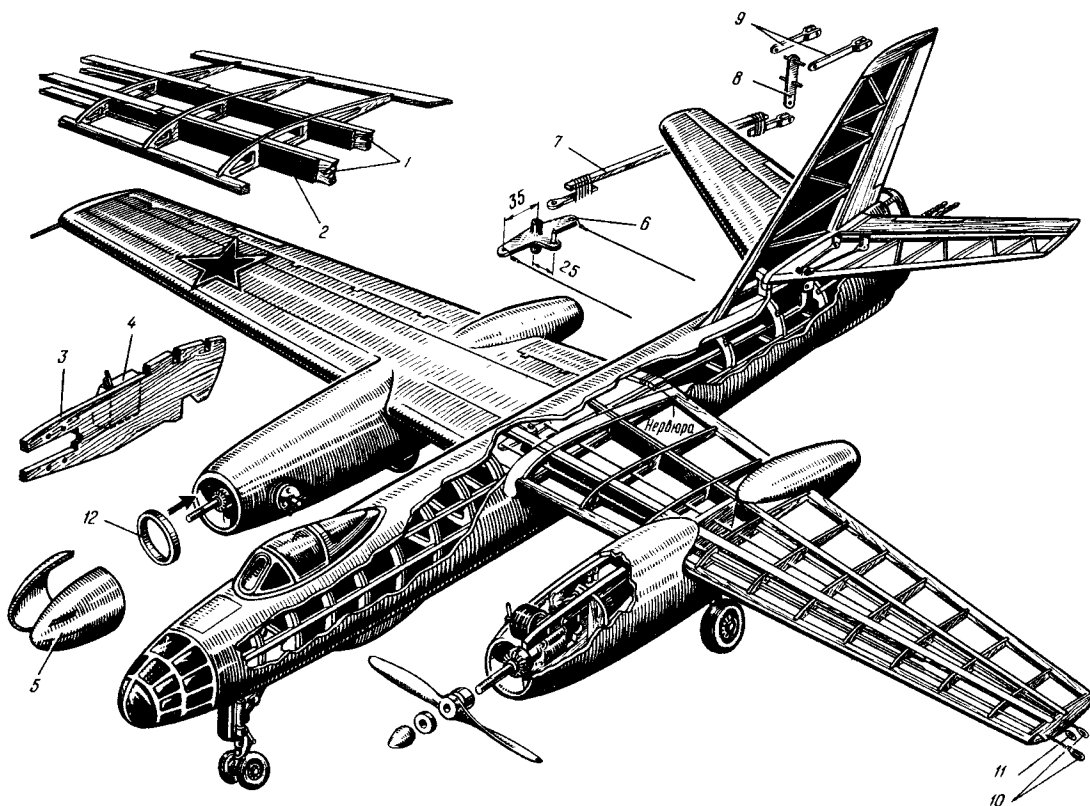
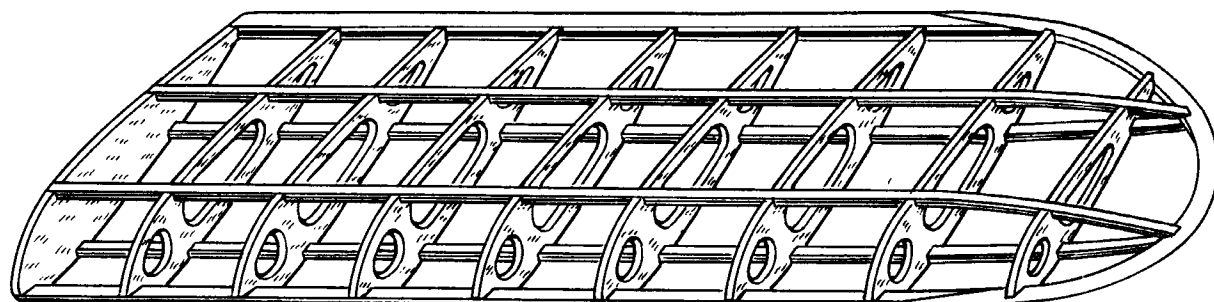
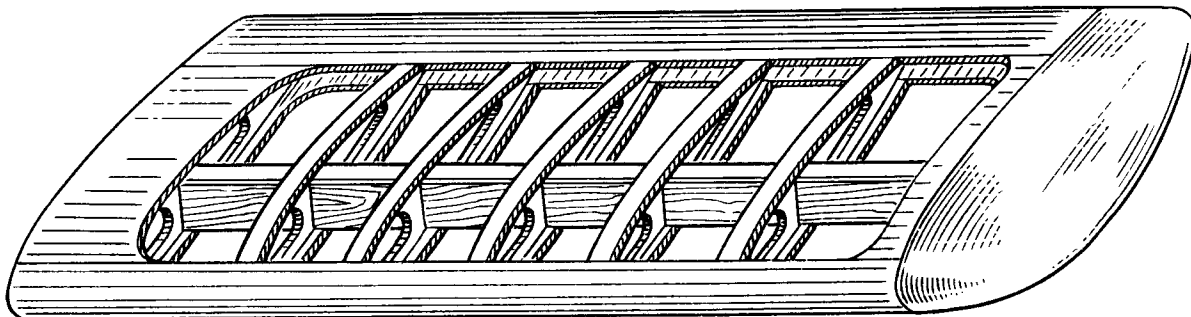


Рис. 72. Пример разработки модели с усиленными (до мотогондол) лонжеронами крыла:

1 — конструкция усиленных лонжеронов; 2 — дюралюминиевые пластины усиления лонжеронов; 3 — моторама из фанеры; 4 — топливный бачок; 5 — штурманская кабина (оргстекло, две половинки); 6 — трехплечая качалка; 7 — тяга к рулю высоты; 8 — переходная качалка руля высоты; 9 — тяги руля высоты; 10 — петли зацепления корд управления рулем высоты; 11 — петли зацепления корды управления оборотами двигателя; 12 — кольцо входного сопла мотогондол (дюралюминий)



а



б

Рис. 73. Различные конструкции крыла:

а — с полностью мягкой обшивкой, б — с частично жесткой обшивкой

Крыло и хвостовое оперение — важнейшие элементы конструкции и от их разработки во многом зависят летные качества модели. Силовой набор крыла должен обеспечивать достаточную жесткость и прочность. Если все крыло прототипа имело жесткую обшивку, то набор крыла можно сделать произвольным. При смешанной или мягкой обшивке на прототипе, когда хорошо просматривался силовой набор, на модели его нередко приходится полностью копировать, но чаще удается только имитировать. Крыло одномоторной модели по конструкции может быть таким же сложным, как и у модели с двумя моторами, но расчет прочности у них несколько иной. Для крыла, несущего на себе двигателя, необходима большая прочность, особенно в местах сочленения с фюзеляжем и двигателями. Если же и шасси расположено на крыле (в мотогондолах), то центральная часть крыла до мотогондол должна быть еще прочнее и жестче, с тем чтобы гасить вибрацию от работающих двигателей и выдерживать удары при грубых посадках модели (рис. 72).

Шасси часто крепится на крыле и у одномоторных самолетов. Поэтому при разработке крыла следует учитывать дополнительные нагрузки в местах крепления шасси и при необходимости усиливать лонжероны и нервюры.

Щитки, закрылки или другие элементы механизации на крыле прототипа должны быть воспроизведены и на модели. Элероны у радиомодели должны быть подвижны и задействованы на исполнительный механизм. На кордовой модели часто элероны делают также подвижными, но не соединяют с механизмами, так как вокруг продольной оси модель не управляется. Иногда, правда, на кордовых моделях элероны задействуют так, чтобы они создавали разворачивающий момент во внешнюю сторону круга, что увеличивает натяжение корд.

На крыле могут быть размещены различные элементы внешней конструкции — крепления стоек, подкосов, расчалок, трубок питания, различные лючки, аэронавигационные огни и т. п. Эти элементы находятся на виду и должны быть воспроизведены с особой точностью.

Самолеты, как правило, строятся с разборным крылом, имеющим отъемные консоли. На модели разъем можно имитировать. Однако наибольшую ценность представляет крыло, имеющее такой же разъем. Это немного утяжеляет конструкцию, но с отъемным крылом модель более транспортабельна. В данном случае необходимо предусмотреть разъемы также в системе управления элеронами и другими управляемыми механизмами.

Очень важно разработать конструкцию элементов силового набора крыла. Основную нагрузку несут лонжероны. Если у прототипа крыло с жесткой обшивкой, то на модели не обязательно придерживаться точного воспроизведения всего количества лонжеронов, можно пойти по пути упрощения, не забывая о жесткости и прочности. Наибольшее распространение в моделях получили полочные лонжероны с заполнителями между нервюрами (рис. 73). Жесткая обшивка носка крыла до лонжерона вместе с заполнениями между нервюрами образует кессон, придающий крылу очень большую жесткость при довольно малой массе.

Нервюры очень разнообразны в зависимости от

конструкции, заданной жесткости и прочности крыла. Их конструкция будет зависеть от профиля прототипа (рис. 74). В местах наибольших нагрузок нервюры делают усиленного типа (рис. 75). Узлы подвески элеронов, щитков, закрылков и других элементов желательно делать такими же, как и на прототипе. Для контроля системы управления, так же как и на прототипе, обязательно надо устраивать открывающиеся лючки.

Хвостовое оперение по конструкции имеет много общего с крылом и характерно для каждого прототипа. Оно также может иметь жесткую, мягкую и смешанную обшивку. На киле подвижно крепится руль поворота, на стабилизаторе — руль высоты, а киль и стабилизатор сочленяются с фюзеляжем. Если места их сочленения закрывались зализом, это упрощает разработку узлов крепления. Особое внимание обращается на узлы подвески рулей. При этом весьма важно, чтобы оси вращения рулей соответствовали прототипу, а качалки и тяги, если они видны, были такими же, как на прототипе. К хвостовому оперению могут крепиться подкосы и расчалки. Места их крепления должны быть усилены.

Шасси — ответственная и очень трудоемкая часть модели. При разработке конструкции шасси необходимо добиваться не только внешнего сходства с прототипом, но и особой прочности, так как при тренировках в запуске модели неизбежны грубые посадки, и шасси должно выдерживать довольно значительные нагрузки. Сложны в разработке и изготовлении убирающиеся шасси, когда для модели приходится конструировать свою систему уборки и приводов, сохраняя в то же время сходство с прототипом всех внешних видимых деталей.

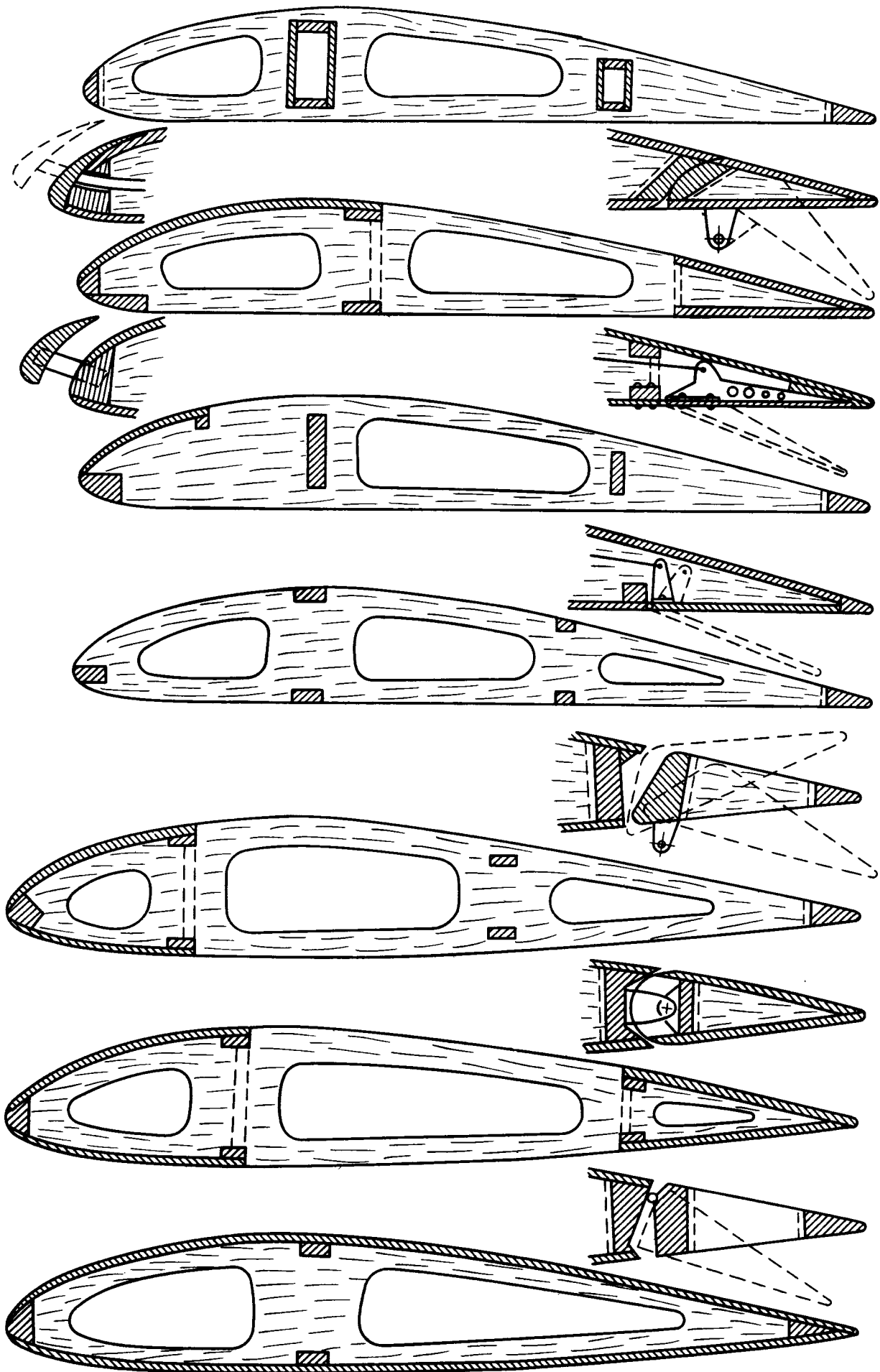
Проще разработать и изготовить неубирающиеся шасси, но и здесь могут быть трудности в конструировании узлов крепления, амортизаторов, раскосов, расчалок и других мелких деталей. В любом случае необходимо уделить большое внимание разработке и изготовлению колес. Они должны быть воспроизведены довольно точно во всех деталях, даже в рисунке протектора и надписях на баллоне. Если колеса пневматические, то для изготовления их из сырой резины потребуется разработать и изготовить специальную пресс-форму (рис. 76).

Шасси многих самолетов имели тормозную систему. На модели она не всегда воспроизводится, но часто и в этом есть необходимость. Для этого тоже придется придумать специальный механизм, систему привода и систему воздействия на колесо.

Шасси прототипов в убранном положении закрываются различными створками и щитками. У многомоторных самолетов при уборке шасси закрывают створки на мотогондолах. Конструктивно они различаются по двум признакам: шасси, у которых створки открыты в выпущенном состоянии и закрыты в убранном, и шасси, створки которых закрыты как в выпущенном, так и в убранном положении. В данном случае необходимо разработать систему тяг и шарниров, связанных со створками. Если на чертеже оригинала есть детализировка этой системы, то надо в основе сохранить ее.

Рассматривая рисунки, на которых приведены схемы нескольких типов убирающихся шасси самолетов, можно убедиться, насколько серьезно надо подойти к разработке их конструкции на модели.

Типовая схема шасси, присущая многим истребни-



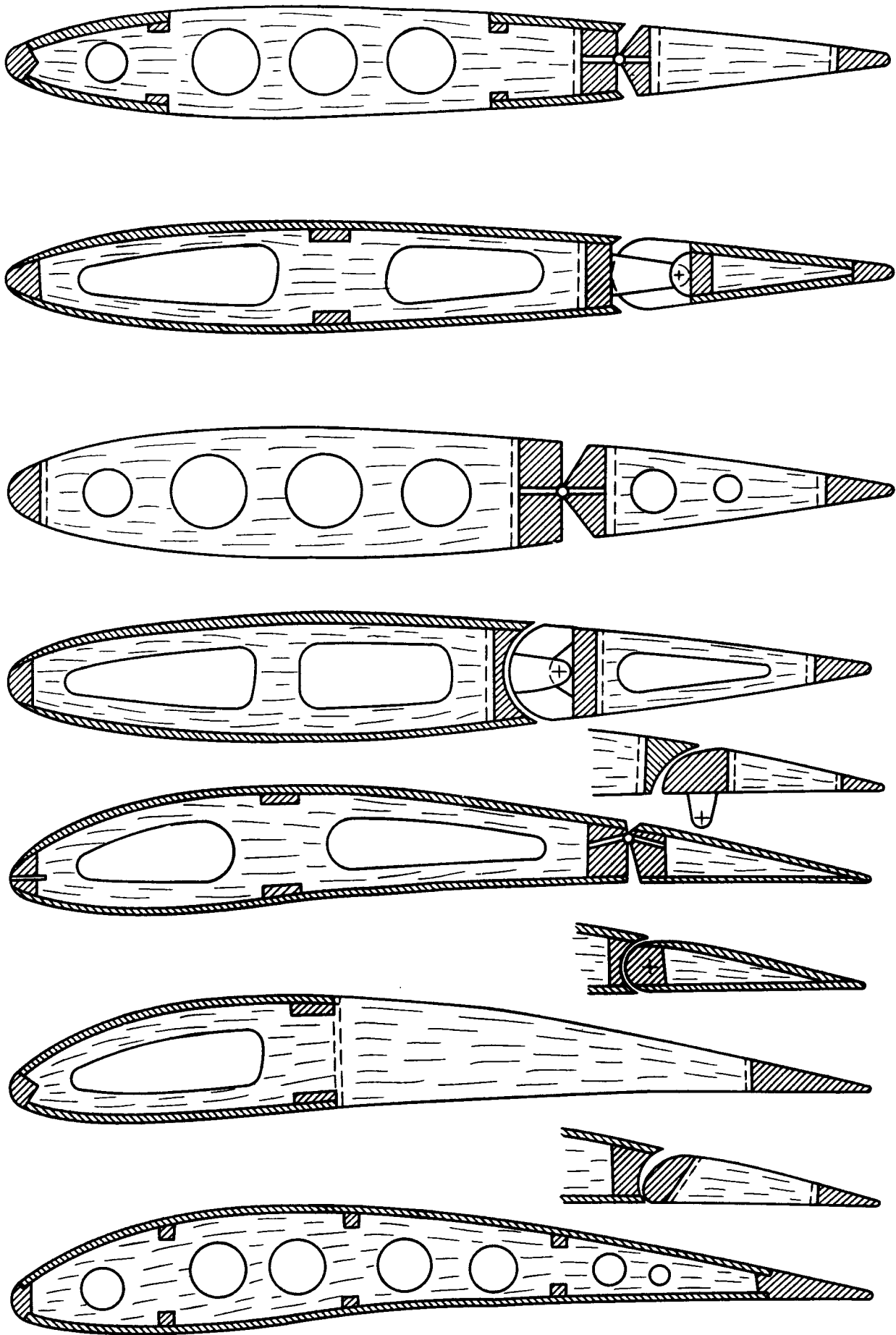


Рис. 74. Различные виды нервюр и сочетание их с кромками, лонжеронами, рулями

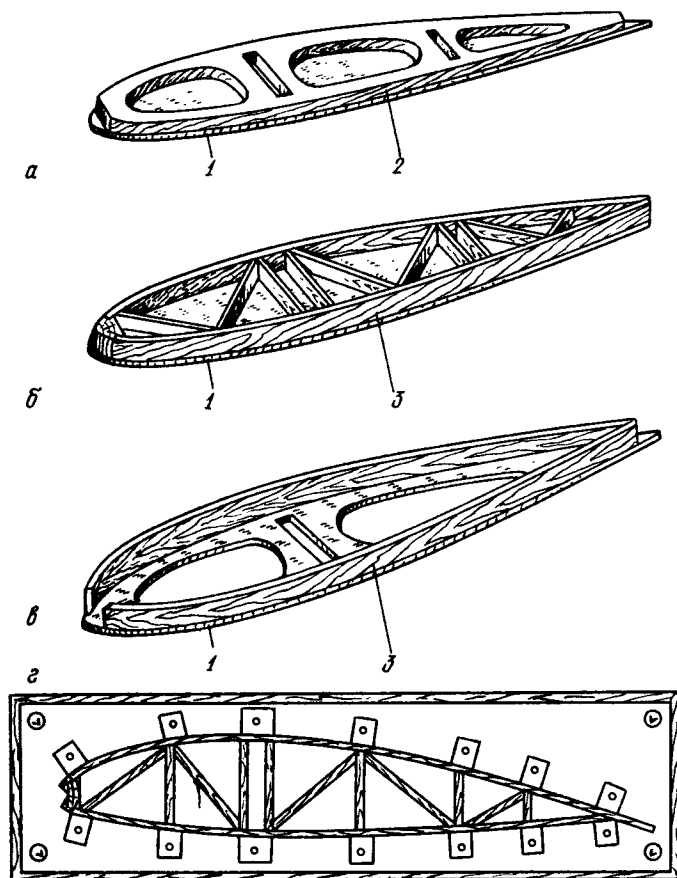
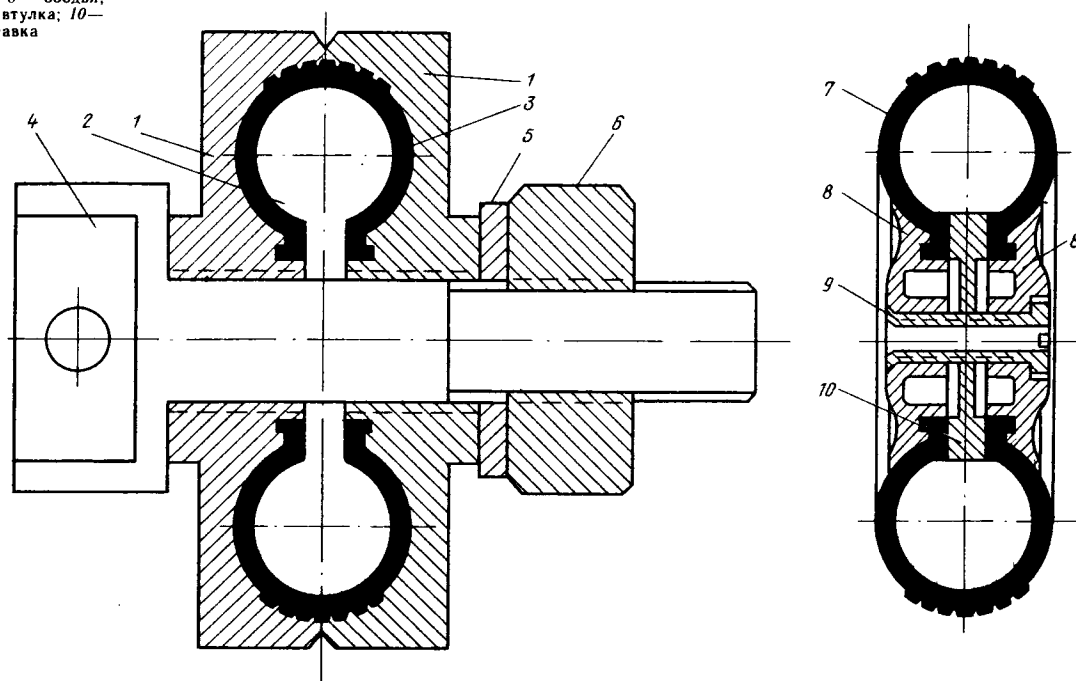


Рис. 75. Усиленные нервюры:

а — с накладкой из липы или бальзы; б и в — полочные усиления; 1 — тонкая фанера; 2 — полочные усиления; 3 — полки, стойки и раскосы из липы, бальзы, сосны; г — сборка полочно-раскосных нервюр

Рис. 76. Пресс-форма для изготовления баллонного колеса модели и готовое колесо в сборе:

1 — половинки пресс-формы; 2 — вставка; 3 — резина; 4 — стяжной болт; 5 — шайба; 6 — гайка; 7 — готовый баллон; 8 — ободья; 9 — соединительная втулка; 10 — ограничительная вставка



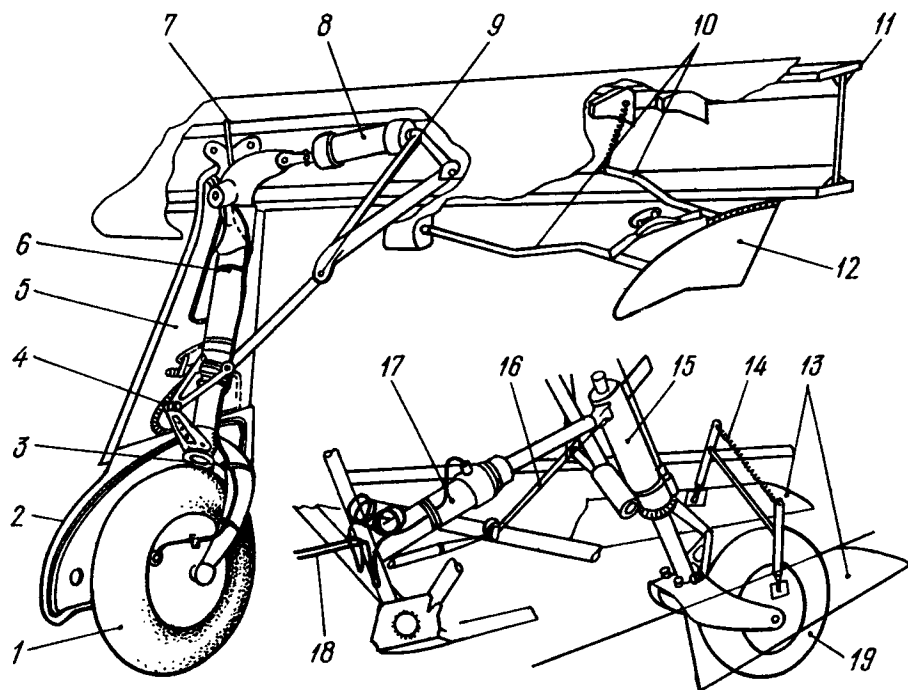


Рис. 77. Конструктивная схема убирающегося основного шасси и хвостового колеса истребителя Як-9:

1 — колесо; 2 — щиток колеса; 3 — тормозной шланг; 4 — шлиц-шарнир; 5 — щиток стойки; 6 — крепление тормозного шланга; 7 — механический указатель положения шасси; 8 — цилиндр подъема и выпуска шасси; 9 — складывающийся подкос; 10 — тяги закрытия второго щитка колеса; 11 — лонжерон крыла; 12 — второй щиток колеса; 13 — щитки хвостового колеса; 14 — пружина тяг щитков; 15 — амортизационная стойка хвостового колеса; 16 — тяга поворотного замка; 17 — цилиндр уборки и выпуска; 18 — трубопроводы

телям периода второй мировой войны (рис. 77), как отечественным, так и зарубежным, это одностоечное шасси с пневмогидравлической амортизацией, баллонным колесом с тормозной системой, боковым ломающимся подкосом, гидро- или пневмоцилиндром уборки и выпуска. Стойка шасси и колесо закрывались в убранном положении щитками.

Примерно так же широко распространенной является схема убирающегося одностоечного шасси с поворотом колеса на 90° (рис. 78).

При использовании схемы убирающего двухстоечного шасси с ломающимся задним подкосом (рис. 79) колесо полностью в крыло не убирается. Поэтому для уменьшения его сопротивления шасси имеет капот со створками, который скрывает колесо почти полностью.

Схема убирающегося трехколесного шасси с носовым колесом (рис. 80) была использована на учебно-спортивных самолетах. При этой схеме основные стойки убираются вперед, а передняя — назад. Колеса шасси остаются снаружи, это гарантирует безопасную вынужденную посадку с убранными шасси.

Схема шасси двухмоторного самолета с основным одностоечным шасси, убираемым в мотогондолы, приведена на рис. 81. В выпущенном положении створки шасси открыты, а в убранном — закрыты.

На рис. 82 показано тоже трехстоечное шасси с носовым колесом, убирающимся назад в фюзеляж, и основными стойками, убирающимися вперед в мотогондолы с разворотом шасси на 90° . Створки шасси частично закрыты в выпущенном состоянии и полностью закрыты в убранном.

Важное значение для внешнего вида приобретают различные видимые детали. К ним можно отнести систему стоек и расчалок на бипланах, трубки пито, трубки вентури, антенны, выхлопные патрубки силовых установок, различные заборники, обтекатели, подкосы, лючки и т. п. Желательно как можно точнее воспроизвести все эти детали.

Если очертание открывающегося лючка достаточно имитировать раскрыем по обшивке, то многие другие детали, особенно неокрашенные, необходимо изготовить из тех же материалов, что и на прототипе. К примеру, ленты-расчалки рекомендуется изготовить так же, как это было описано в разделе о макетах.

Следует отметить, что при разработке конструкций модели необходимо подумать и о ее транспортировке до места запуска. Если кордовые модели часто бывают небольших размеров и их можно транспортировать в собранном виде, то радиоуправляемые модели необходимо транспортировать в разобранном виде, а для этого придется изготовить специальные чехлы из картона или других материалов, а может быть, и специальный ящик. Обычно такой ящик делают из кусков пенопласта, которыми обкладывают модель, а сверху, после обработки, оклеивают дерматином на клее ПВА. Внутреннюю часть такого ящика желательно оклеить мягкой материей типа фланели. Такая упаковка гораздо легче, чем из дерева, и хорошо предохраняет модель от повреждений. Часто в ящиках для упаковки модели располагают и все принадлежности, необходимые для запуска модели в воздух, — инструмент, горючее, запасные детали, аккумуляторы, радиоаппаратуру.

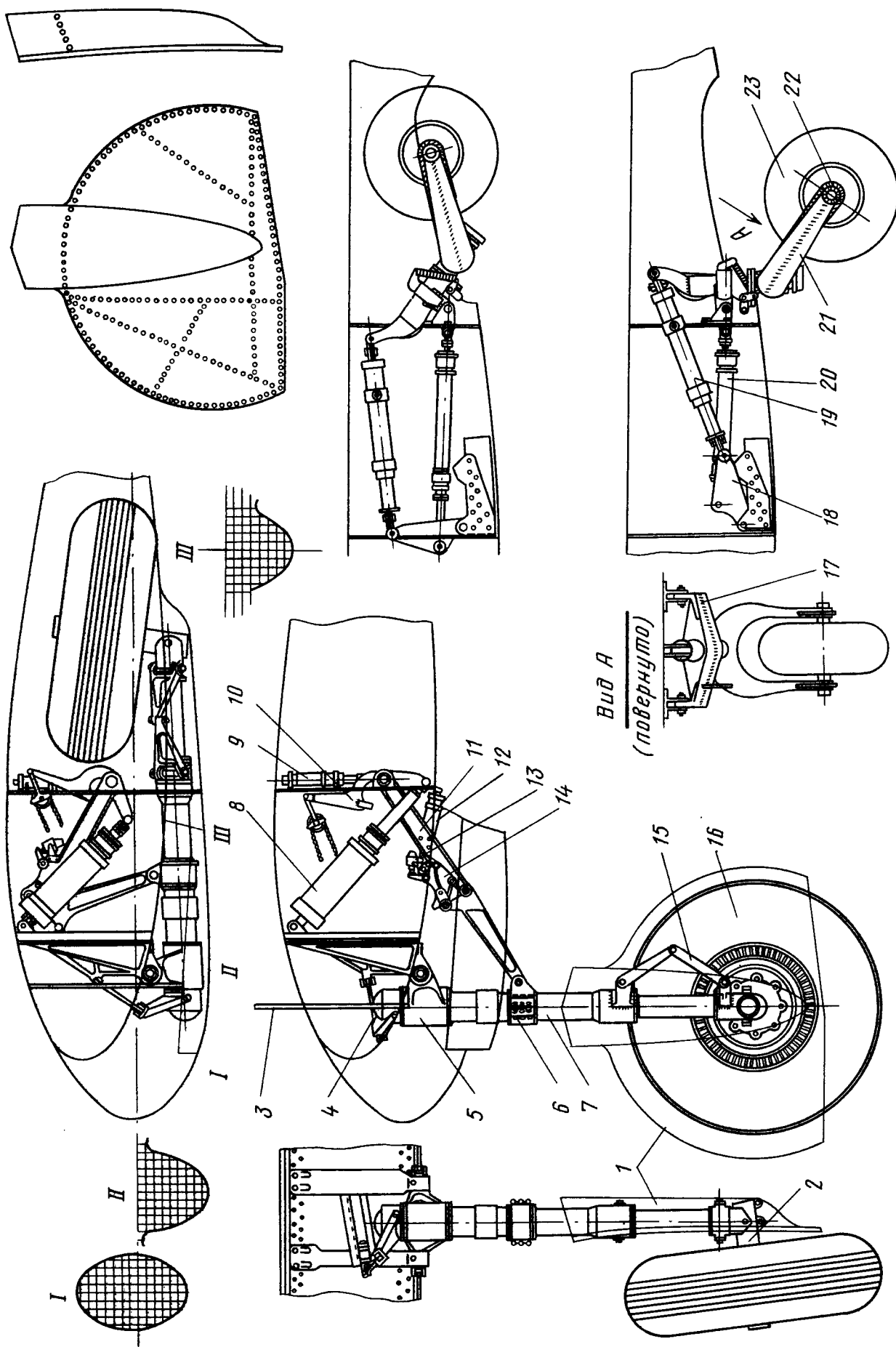


Рис. 78. Схема основного шасси и хвостового колеса самолета Ил-10:
 1 — обтекатель колеса; 2 — башмак оси колеса; 3 — механический указатель положения шасси;
 4 — тяга поворота стойки; 5 — верхний поворотный узел крепления стойки; 6 — хомут заднего
 подкоса; 7 — амортизационная стойка шасси; 8 — амортизатор шасси; 9 — цилиндр-выключатель

верхнего замка; 10 — рычаг аварийного выпуска шасси; 11 — подкос стойки шасси; 12 — цилиндр-выключатель нижнего замка шасси; 13 — кнопка сигнализации выпущенного положения шасси;
 14 — замок подкоса; 15 — шпин-шарнир; 16 — колесо; 17 — траверса стойки хвостового колеса;
 18 — рычаг уборки; 19 — амортизатор хвостовой стойки; 20 — подъемник хвостового колеса; 21 —
 выкат; 22 — крепление оси колеса к выкате; 23 — хвостовое колесо

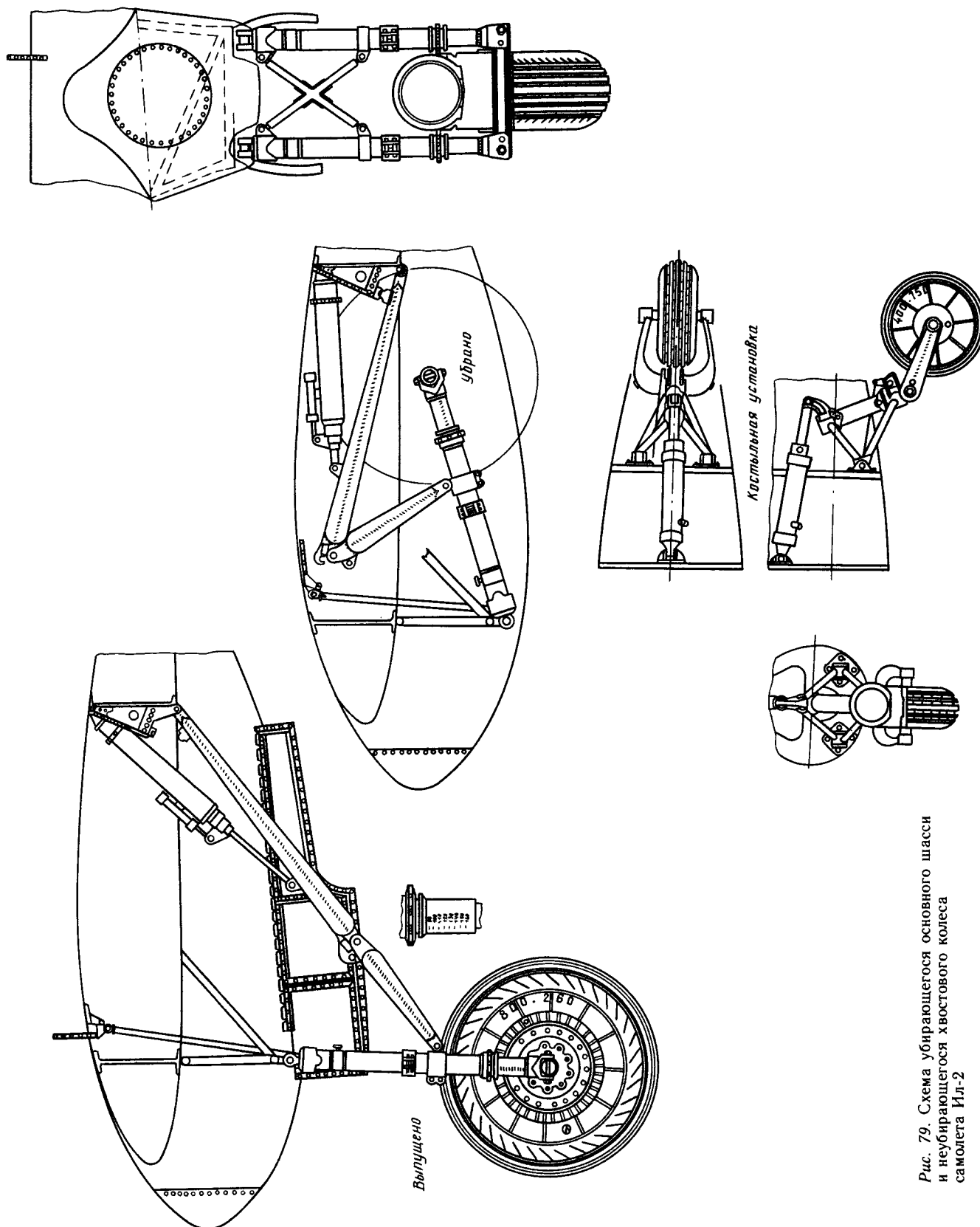


Рис. 79. Схема убирающегося основного шасси и убирающегося хвостового колеса самолета Ил-2

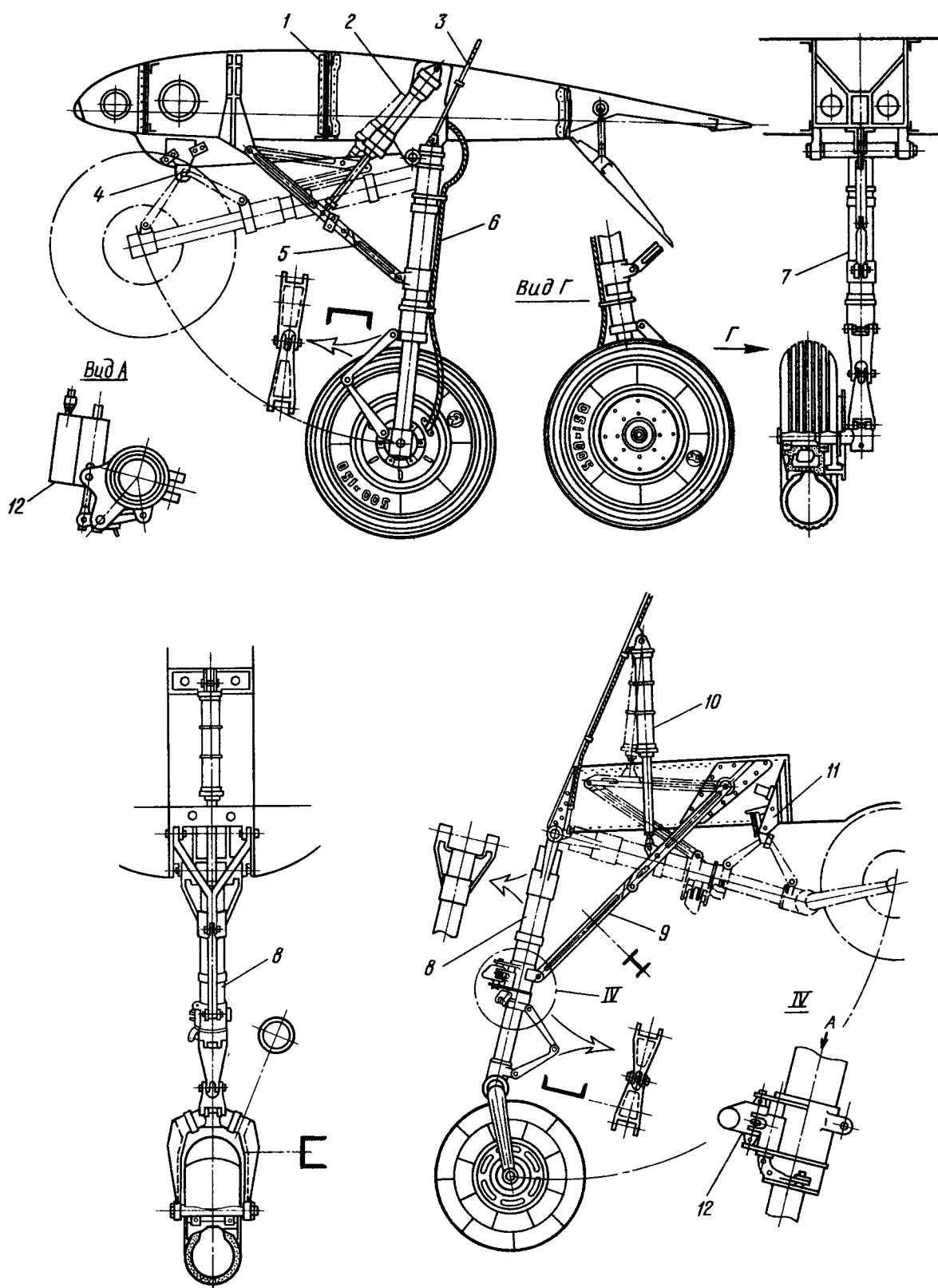


Рис. 80. Схема убирающегося шасси самолета Як-52:

1 — лонжерон крыла; 2 — пневмоцилиндр-подъемник основного шасси; 3 — механический указатель положения шасси; 4 — замок убранного положения шасси; 5 — складывающийся подкос; 6 — тормозной шлаг; 7 — главная стойка шасси; 8 — носовая стойка шасси; 9 — складывающийся подкос носовой стойки; 10 — пневмоцилиндр-подъемник носовой стойки шасси; 11 — замок убранного положения носовой стойки; 12 — демпфер носовой стойки

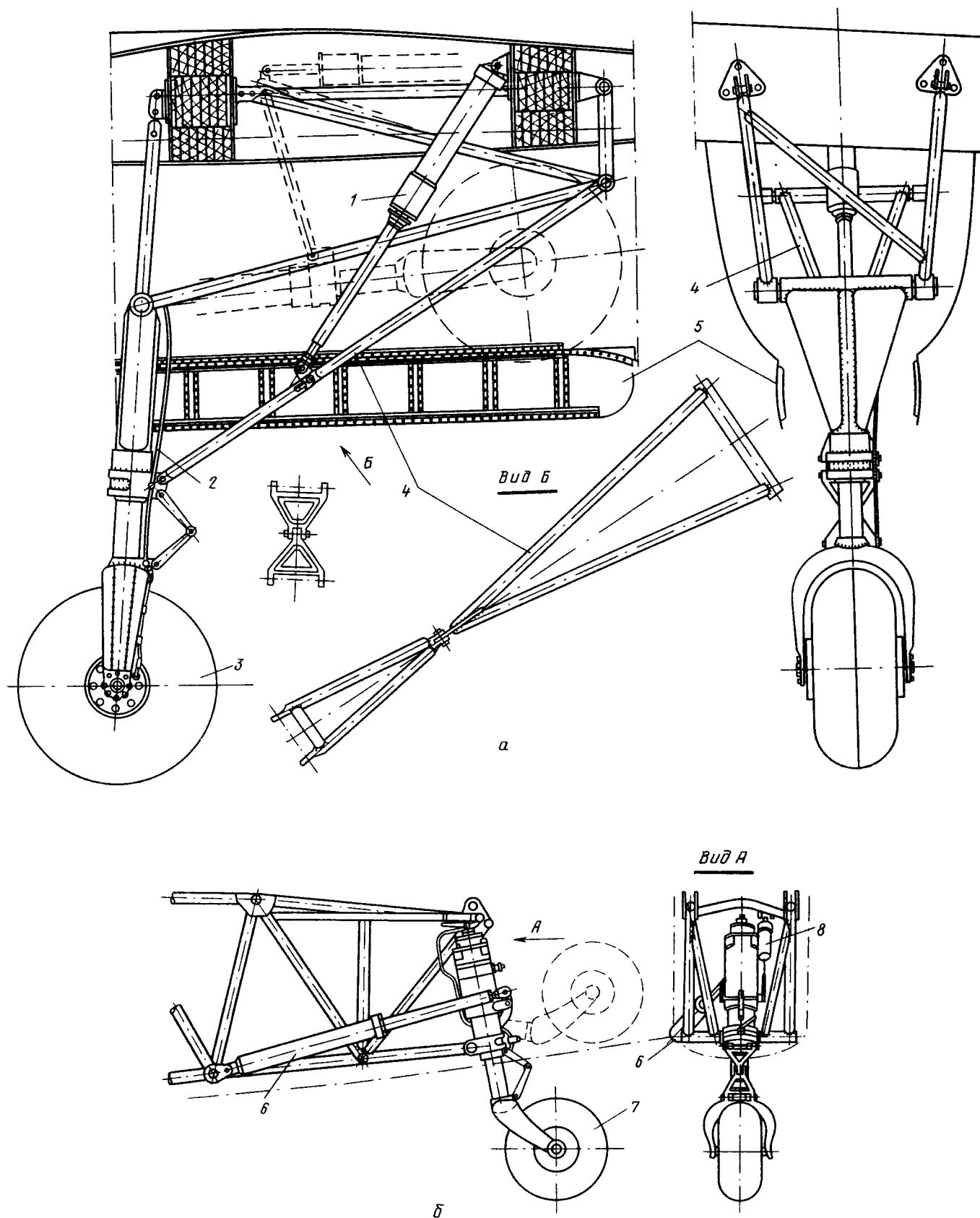


Рис. 81. Схема убирающегося шасси самолета ББ-22:

а — главная стойка шасси; *б* — костыль; 1 — гидроцилиндр уборки главной стойки шасси; 2 — тормозной шланг; 3 — основное колесо; 4 — складывающийся подкос; 5 — створки шасси; 6 — гидроцилиндр уборки хвостового колеса; 7 — хвостовое колесо; 8 — замок выпущенного положения хвостового колеса

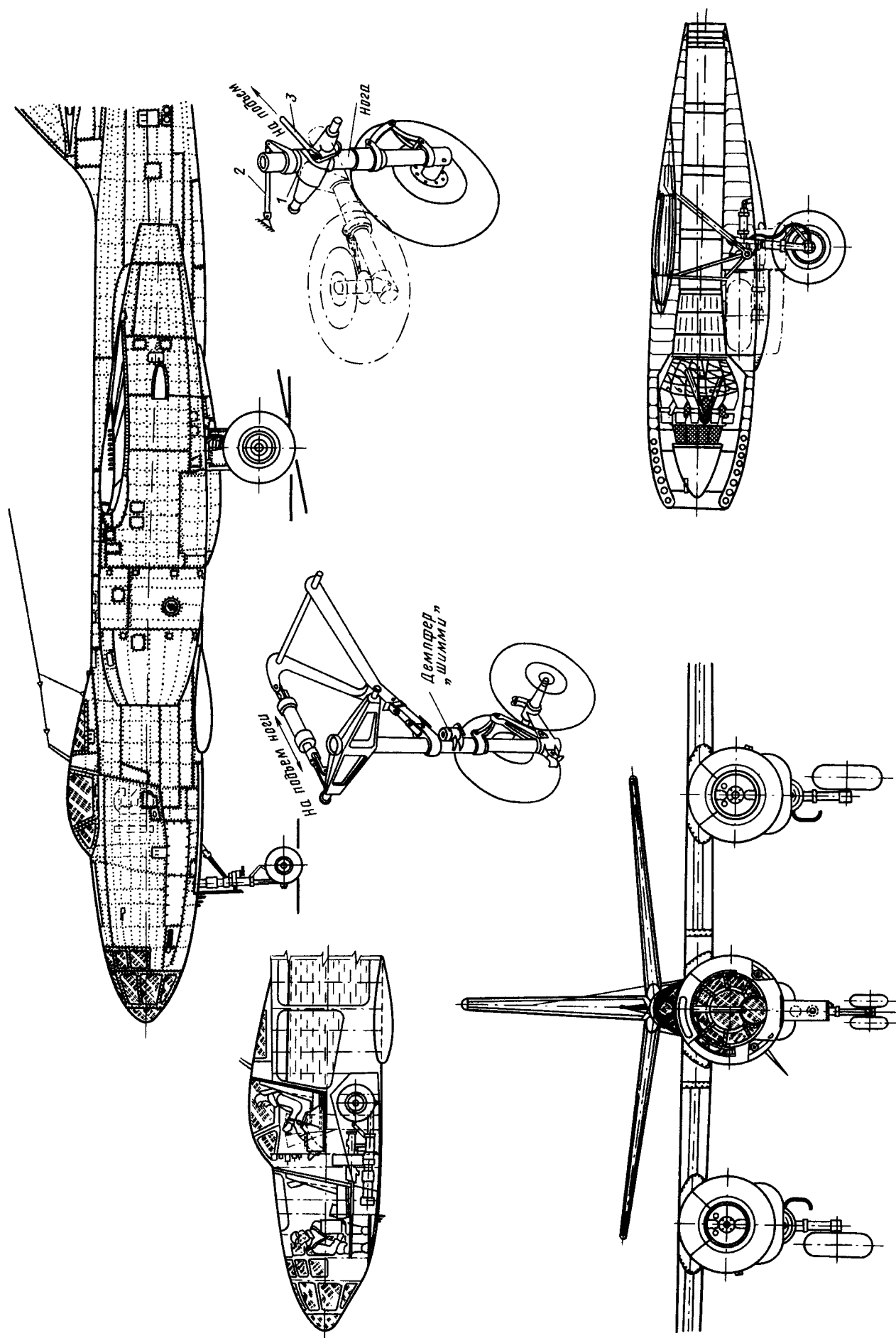


Рис. 82. Схема убирающегося шасси самолета Ил-28:

1 — главная нога шасси, при подъеме поворачивающаяся в траверсе на 90° вокруг своей оси; 2 — тяга, заставляющая поворачиваться ногу в траверсе; 3 — тяга к силовому цилиндру подъема и выпуска шасси

КОРДОВЫЕ МОДЕЛИ

В изготовлении моделей необходимо соблюдать определенную последовательность, которая продумывается в процессе подготовки чертежа и разработки конструкции и оформляется в виде плана работы. Процесс изготовления можно разделить примерно на такие этапы:

- заготовка материалов, их распиловка на части, необходимые для изготовления тех или иных деталей и узлов;

- изготовление шаблонов, контршаблонов, ступеней и приспособлений для контроля и сборки;

- изготовление различных механизмов и опробование их раньше, чем будет готово место для их установки;

- изготовление таких деталей и узлов, как шпангоуты, моторамы, стрингеры, лонжероны, нервюры, узлы подвески рулей, качалки управления, тяги, узлы различных креплений и другие детали, которые можно изготовить до сборки той или иной части модели;

- сборка отдельных частей модели (фюзеляж, крыло, оперение) и частичная их обшивка и обтяжка; установка различных механизмов управления, подгонка двигателя, бабка для горючего, установка подвески рулей, установка узлов крепления шасси;

- окончательная обтяжка и оклейка модели;

- установка оборудования, установка остекления кабины (кабин), проверка действия управления рулями и механизмами, изготовление зализов и лючков, капотов и створок убирающихся шасси, подготовка поверхности к окраске;

- окраска и нанесение знаков с последующей доводкой и закреплением поверхности, установка внешнего оборудования.

В плане работы над моделью более подробно расписывается каждый этап и намечаются примерные сроки окончания тех или иных работ. План поможет ничего не упустить и вовремя в нужной последовательности изготовить отдельные детали и всю модель.

Наиболее широко практикуется изготовление кордовых моделей-копий. Это объясняется тем, что для запуска в полет кордовой модели требуется площадка диаметром всего 40—50 м с твердой поверхностью, которую проще отыскать, чем поле для

запуска радиомодели. Возможность непосредственно управлять полетом модели вызывает особый интерес, да и зрительный эффект довольно значительный. Полет модели на корде обеспечивает ее дополнительную поперечную устойчивость, а в продольном направлении модель управляется самим моделистом. Это позволяет копировать довольно сложные прототипы, в том числе и многомоторные.

Все они хорошо летают, если точно выполнены определенные расчеты и рекомендации. Общие рекомендации по разработке конструкции моделей-копий в полной мере относятся к кордовым моделям с учетом того, что данная модель должна летать по кругу и управляться она будет с помощью стальных тонких нитей-корд, прикрепленных одними концами к определенным деталям на модели, а другими — к специальной ручке.

Для обеспечения нормального полета нужно знать условия работы всех агрегатов модели и принцип управления ими. Устойчивость полета кордовой модели, ее маневренность и управляемость целиком зависят от правильного расчета и устройства системы управления рулем высоты. Следовательно, расчету размеров качалок и рычагов управления следует уделить особое внимание. Иногда хорошо построенная модель разбивается при первом же полете из-за неточного расчета трехплечей качалки и качалки руля высоты. В результате многолетней практики для кордовых моделей-копий выработаны определенные соотношения основных элементов управления моделью (рис. 83).

Рукоятка, которую моделист держит в руке, должна быть удобной, хорошо лежать в сжатой кисти. Иногда бывает необходимо трехплечую качалку сделать меньших размеров. В этом случае ручку управления делают в виде рамки, соответственно уменьшив расстояние A и пересчитав остальные размеры. Чаще всего весь расчет необходимо делать в обратном порядке, ведя отсчет от качалки руля высоты, так как у прототипа она на виду и ее приходится копировать. Бывает и так, что площадь рулей высоты заставляет сделать отступление от соотношения элементов системы управления. Так, при недостаточной площади руля высоты необходимо увеличить его отклонение. В данном случае можно довести размер Γ качалки руля высоты до 0,1 в от-

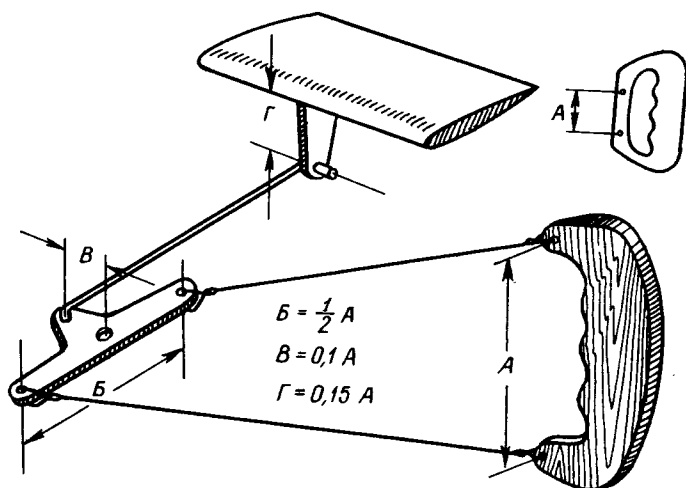


Рис. 83. Соотношение размеров системы управления кордовой моделью

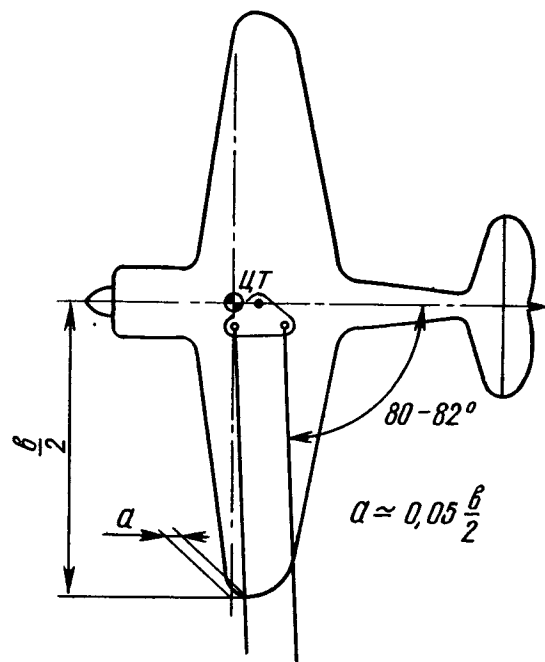


Рис. 84. Схема смещения корд

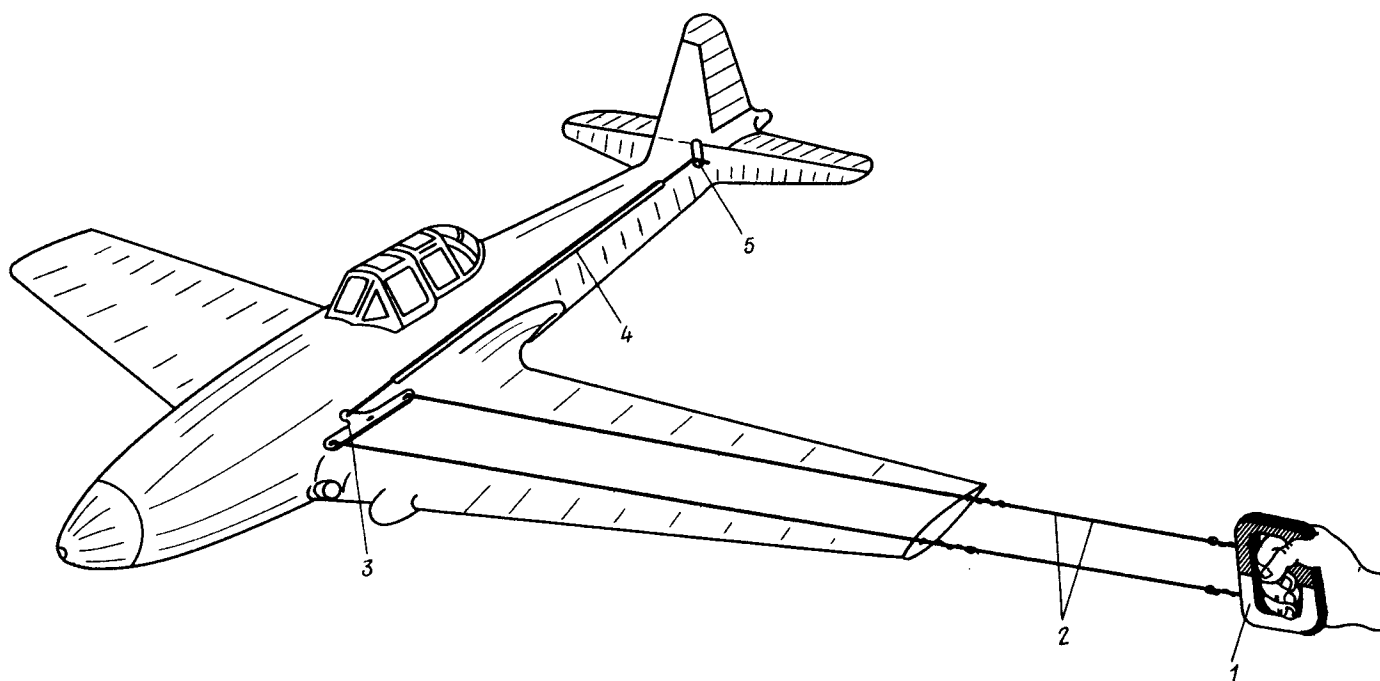


Рис. 85. Схема управления кордовой моделью:

1 — ручка управления; 2 — корды; 3 — трехплечая качалка; 4 — тяга к рулю высоты; 5 — качалка руля высоты

ношении к А. Отклонение от нормальных соотношений элементов управления влечет за собой либо вялое управление и слабую маневренность модели, либо чересчур чуткое управление и невозможность ровного устойчивого полета.

Большое значение для полета имеет хорошее натяжение корд, которое обеспечивается установкой двигателя и руля поворота с отклонением вправо. Однако влияние это может быть сведено на нет, если корды неправильно проходят относительно продольной оси модели. Во время полета корды создают значительное сопротивление, и чем дальше от центра вращения, тем больше встречный поток воз-

духа заставляет их прогибаться. Корды как бы отстояют от модели и тянут назад внутреннее ее крыло, вынуждая модель заворачивать внутрь круга. Если не учесть этого, то модель во время полета или совсем не сможет натягивать корды, или будет натягивать их слабо, что приведет к плохому управлению моделью. Особенно важно это учитывать, когда на модели есть механизация, управляемая с помощью дополнительных корд, которые создают добавочное сопротивление. Для лучшего натяжения корд необходимо их устанавливать не перпендикулярно оси модели, а сгибая назад под углом (рис. 84).

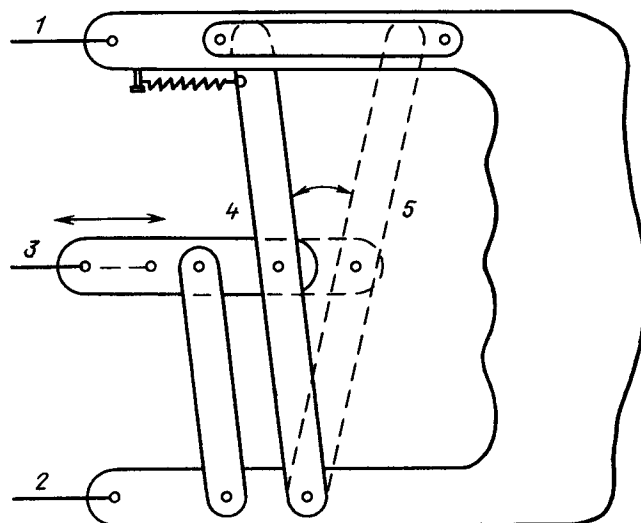
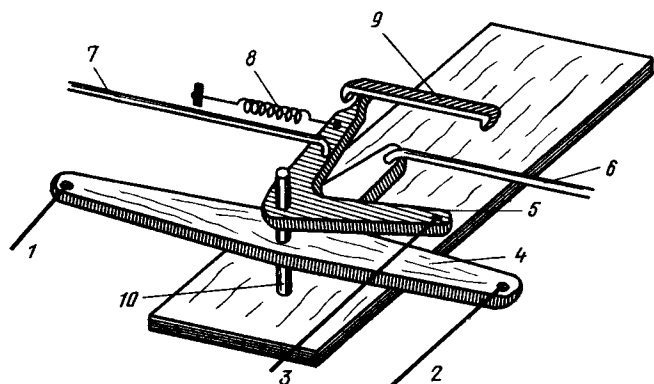


Рис. 86. Простейшая схема управления оборотами двигателя:

1 и 2 — корды управления рулем высоты; 3 — корда управления оборотами двигателя; 4 — трехплечая качалка управления рулем высоты; 5 — двуплечая качалка управления оборотами; 6 — тяга к рулю высоты; 7 — тяга к двигателю; 8 — возвратная пружина; 9 — ограничитель хода двуплечей качалки; 10 — ось качалок

Рис. 87. Простейшая ручка управления дополнительной кордой:

1 и 2 — корды управления рулем высоты; 3 — корда управления механизацией; 4 и 5 — крайние положения рычага третьей корды

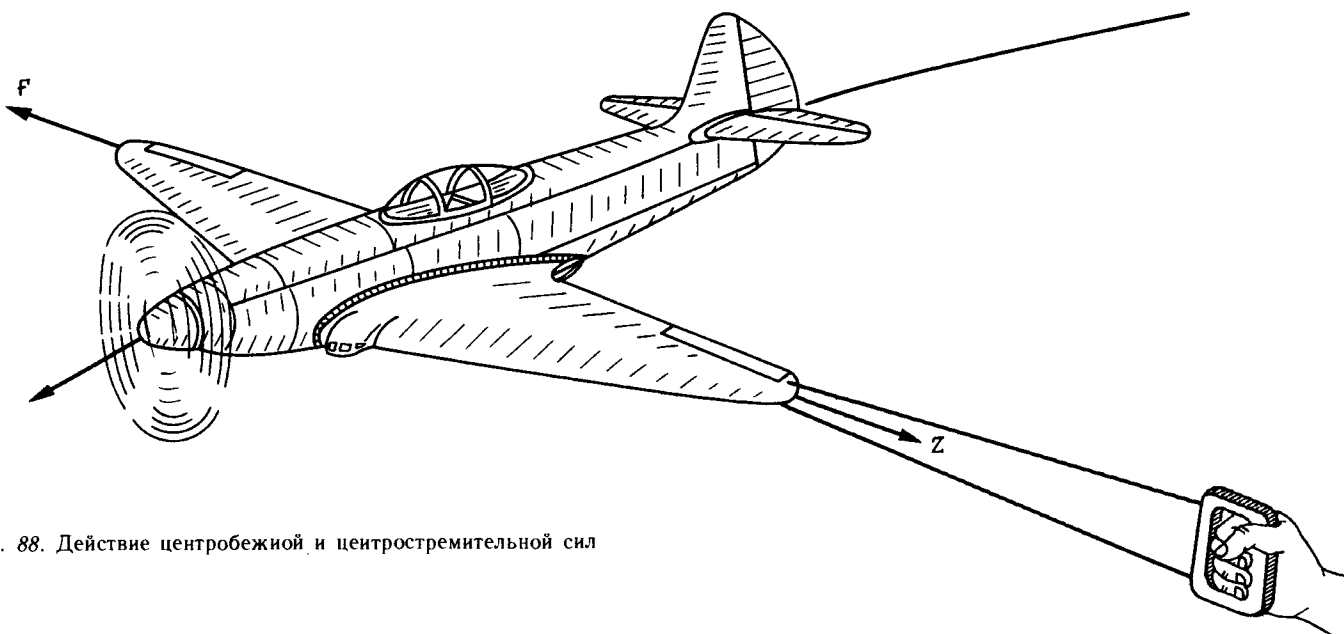


Рис. 88. Действие центробежной и центростремительной сил

Центр тяжести модели обычно находится в пределах 20—30% САХ. Основную трехплечую качалку следует располагать так, чтобы центр тяжести приходился на переднюю корду или на 1—1,5 см сзади нее, но всегда впереди оси качалки.

Одним из основных условий изготовления системы управления моделью является обеспечение легкости хода всех шарниров, так как малейшее заедание или тугой ход могут привести к аварии. Если модель не имеет механизации, то есть управление воздействует только на руль высоты (рис. 85), система управления состоит из ручки управления 1, двух корд 2, трехплечей качалки 3, тяги руля высоты 4 и качалки руля высоты 5.

Для моделей, имеющих механизацию, система управления усложняется. Существует много устройств, но их сущность сводится к одному — механизмы должны по воле пилотирующего производить то или иное действие. Это может быть регулирование оборотов двигателя, уборка и выпуск шасси, отклю-

нение и уборка закрылков или шитков, работа вооружения и т. д. Механизм регулировки оборотов двигателя применяется чаще других. Наиболее простая схема управления этим механизмом — третья корда и дополнительная качалка (рис. 86). Регулирование может быть ступенчатым (малые, средние и большие обороты) или плавным — от малых до максимальных. Для такой системы делается специальная ручка, на которой подвижно укрепляется третья корда (рис. 87).

Еще одно значительное явление, присущее кордовым моделям, необходимо учитывать. Из законов механики известно, что при движении тела вокруг определенной точки, к которой оно прикреплено подвижно, возникают две противоположные силы — центробежная и центростремительная. В данном случае центростремительная сила (Z) — это сила натяжения корда, а центробежная (F) направлена перпендикулярно продольной оси модели и стремится оторвать модель (рис. 88). С увеличением скорости

центробежная сила будет расти. Поэтому при конструировании модели систему управления необходимо рассчитывать на усилие, в несколько раз большее, чем масса модели в покое, то есть величина этого усилия должна быть несколько большей, чем величина центробежной силы на возможной максимальной скорости полета модели.

Одним из элементов поперечной устойчивости кордовой модели является асимметрия крыла по массе. Дело в том, что корды не только оказывают сопротивление, но и обладают определенной массой, которая как бы утяжеляет внутреннее крыло в полете. Если не компенсировать эту массу, то крыло будет опускаться вниз, а это приведет не только к уменьшению натяжения корд, но и к стремлению модели развернуться во внутреннюю сторону круга. Для того чтобы не произошло этого, правое крыло должно быть тяжелее левого на величину немного большую, чем масса корд. Достигается это путем загрузки правого крыла.

Необходимо учитывать и некоторые особенности изготовления и пилотирования многомоторных моделей с расположением двигателей на крыле. Во-первых, эта особенность заставляет делать часть крыла от фюзеляжа до мотора более прочной. Во-вторых, это же обстоятельство вынуждает задуматься над таким моментом, как одновременная остановка двигателей во время полета (рис. 89).

Тяга правого или левого двигателей (или группы двигателей) при работе создает моменты, равные произведению тяги винта на плечо до центра вращения модели вокруг вертикальной оси. При работе всех двигателей эти моменты (в идеале) уравниваются, и суммарная тяга проходит по оси модели. Но при остановке одного из двигателей суммарная тяга смещается в сторону работающего двигателя (или группы двигателей). Создается разворачивающий момент в сторону отказавшего двигателя.

Когда останавливается внешний двигатель, момент от внутреннего двигателя направлен во внешнюю сторону круга и особых неприятностей не доставляет, за исключением того, что наполовину снизится сила тяги и модель уменьшит скорость, а если есть избыток тяги, то модель довольно устойчиво продолжает полет. Но если раньше остановится внутренний двигатель, то момент от внешнего двигателя стремится завернуть модель внутрь круга, что очень опасно, так как резко уменьшается натяжение корд управления и модель может оказаться неуправляемой. Это явление менее характерно для моделей с большой массой, у которых центробежная сила настолько велика, что момент от внешнего мотора лишь незначительно уменьшит ее.

Для того чтобы все же избежать влияния остановки внутреннего двигателя, прибегают к питанию топливом обоих моторов от одного общего бачка, хотя в данном случае возникает конструктивная трудность в размещении бачка (он по величине будет в два раза большим). Приходится также удлинять трубопроводы для подачи топлива, что затрудняет точную регулировку двигателей. Проще выяснить расход горючего каждым двигателем и сделать бачки разного объема.

Многие моделисты поступают так: при равных объемах бачков для горючего сначала запускают внешний двигатель, а затем внутренний. Пока бу-

дет запущен внутренний двигатель, внешний работает часть горючего и в полете остановится раньше. Все это относится к моделям, на которых отсутствует система управления оборотами двигателей. Если же такая система есть, остановку одного из моторов надо рассматривать как неожиданный отказ из-за неисправности и поэтому при пилотировании надо быть готовым к определенным действиям.

Часто для увеличения натяжения корд управления ось вращения винта (или двигателя) смещают к внешней стороне круга. В этом нет необходимости на кордовых моделях-копиях с полетной массой более 1 кг, так как центробежная сила достаточно натягивает корды управления. А на моделях, имеющих полетную массу более 2 кг и не выполняющих фигуры пилотажа, отпадает также необходимость в отклонении руля поворотов к внешней стороне круга.

Конструкция топливного бачка на кордовых моделях имеет свои особенности, вызванные воздействием центробежной силы и силы инерции на топливо. При полете модели по кругу топливо стремится прижаться к внешней стенке бачка. Поэтому бачки обычно делают в виде домика с конусом, направленным во внешнюю сторону круга. Сила инерции прижимает топливо к задней стенке, поэтому его заборник должен находиться не только ближе к вершине конуса, но и ближе к задней стенке (рис. 90).

Бачок необходимо располагать как можно ближе к двигателю, чтобы облегчить подачу топлива. В моделях, выполняющих фигуры высшего пилотажа, бачок должен находиться в таком положении, чтобы середина топливного столба была на уровне жиклера двигателя (рис. 91). Это обеспечит стабильный режим работы двигателя в прямом и перевернутом полете. Для регулирования частоты вращения двигателя применяется специальное устройство. В практике достаточно сбавить 6—8 тысяч оборотов, чтобы произвести посадку, а для этого требуется перекрыть выхлопное окно двигателя, оставив небольшое отверстие, или уменьшить проходное сечение футорки карбюратора, через которую воздух поступает к жиклеру.

Наиболее простой и чаще всего применяемый способ регулирования частоты вращения двигателя — с помощью дополнительной корды, натягивая которую устанавливают малый газ, ослабляя — большой. При данной конструкции надо обязательно учитывать силу натяжения дополнительной корды от встречного потока воздуха. Сила возвратной пружины должна превосходить силу натяжения дополнительной корды от сопротивления встречного потока воздуха при полете модели на максимальной скорости, но она должна быть меньше силы натяжения корд центробежной силой. Если возвратная пружина слабая, то после набора моделью определенной скорости дополнительная корда натянется встречным потоком воздуха, сработает механизм уборки газа и обороты двигателя уменьшатся против желания моделиста.

Расположение двигателя на модели определяется конструкцией выбранного прототипа. Если прототип имел открытый звездообразный двигатель, можно двигатель модели вписать (встроить) под один из цилиндров. При этом, конечно, он не должен портить

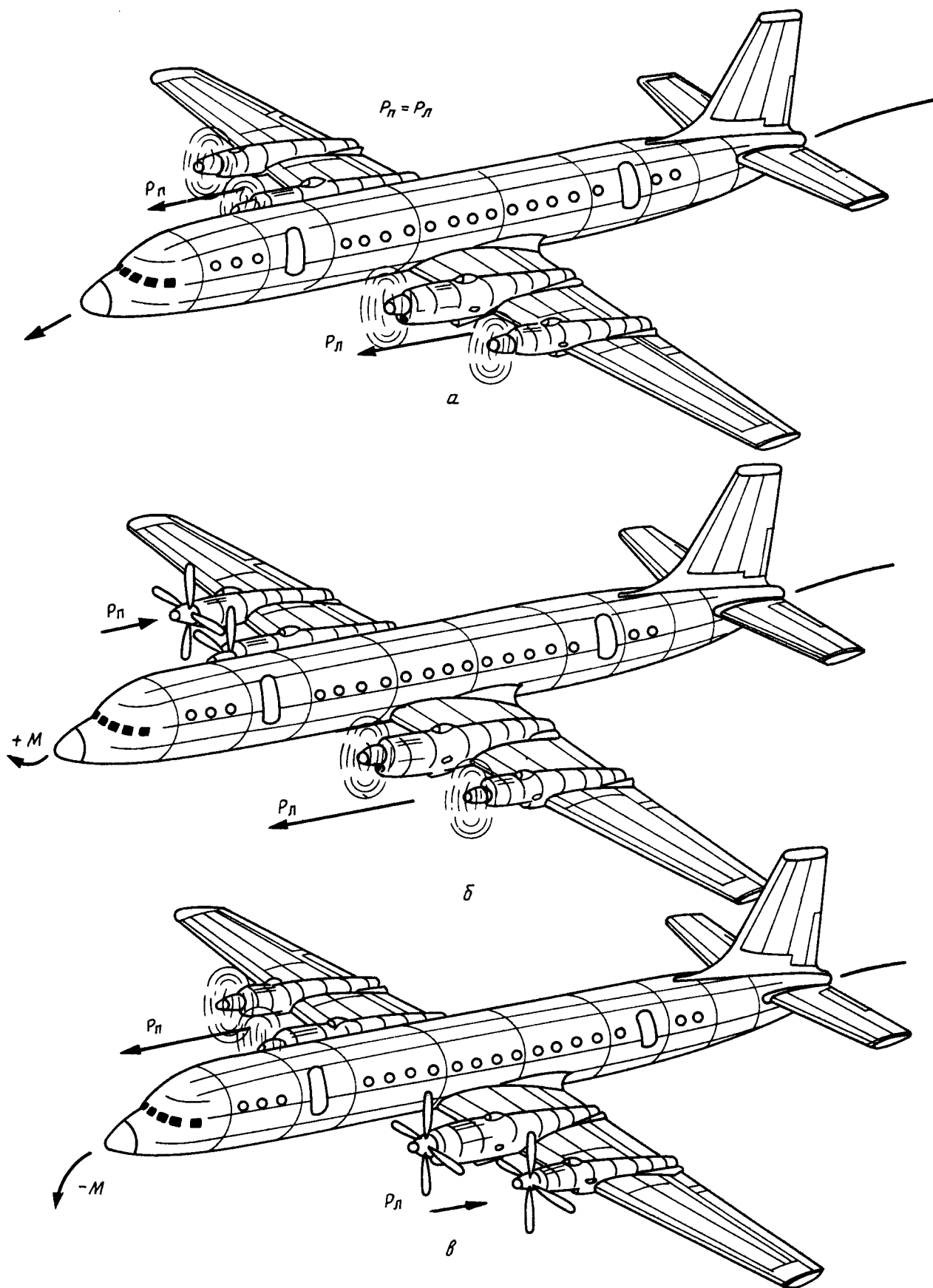


Рис. 89. Действие сил тяги на многомоторной модели:

а — со всеми работающими моторами; б — с отказавшими внешними моторами; в — с отказавшими внутренними моторами

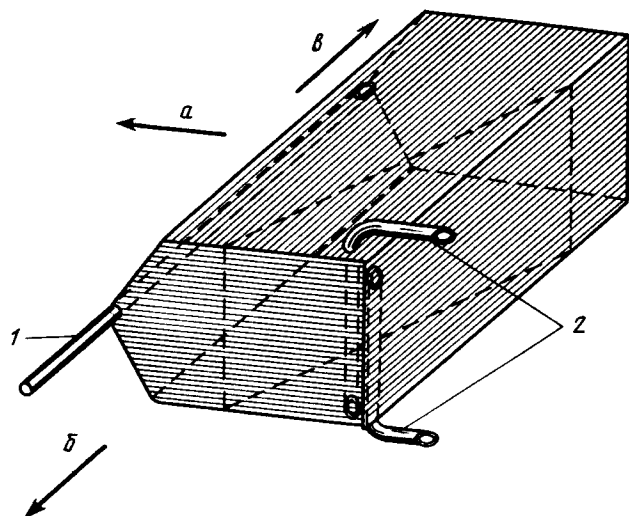


Рис. 90. Бачок для топлива кордовой модели:

a — направление действия центробежной силы; *b* — направление полета; *в* — направление действия силы инерции; 1 — трубочка подачи топлива к мотору; 2 — дренажные трубочки

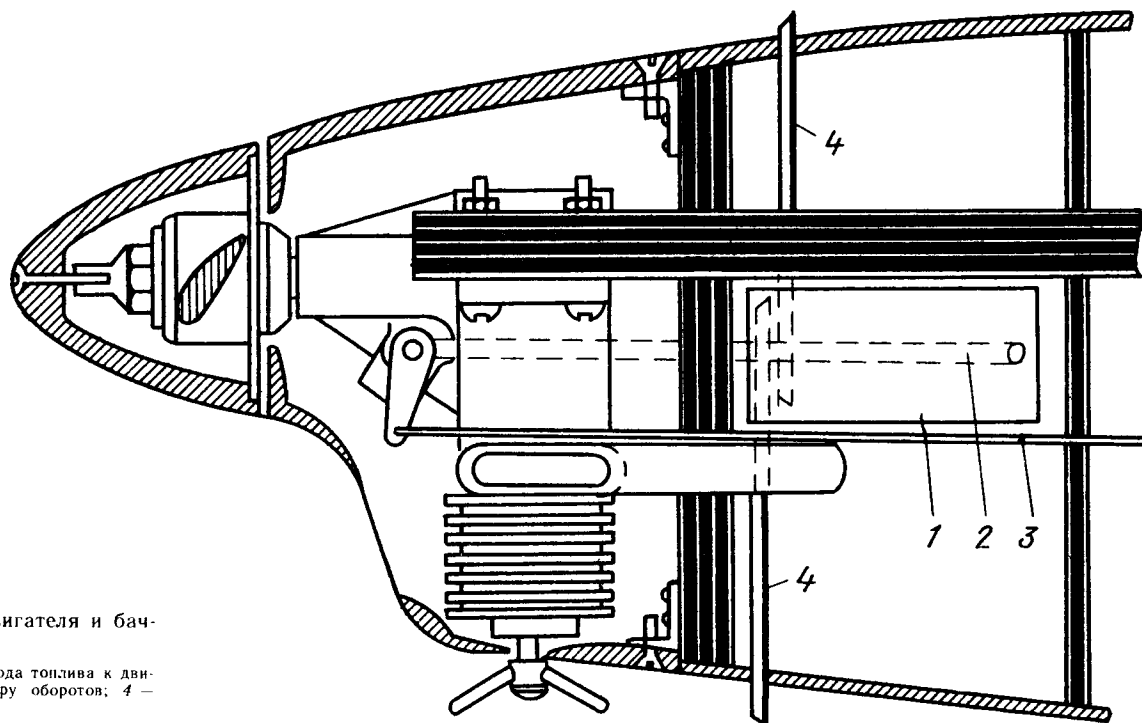


Рис. 91. Размещение двигателя и бачка для топлива:

1 — бачок; 2 — трубочка подвода топлива к двигателю; 3 — тяга к регулятору оборотов; 4 — дренажные трубочки

внешний вид двигателя прототипа. В другом случае двигатель модели скрывают в капоте или фюзеляже, удлиняя вал двигателя или конструируя редуктор. Лучшим следует признать вариант, когда конструкция прототипа позволяет расположить на модели двигатель вверх или вбок цилиндром и сохранить при этом сходство с мотоустановкой прототипа. Часто встречаются прототипы, когда на модели двигатель можно полностью скрыть в капотах, но располагать его приходится вниз цилиндром. Это может затруднить запуск двигателя, поскольку легко можно «перезалить» его, но научиться запускать двигатель — дело практики.

Как бы точно не был изготовлен воздушный винт, каждый двигатель создает определенные вибрации. Это заставляет делать довольно массивные подмоторные рамы и прочно связывать их с фюзеляжем или крылом. Конструкция моторамы зависит от разработанной конструкции модели и расположения двигателя. Моторамы могут изготавливаться из металла, пластмассы и древесины твердых пород (бук, граб, береза, многослойная фанера). Топливный

бачок желательно помещать в какую-либо мягкую среду (пористая резина, поролон), чтобы уменьшить передачу вибрации на топливо, так как вибрация приводит к вспениванию топлива и перебоям в работе двигателя.

Часто для склеивания деталей и нанесения на них покрытий применяют эмалит и нитрокраски. Надо помнить, что они являются огнеопасным материалом. И если детали капота, покрытые ими, расположены очень близко к выхлопным окнам двигателя, то возникает вероятность загорания модели. В таких случаях на пути выхлопных газов либо ставят перегородку из металла, либо делают специальные глушители и отводные трубки выхлопных газов.

В компоненты топлива входит масло, которое полностью не сгорает и выбрасывается наружу, сильно загрязняя модель. Поэтому применение на двигателе глушителя и отводных трубок служит еще одной цели — защищает модель от загрязнения.

Надо учесть еще и то, что выхлопные отходы могут разъедать покрашенную поверхность модели.

Рис. 92. Кордовая контурная модель самолета Злин-43



Рис. 93. Кордовая контурная модель самолета МиГ-15 бис

Покрyтия из нитрокрасок интенсивно растворяются при попадании на них капель спиртовых горючих смесей. Поэтому поверхность готовой модели, особенно в местах расположения двигателя и бачка для топлива, покрывают лаками, стойкими к таким смесям.

Различные внешние надстройки, оборудование и остекление кабин можно изготовлять способами, описанными в разделе о макетах с той лишь разницей, что не нужно забывать о массе этих деталей, так как для летающей модели очень важна общая полетная масса.

Все конструктивное разнообразие моделей описать в одной книге невозможно, поэтому рекомендуем чаще обращаться к печатным изданиям по моделизму, где можно найти нужное решение.

Кордовые контурные модели-полукопии

Важным элементом конструкции данных моделей является сохранение объемного крыла и профиля, близкого прототипу, что обеспечивает хорошие летные характеристики. Для изготовления модели пригодны недефицитные материалы — липы, осина, ольха, сосна, фанера. Двигатели на таких моделях — внутреннего сгорания с рабочим объемом

1,5—2,5 см³ (рис. 92, 93). В моделях сохраняются масштабные размеры при виде в плане, сбоку и спереди, за исключением толщины фюзеляжа, киля, мотогондол, колес и других надстроек при виде в плане. Кабину (кабины) на них не оборудуют, но изготавливают из прозрачного материала (оргстекло, целлулоид). Двигатель (двигатели) и топливный бачок не закапотированы. Шасси упрощены, по виду представляют собой стойки из проволоки, а по схеме напоминают шасси прототипа. Шасси двухколесных схем с хвостовым колесом для улучшения противоклопотажных качеств иногда смещают на 1—3 см вперед. Шасси моделей реактивных самолетов увеличивают по высоте с тем, чтобы можно было использовать воздушный винт нужного диаметра. Колеса шасси являются масштабными только по диаметру, а по форме напоминают колеса прототипа.

При уменьшении толщины фюзеляжа и мотогондол, хорды крыла и стабилизатора в местах сочленения остаются масштабными. Размах и расстояние до оси мотогондол устанавливают так же с учетом масштаба.

Профиль киля и стабилизатора имеет вид пластин, система управления располагается снаружи и руль высоты на некоторых моделях задействован наполовину.

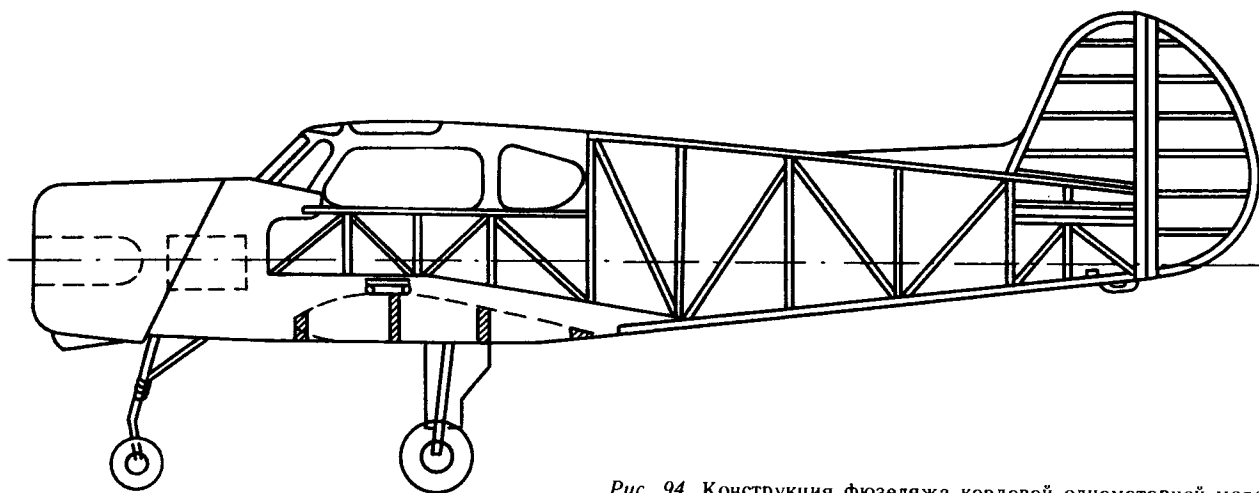


Рис. 94. Конструкция фюзеляжа кордовой одномоторной модели-полукопии

При нагрузке на 1 дм² несущих плоскостей (крыло + стабилизатор) в пределах 50—60 гс и общей полетной массе для одномоторных в пределах 750—800 г с двигателем 2,5 см³ модель развивает скорость до 70 км/ч с воздушным винтом диаметром 210 мм и шагом 160 мм на корде длиной 15 м. Возможно выполнение фигур пилотажа, таких как полет под углом 45°, петля, поворот на горке, полет на спине и т. д. Многомоторные модели хорошо летают с большими нагрузками на единицу несущих плоскостей. Возможно осуществление механизации (работа газом, уборка шасси и т. д.).

Каковы же принципы конструирования, положенные в основу кордовых контурных моделей?

Для того чтобы сконструировать кордовую контурную модель, необходимо иметь чертеж самолета в трех проекциях из какого-либо печатного источника (журнал, книга и т. п.). Можно воспользоваться для изготовления и чертежом уже сконструированной модели, опубликованным в периодической печати, но его, как правило, надо увеличить до нужных размеров, чтобы он был рабочим чертежом. Если в вашем распоряжении есть готовый чертеж модели, то остается только изготовить ее, пользуясь рекомендациями на чертеже и в описании. Но если у вас есть только чертеж самолета в масштабе 1:25—1:50 (такие масштабы наиболее часто встречаются в периодической литературе), необходимо начертить рабочий чертеж модели и разработать ее конструкцию. Чертеж самолета при этих масштабах приходится увеличивать в несколько раз. Из опыта постройки таких моделей можно рекомендовать такие размеры:

под двигатель объемом 1,5 см³ одномоторных моделей размах крыла в пределах 600—750 мм, двухмоторных — размах крыла в пределах 800—1100 мм;

под двигатель объемом 2,5 см³ одномоторных моделей размах крыла в пределах 700—800 мм, двухмоторных — размах крыла в пределах 1000—1300 мм. Исходя из этих данных, решают, во сколько раз необходимо увеличить чертеж самолета. Не обязательно вычерчивать модель в трех проекциях на одном листе, как это делают на чертеже самолета. Можно вычертить отдельно вид сбоку, вид крыла и стабилизатора в плане, отдельно вид мотогондолы сбоку, вид спереди одной половинки размаха крыла с шасси.

Начертив в нужном размере модель, приступают к разработке ее конструкции.

У одномоторной модели двигатель, как правило, расположен в носу фюзеляжа. Вычерчивая контур двигателя, располагают его горизонтально, так чтобы цилиндр был справа фюзеляжа, если смотреть сверху по полету. За двигателем как можно ближе размещают топливный бачок.

Носок фюзеляжа надо сделать довольно прочным. Для этого можно использовать фанеру толщиной 10 мм, сосновую или липовую пластину той же толщины. Хвостовую часть фюзеляжа наборной конструкции (в виде верхней и нижней полок из реек сечением 10×3 мм) усиливают стойками и раскосами. Киль с рулем поворота можно сделать наборным из реек или из тонких (2—3 мм) пластин, вырезанных целиком по форме киля. Кабину пилота выполняют прозрачной из оргстекла или целлулоида.

На рис. 94 показана типовая конструкция фюзеляжа одномоторной модели. В фюзеляже необходимо предусмотреть вырезы для установки крыла и стабилизатора. Между стойками набора фюзеляжа должно быть расстояние не более 60 мм. Если крыло модели не прямоугольное в плане, а трапециевидное с сужением, определяют среднюю аэродинамическую хорду крыла. От носка этой хорды назад отмеряют расстояние, равное 15—20% длины САХ. От этой точки проводят перпендикуляр на фюзеляж. Место пересечения с фюзеляжем будет точкой приложения центра тяжести (ЦТ) модели при виде в плане, наиболее приемлемой для данных моделей (рис. 95). Относительно этой точки располагают ось крепления трехплечей качалки управления.

Центр тяжести должен находиться на передней корде или между центром качалки и передней кордой. Корды от трехплечей качалки к ручке управления должны быть смещены к концу крыла назад на 2—3 см. Если при такой центровке вертикальная линия, проведенная от центра тяжести вниз в горизонтальном положении фюзеляжа при виде сбоку, проходит близко (1—2 см) от оси колес (при схеме с хвостовым колесом), то желательно шасси сдвинуть вперед еще на 1—2 см или сделать вынос осей колес вперед на ту же величину. При трехколесной схеме с носовым колесом центр тяжести должен находиться всегда впереди основных колес.

Массы частей модели спереди и сзади центра тяжести должны быть равны. Можно заранее предусмотреть такую конструкцию, чтобы после изготовления не пришлось загружать нос или хвост мо-

Рис. 95. Расположение трехплечей качалки и смещение корд

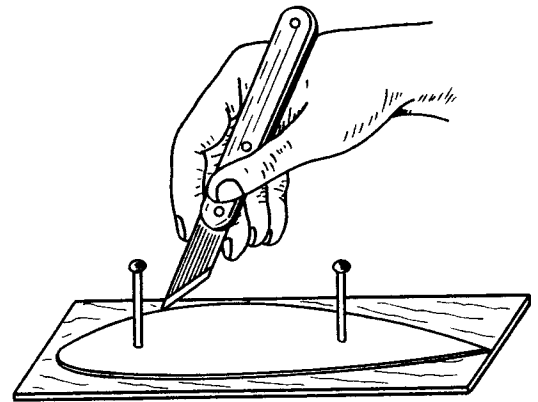
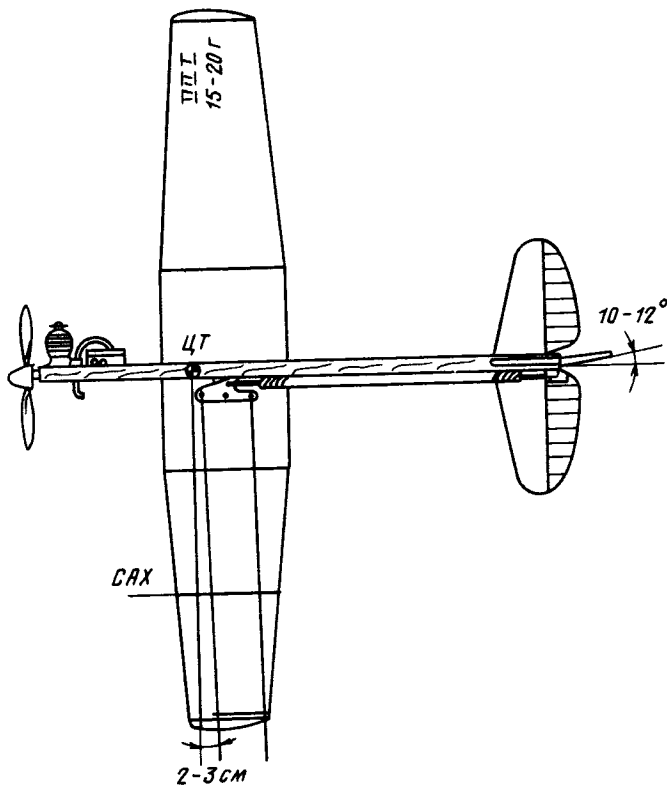


Рис. 96. Вырезание нервюр по шаблону

дели. Точно рассчитать довольно трудно, но все же можно определить объем материала носовой и хвостовой части уже сконструированной модели, а по объемной массе найти массу этих частей. Разница обязательно будет. Продумав конструкцию — где-то убрав часть деталей, где-то облегчив детали, — можно эту разницу свести к минимуму.

Как правило, тяжелее оказывается хвостовая часть. Поэтому она и делается наборной. В крайнем случае, в носовой части можно предусмотреть закрываемую полость для размещения грузика, тем самым сохранив нужную центровку. Этот элементарный способ расчета довольно кропотлив и не очень точен, но все же при пользовании им общая масса модели получается гораздо меньше, чем без его учета. Для первых запусков модели в воздух лучше сделать центровку в пределах 10—13% САХ, если это позволяет расположение шасси, а затем, научившись пилотировать модель по горизонту, взлету и посадке, можно центровку сделать в пределах 25—30% САХ. Модель с более задней центровкой лучше управляема и позволит выполнять фигуры вертикального маневра.

Крыло состоит из кромок, лонжеронов, законцовок и поперечного набора нервюр. Для одномоторных моделей достаточно одного лонжерона. Но иногда, особенно в схемах с носовым колесом, шасси установлены где-то за серединой хорды крыла в местах крепления. В этом случае желательно сделать крыло двухлонжеронным, пропустив второй лонжерон не по всему размаху, а лишь до крепления стоек шасси. Это значительно усилит конструкцию. Нервюры располагают не реже, чем через 50 мм, иначе при обтяжке крыла бумагой будут большие прогибы между нервюрами. Крепление шасси помещают между нервюрами.

Основная трудность в разработке крыла — это вычерчивание нервюр, особенно когда крыло имеет

сужение к концам. Если крыло прямоугольное, то достаточно вычертить одну нервюру и по ней изготовить все остальные (рис. 96). При сужающемся крыле необходимо вычертить все промежуточные нервюры от корневой до концевой (рис. 97). Иногда поступают проще — вычерчивают их шаблоны из фанеры или дюралюминия. Собирают пакет заготовок, по краям помещают шаблоны, затем делают промежуточные нервюры. Таких пакетов должно быть два — для левой и правой части крыла (рис. 98).

Шасси на крыле можно укрепить несколькими способами, но наиболее рациональный, выдерживающий очень большие нагрузки при грубых посадках показан на рис. 99—102.

Для того чтобы начать сборку модели, требуется изготовить все детали. В основном для таких моделей применима наиболее доступная древесина — липа, ольха, осина, сосна, многослойная фанера толщиной от 1 до 10 мм. Из металла потребуются дюралюминиевый уголок размером 25×25 мм, листовая дюралюминий толщиной 1,5—2 мм, стальная проволока диаметром 1,5—3 мм и другие материалы в незначительных количествах. Для оклейки нужны чертежный ватман и простая белая писчая бумага. Применяемые клеи — эмали, казеин, ПВА, АК-20 и другие подобные по качествам. Для сборки отдельных частей (фюзеляж, крыло, хвостовое оперение) потребуется ровная доска, немного больших размеров, чем деталь. Иногда для сборки крыла необходимо продумать специальный стапель.

Сборку фюзеляжа (рис. 103) сначала производят без склеивания. Двумя гвоздиками укрепляют на чертеже носок фюзеляжа, верхнюю и нижнюю полки обвода фюзеляжа. Подгоняют и ставят на место сначала вертикальные стойки набора, а затем раскосы. Разбирают набор, а затем все ставят на место, предварительно смазав клеем места сочле-

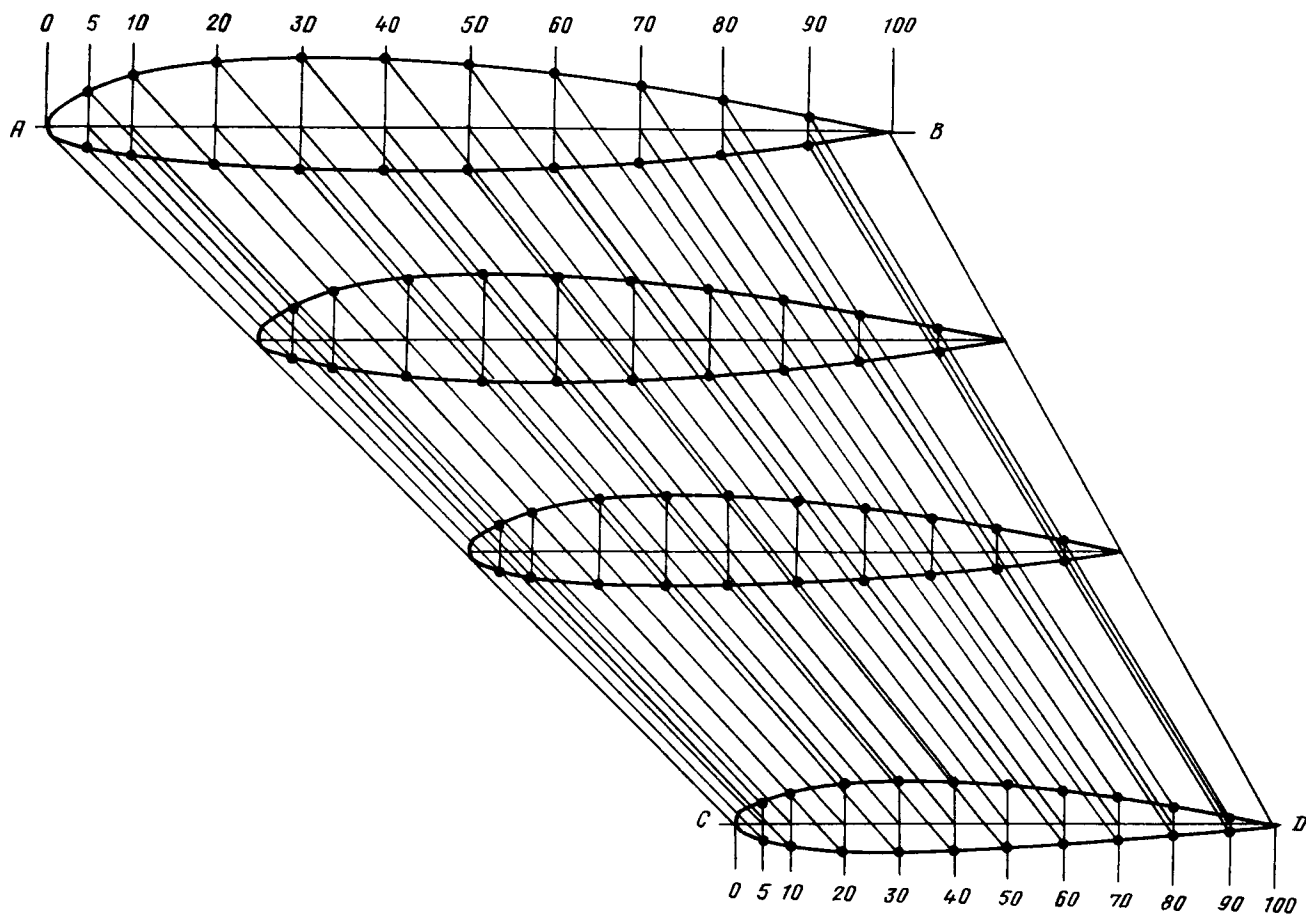


Рис. 97. Графическое вычерчивание нервюр

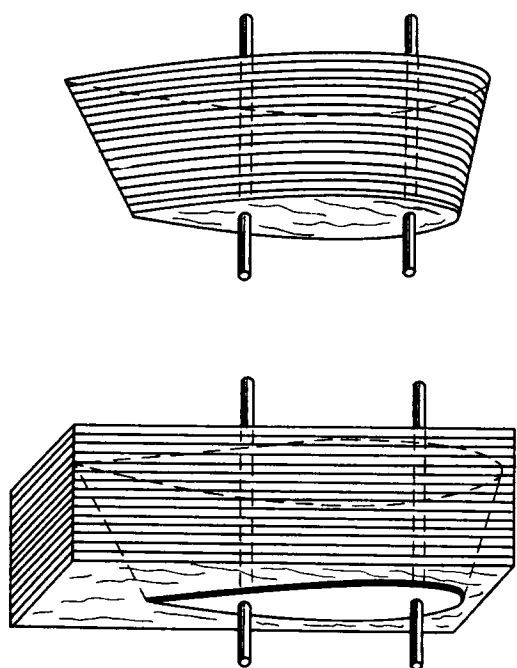


Рис. 98. Изготовление нервюр в пакете по двум шаблонам

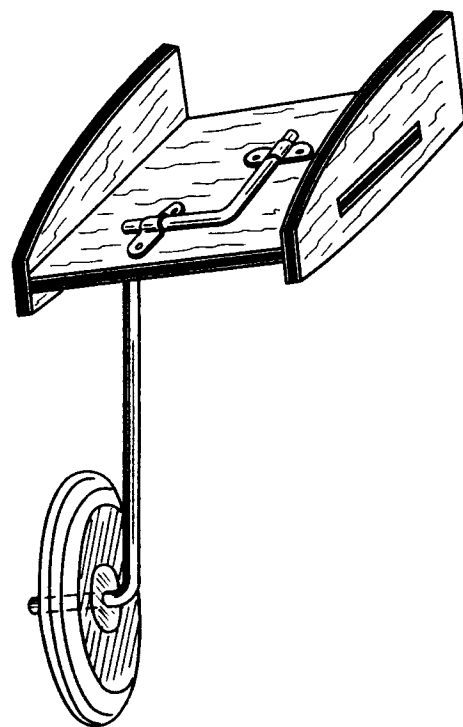


Рис. 99. Крепление одностоечного шасси впереди лонжерона

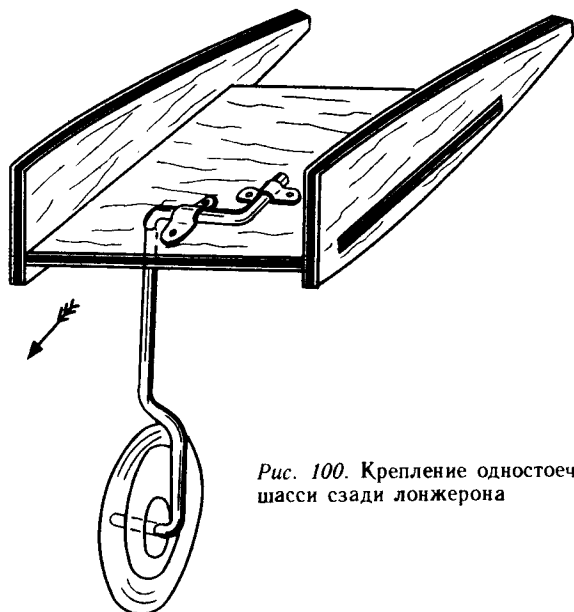


Рис. 100. Крепление одностоечного шасси сзади лонжерона

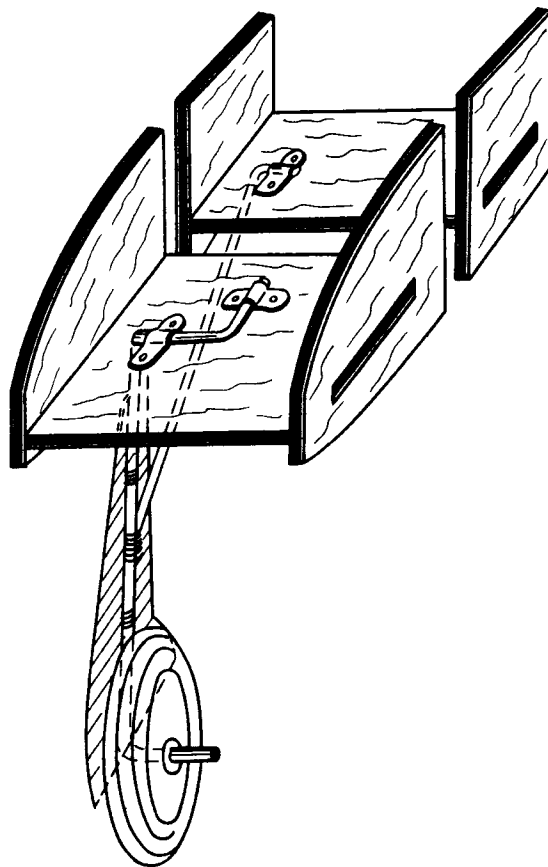


Рис. 101. Крепление шасси с задним подкосом

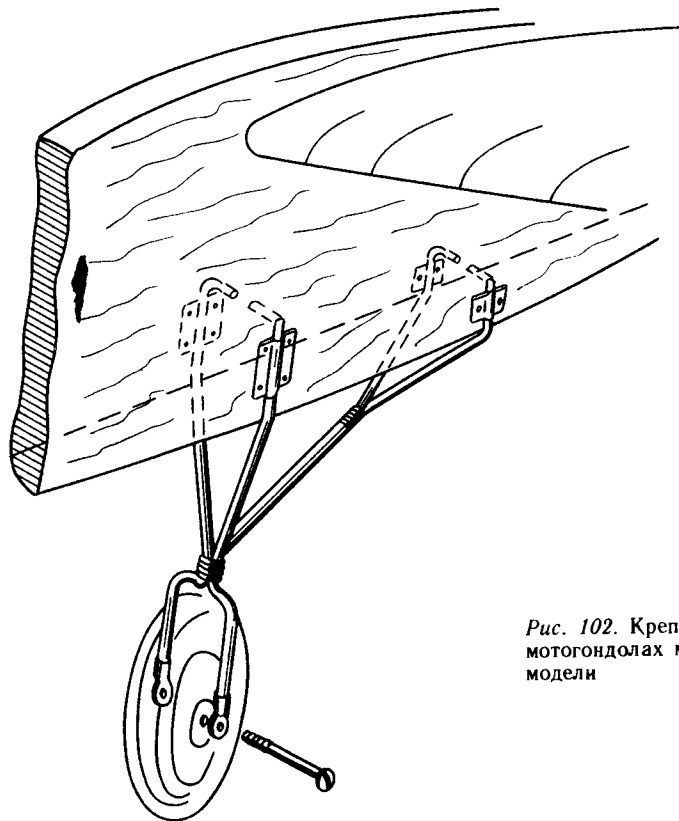
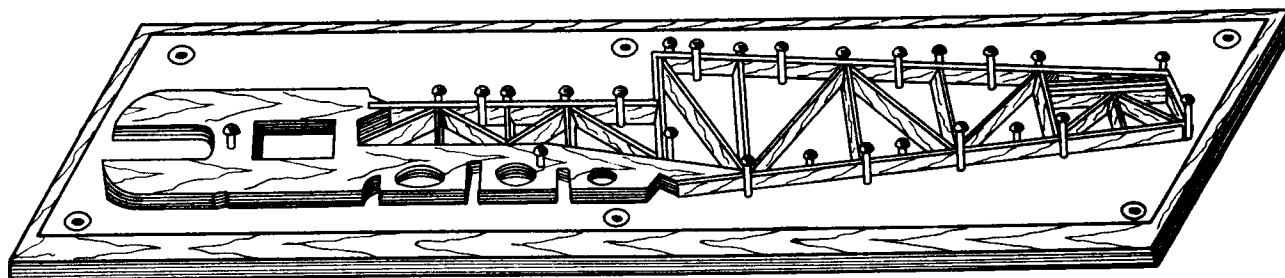


Рис. 102. Крепление шасси на мотогондолах многомоторной модели

Рис. 103. Сборка фюзеляжа



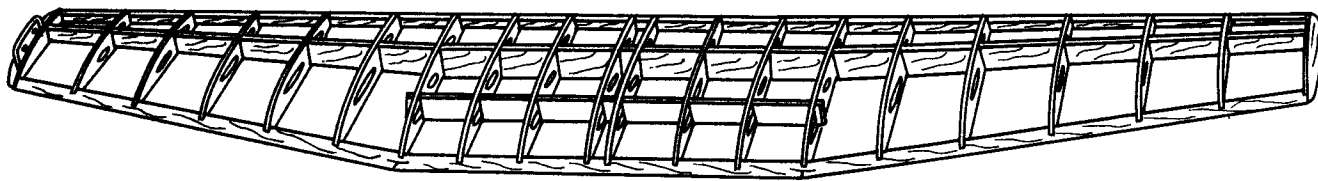


Рис. 104. Собранное крыло

нения деталей. Лучше всего склеивание производить казеиновым клеем в пропорции одна часть порошка и две части воды. При желании сохранить чертеж его перед укреплением деталей накрывают листом кальки или другой прозрачной бумагой. После высыхания клея снимают фюзеляж с чертежа, удаляют прилипшую бумагу и зачищают с обеих сторон шкуркой, наклеенной на ровную досочку длиной 300 мм и шириной 60—70 мм.

Для оклеивания фюзеляжа можно применить тонкую фанеру (1,0—1,5 мм), березовый или иной шпон, расположив его слоями вдоль фюзеляжа. Можно оклеить фюзеляж и тонким плотным картоном. Но до приклейки боковин укрепляют в хвосте стойку колеса (если это модель с хвостовым колесом). Боковинки вырезают по форме фюзеляжа с припуском 2—3 мм на сторону.

Вырез под двигатель и бачок для горючего делают только в правой боковине. Смазывают клеем сначала одну боковину и на нее накладывают каркас фюзеляжа. Положив на ровную доску, смазывают клеем вторую боковину, накладывают ее на фюзеляж и сверху прижимают ровной доской с грузом. После высыхания клея (не менее суток) обрезают излишки материала, а затем прошкуривают. Вырезают пазы под кромки и лонжерон крыла, а также щель для установки стабилизатора. С левой стороны алюминиевыми заклепками или винтами с гайками укрепляют кронштейн трехплечей качалки.

Для изготовления кабины из оргстекла толщиной 2 мм вырезают полоску, ширина которой равна толщине фюзеляжа, и, разогрев над электроплиткой,гибают по верхнему контуру кабины. Из оргстекла толщиной 1—1,5 мм вырезают две боковинки кабины и склеивают с изогнутой полоской. Подгоняют кабину по месту и приклеивают к фюзеляжу. В кабине, перед ее приклейкой, можно поместить контур пилота, вырезанный из фанеры или картона и соответственно раскрашенный.

Если модель имеет переднюю стойку шасси, ее укрепляют справа фюзеляжа скобой из жести и заклепками. Собранный киль с рулем поворота, их также приклеивают к фюзеляжу.

Сборку крыла (рис. 104) тоже сначала производят без склеивания, чтобы убедиться в правильности изготовления деталей. При сухой сборке и при склеивании отдельные детали привязывают к кромкам и лонжеронам нитками, которые потом удаляют. Если лонжерон состоит из двух и более частей, его заранее склеивают, усилив накладками из фанеры толщиной 1 мм. Обычно материалом для лонжерона служит фанера толщиной 3—4 мм (наружными слоями вдоль размаха), но можно его изготовить и из пластин сосны или липы той же тол-

щины. Переднюю кромку вырезают из липы толщиной 5 мм, а заднюю делают сечением 10×5 мм. В лонжероне и кромках прорезают пазы под нервюры. Нервюры изготавливают из пластин липы, сосны или ольхи толщиной 2 мм с облегчениями для установки на лонжерон в пазы с поворотом (рис. 105). Законцовки крыла вырезают из фанеры толщиной 3—4 мм или выклеивают из полосок липы в пакете по чертежу.



Рис. 105. Установка нервюр на лонжеронах

Пока клей не совсем высох, устраняют перекосы, смотря на крыло спереди или сзади и совмещая с чертежом в плане. После исправления места сочленения деталей еще раз промазывают клеем и только после полного высыхания клея крыло обрабатывают по размаху шкуркой, переднюю кромку закругляют по форме носка профиля, а заднюю кромку сводят на конце так, чтобы она была продолжением нервюра.

При первой сухой сборке обращают внимание на то, чтобы расстояние между центральными нервюрами было равно толщине изготовленного фюзеляжа. Стойки шасси укрепляют на площадках алюминиевыми заклепками или винтиками с гайками и жестяными скобами. Площадку склеивают с боковинками и также на клею укрепляют между нервюрами крыла. Площадку для крепления стойки делают из фанеры толщиной 3—4 мм, а боковинки — из фанеры толщиной 1,5—2 мм. На левой половине крыла укрепляют гребешок для корд, а на правой консоли нитками с клеем приматывают грузик 15—20 г.

Сложнее сборка крыла многомоторной модели. Если крыло крепится сверху или снизу фюзеляжа, сборку крыла можно произвести отдельно. Но многие конструкции имеют крыло среднего расположения. В этом случае крыло собирают на готовом фюзеляже, используя специальный стапель в виде опор под лонжероны, укрепленные на ровной доске. Мотогондолы делают по конструкции подобными фюзеляжу, укрепляя на лонжеронах между двух нервюр. Двигатели и топливные бачки на мотогондолах располагают горизонтально с правой стороны. Шасси обычно тоже устанавливают на мотогондолах, поэтому крыло до мотогондол делают более прочным, пропустив дополнительные лонжероны.

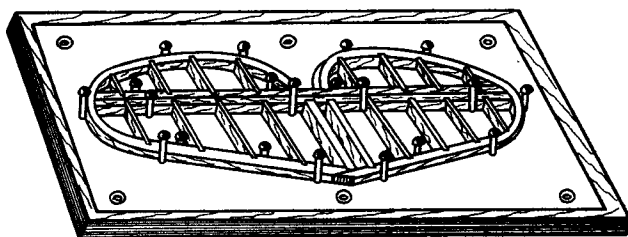


Рис. 106. Сборка хвостового оперения

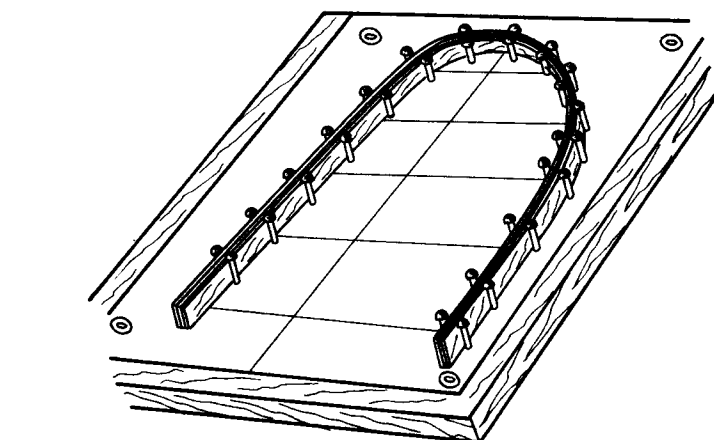
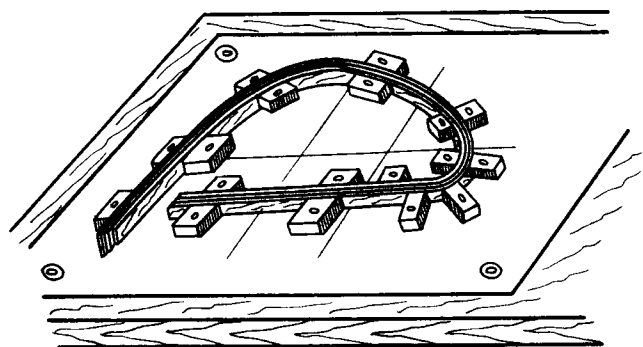


Рис. 107. Изготовление закруглений из полосок шпона по чертежу

Хвостовое оперение (рис. 106) собирают на ровной доске по чертежу, укрепляя гвоздиками кромки, лонжероны и закругления. Поперечный набор подгоняют и ставят на место без клея. Затем, разобрав детали, производят сборку с клеем. После высыхания клея оперение снимают, прошкуривают с обеих сторон, закругляют переднюю кромку, а руль высоты стачивают на конус так, чтобы толщина задней кромки не превышала 1—1,5 мм. Отрезав руль высоты, закругляют переднюю кромку.

В качестве шарниров подвески руля высоты могут служить железные петельки или просто ленточки из материи. Петельки, а также изготовленный кабанчик закрепляют на руле высоты, который навешивают после того, как стабилизатор вклеют в щель фюзеляжа.

Часто законцовки крыла, стабилизатора и киля с рулем поворота имеют закругленные формы. Для

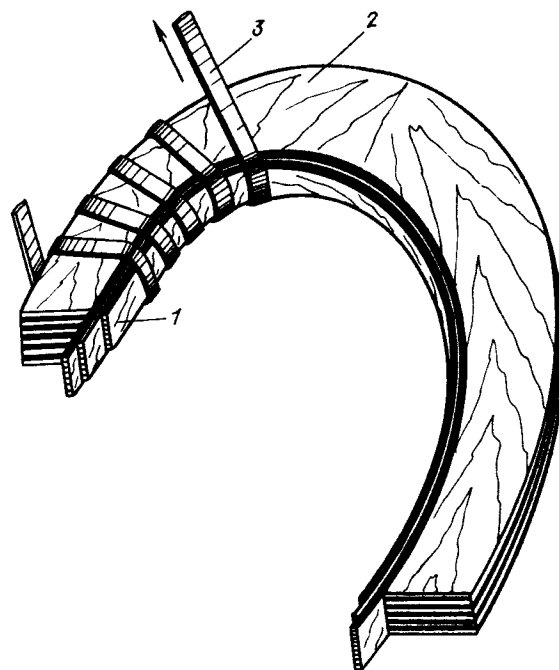


Рис. 108. Изготовление закруглений из полосок шпона по шаблону из фанеры:

1 — полоски шпона; 2 — шаблон; 3 — резина

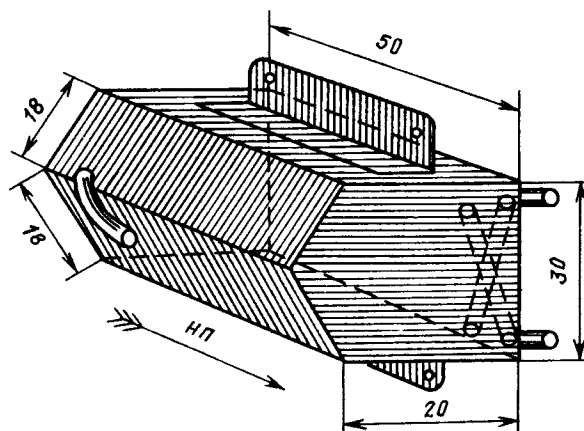


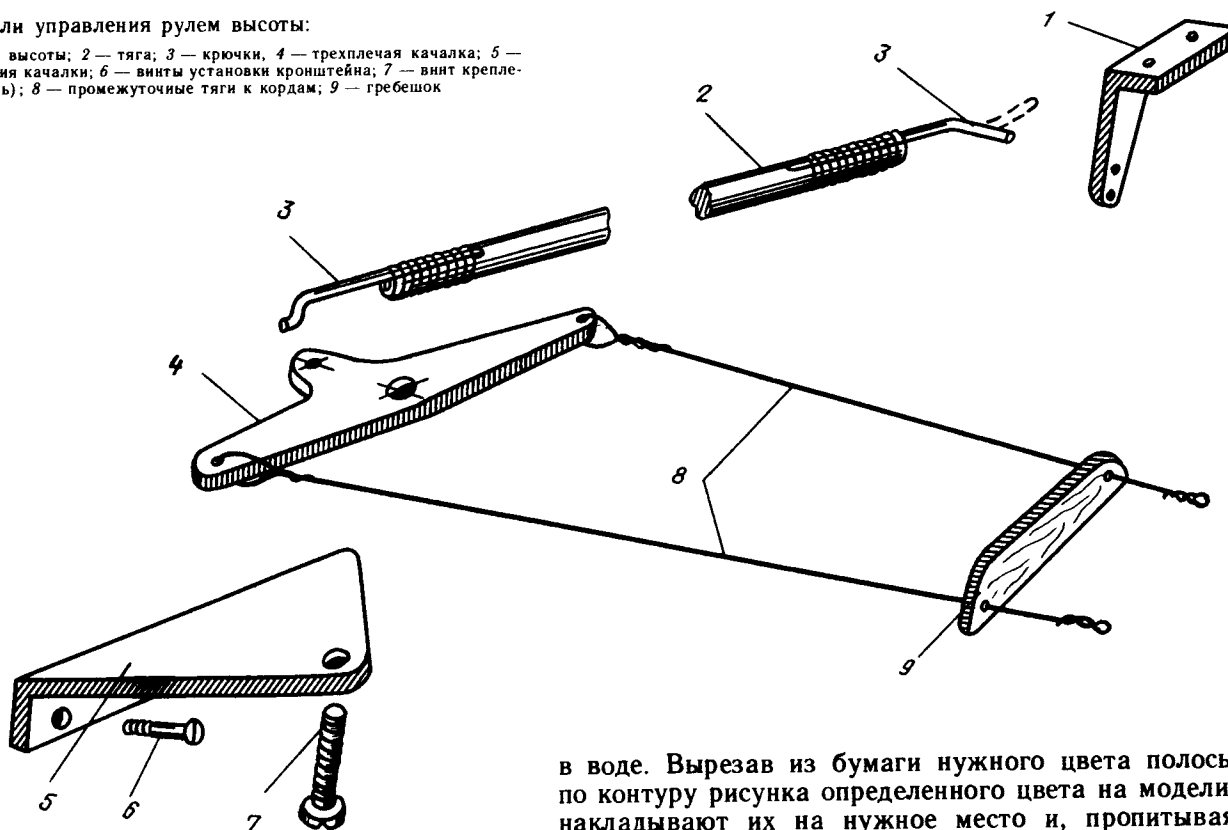
Рис. 109. Топливный бачок

изготовления закруглений из липового шпона нарезают полоски толщиной 0,8—1 мм и шириной 10—12 мм, которые должны быть немного длиннее, чем внешняя длина закругления. Полоски смазывают казеиновым клеем, складывают в пакет по 5—6 штук, в течение 5—10 мин дают им пропитаться клеем, а затем изгибают по чертежу и фиксируют гвоздиками (рис. 107). Лучше, если из фанеры толщиной 10—12 мм выпилить шаблон по внешнему обводу закругления и к нему резиной примотать пакет (рис. 108). Через сутки закругление аккуратно снимают и распиливают вдоль на две одинаковые части.

Крыло на фюзеляже укрепляют клеем. Бачок для топлива паяют из луженой жести в виде домика и крепят шурупами за ушки, вставив в вырез фюзеляжа (рис. 109). Объем бачка должен быть таким, чтобы топлива хватило на 7—10 мин полета.

Рис. 110. Детали управления рулем высоты:

1 — кабанчик руля высоты; 2 — тяга; 3 — крючки; 4 — трехплечая качалка; 5 — кронштейн крепления качалки; 6 — винты установки кронштейна; 7 — винт крепления качалки (ее ось); 8 — промежуточные тяги к кордам; 9 — гребешок



Оклейка модели. Крыло, стабилизатор и киль оклеивают плотной чертежной бумагой, а в тех местах, где должна быть имитация мягкой обшивки, — более тонкой бумагой. Лучше оклейку производить эмалитом, клеем ПВА, но можно и казеиновым клеем, разведя его в пропорции одна часть порошка на три части воды.

Вырезав заготовки по размерам крыла с припуском по 1 см на сторону, прикалывают их кнопками на ровную доску вверх наклеиваемой поверхностью и два раза покрывают жидким эмалитом. Набор крыла по граням тоже два раза промазывают жидким эмалитом.

Начинать оклейку лучше сверху. Сначала смазывают густым эмалитом набор крыла, а затем бумагу, предназначенную для наклейки на данное место, широкой кистью быстро покрывают жидким эмалитом и накладывают на крыло. По кромкам бумагу прижимают защепками. Надо следить, чтобы бумага прилегала по всей нервюре. Если где-то клей подсох и бумага не прилипает, берут кисточку, смоченную в ацетоне, и проводят по этому месту, прижимая бумагу. После высыхания клея обрезают лишнюю бумагу и зашкуривают. Так же оклеивают и остальные части крыла.

Часто, когда крыло имеет двойной изгиб, его не удастся оклеить одним куском бумаги, так как получаются морщины. В этом случае крыло оклеивают частями, соединяя бумагу в стык на нервюре или стачивая одну часть «на ус».

Подготовка к окраске и окраска производится так же, как описан этот процесс в разделе о макетах. Можно применить более простой способ отделки, который дает неплохой эффект на расстоянии. Микалентную (длинноволокнистую) бумагу окрашивают анилиновыми красителями, разведенными

в воде. Вырезав из бумаги нужного цвета полосы по контуру рисунка определенного цвета на модели, накладывают их на нужное место и, пропитывая эмалитом с помощью кисточки, приклеивают. То же самое повторяют с различными знаками, цифрами и буквами. Затем всю поверхность модели два-три раза покрывают эмалитом, зачищая каждый раз мелкой шкуркой поднявшийся ворс.

После окраски на модель устанавливают систему управления, двигатель, топливный бачок, колеса и другие детали.

От трехплечей качалки к кордам на крыле лучше укрепить тяги из более толстой проволоки диаметром 0,6—0,8 мм, пропустить их через отверстия в гребешке и на расстоянии 5—6 см заделать колечки для зацепления корд. От трехплечей качалки к кабанчику руля высоты делают комбинированную тягу из сосновой рейки сечением 5×5 мм, а на концах крючки из стальной проволоки диаметром 1,2—1,5 мм (рис. 110).

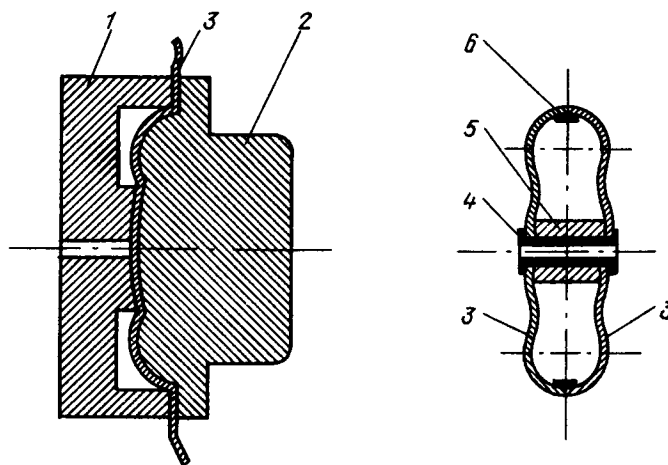


Рис. 111. Пресс-форма для изготовления колеса из пластмассы и разрез готового колеса:

1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — половинки колеса; 4 — латунная втулка; 5 — деревянная втулка; 6 — соединительная полоска

Немаловажное значение для смотрового эффекта имеют колеса шасси. Можно выточить их на токарном станке из толстой фанеры, но они получатся тяжелыми; можно выточить из пенопласта, но тогда они быстро разрушатся.

Есть несправедливо забытый, но хороший способ изготовления колес из целлулоида или полистирола методом вытяжки давлением. Для этого из твердого дерева (бук, граб, береза) или дюралюминия вытачивают матрицу и пуансон (рис. 111). Пластину целлулоида или полистирола больших размеров, чем диаметр колеса, разогревают над электроплиткой до пластичности, держа двумя плоскогубцами, быстро накладывают на матрицу и вдавливают пуансоном. После остывания, не вынимая полученного изделия из матрицы, просверливают центральное отверстие и обрезают облой по грани матрицы. На одно колесо делают две половинки.

Затем вырезают полоску из того же материала шириной 4 мм и длиной, равной внутренней окружности колеса. Полоску клеивают на половину ширины в одну из половинок. Из твердого дерева вытачивают втулку и клеивают в ту же половинку по центру. Втулку и выступающую полоску покрывают клеем, соединяют две половинки и сжимают прищепками или прижимают грузом на столе. После окончательного высыхания клея зачищают выступившие капли. Если виден шов склейки, его заделывают нитрошпаклевкой.

Центральную втулку вытачивают из латуни с внутренним отверстием по диаметру оси, для чего можно взять медную или латунную трубчатку соответствующего диаметра. Рассверлив центральное отверстие колеса, вставляют туда втулку и развальцовывают концы. Место обода колеса закрашивают в нужный цвет, а само колесо — в черный.

Если на стойках шасси на прототипе были щитки, закрывавшие ниши при убранных шасси, то их вырезают из тонкой луженой жести и припаивают к стойкам шасси, предварительно обмотав стойки шасси в местах пайки тонкой медной проволокой и облудив оловом.

Иногда на таких моделях делают механизацию, которая должна быть очень простой. Чаще всего ставят устройство для регулирования газа, для чего требуется всего одна дополнительная двухплечая качалка и одна дополнительная корда. Чрезмерно увлекаться механизацией таких моделей рискованно, так как они имеют небольшие размеры и массу, и может оказаться, что сопротивление лишних дополнительных корд будет слишком велико. Прежде чем запускать такую модель в воздух, рекомендуется потренироваться в пилотировании более простой кордовой модели.

На рис. 112 показана простейшая контурная модель самолета Як-12Р под двигатель рабочим объемом 1,5 см³ типа «юниор», позволяющая пилотировать по кругу, а если задействовать руль высоты по всему размаху стабилизатора, то и выполнять петлю.

Кордовые модели-копии самолетов категории F-4-B

Все, что было рассказано выше о системе управления полетом контурных кордовых моделей-полу-

копий, полностью относится и к спортивным моделям-копиям (рис. 113—115), но без каких-либо упрощений. Любое упрощение и видимое отступление от прототипа неизбежно повлечет снижение стеновой оценки. Поэтому за основу необходимо взять порядок разработки музейного макета с поправкой на то, что весовые характеристики как отдельных деталей, так и в целом модели будут существенно влиять на летные характеристики.

Фюзеляж кордовой модели-копии в зависимости от выбранного прототипа может быть изготовлен различными способами. Если прототип имел жесткую обшивку, фюзеляж можно изготовить по-макетному из нескольких брусков древесины, например бальзы или липы, разъемных по оси симметрии с довольно значительным облегчением путем выдалбливания лишнего материала (рис. 116). У одномоторных моделей с двигателем в носовой части таким образом изготавливают фюзеляж вместе с капотом двигателя.

Для придания жесткости и для крепления отдельных агрегатов в выдолбленном фюзеляже ставят несколько поперечных переборок (шпангоутов). Особое внимание уделяют шпангоутам, на которых будет расположена подмоторная рама, — они должны быть более прочными.

Двигатель крепят на специальной мотораме. Ее конструкция зависит от копируемого прототипа и выбора конструкции фюзеляжа. Чаще всего встречаются моторамы, изготовленные из брусочков дерева твердых пород (бук, граб) или многослойной фанеры толщиной 8—10 мм (рис. 117). Применяются и металлические моторамы, изготовленные из дюралюминия или ударопрочной пластмассы. Такие рамы позволяют более точно производить установку двигателя. При необходимости мотораму можно заменить. Специальное крепление моторамы болтами, проходящими через резиновые втулки, позволяет гасить вибрации от двигателя (рис. 118).

Часто бывает трудно разместить двигатель так, чтобы он не портил вид мотоустановки прототипа. В таких случаях обычно двигатель смещают назад, удлинив вал двигателя (рис. 119).

Капоты двигателей очень разнообразны по конструкции и способу изготовления. Металлические капоты сгибают или выколачивают из мягкого алюминия на болванках. Если их трудно изготовить целиком из алюминия, прибегают к комбинированному способу — частично делают из дерева или других материалов (рис. 120). Часто встречаются кольцевые капоты. Если носок капота сделать из дерева, выточив на токарном станке, то его прямую часть можно изготовить из других материалов (рис. 121). Сложные капоты лучше всего изготовить способом выклеивания в матрице из стеклоткани на эпоксидной смоле.

Немаловажное значение имеет конструкция и изготовление обтекателя винта — кока. При небольших размерах кок делают целиком из дерева или дюралюминия, а если он имеет диаметр 30 мм и более, то для облегчения его следует делать полым. Можно сделать кок из пластмассы методом давления в матрице пуансоном (рис. 122, а), но при этом обычно нарушается его симметричность по массе, так как пластмассу трудно вытянуть равномерно. С таким коком винт трясет. Лучше всего кок выточить на токарном станке из дерева (рис. 122, б), из

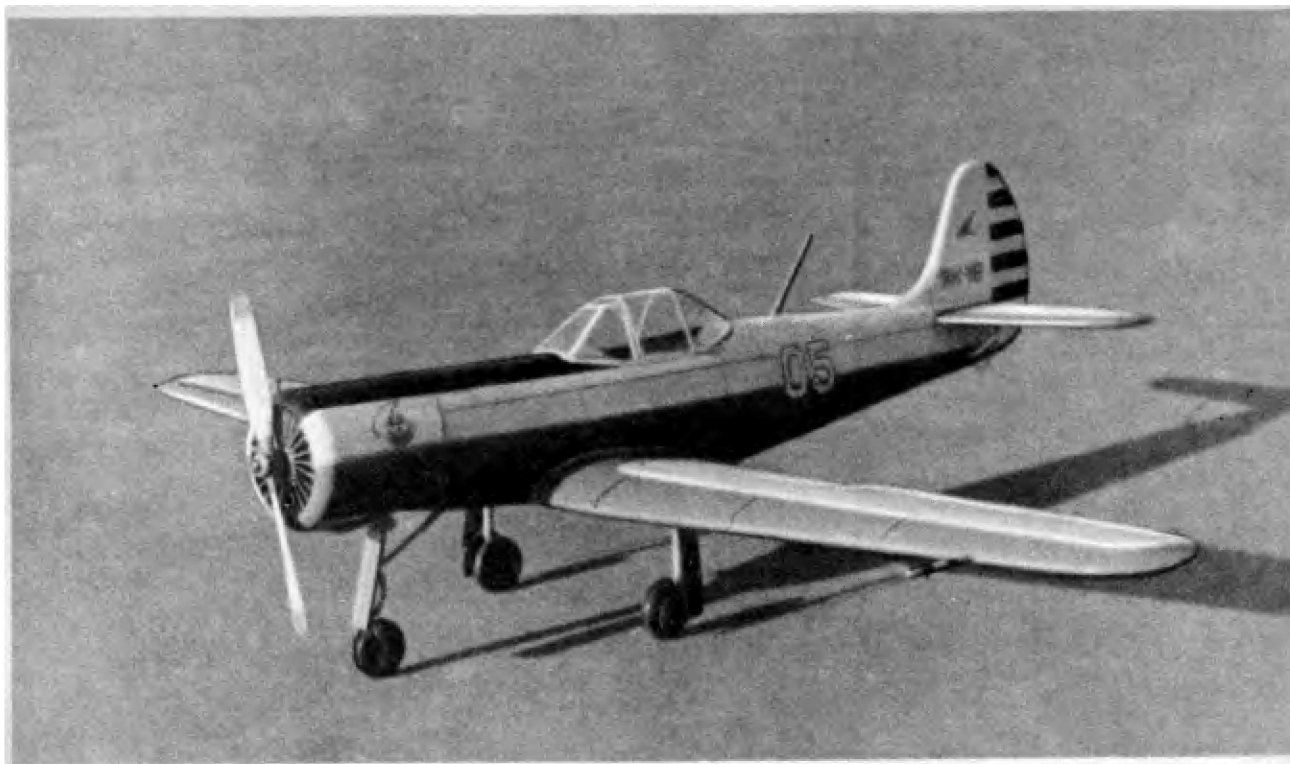


Рис. 113. Кордовая модель самолета Як-18ПМ



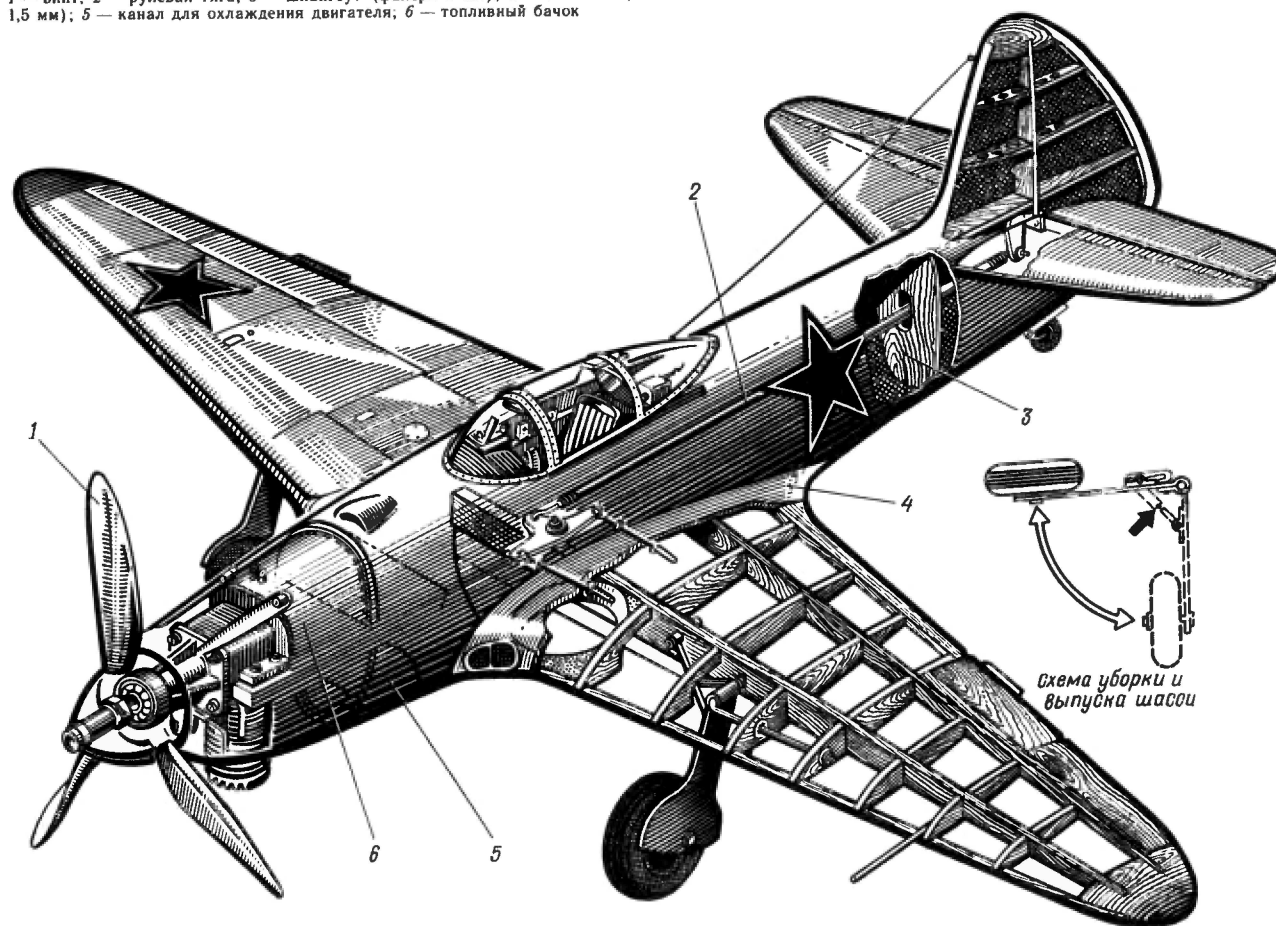
Рис. 114. Кордовая четырехмоторная модель самолета



Рис. 115. Кордовая модель самолета «Юпитер» с моторами, расположенными тандемом

Рис. 116. Кордовая модель с долбленным фюзеляжем:

1 — винт; 2 — рулевая тяга; 3 — шпангоут (фанера 3 мм); 4 — обшивка (бальза 1,5 мм); 5 — канал для охлаждения двигателя; 6 — топливный бачок



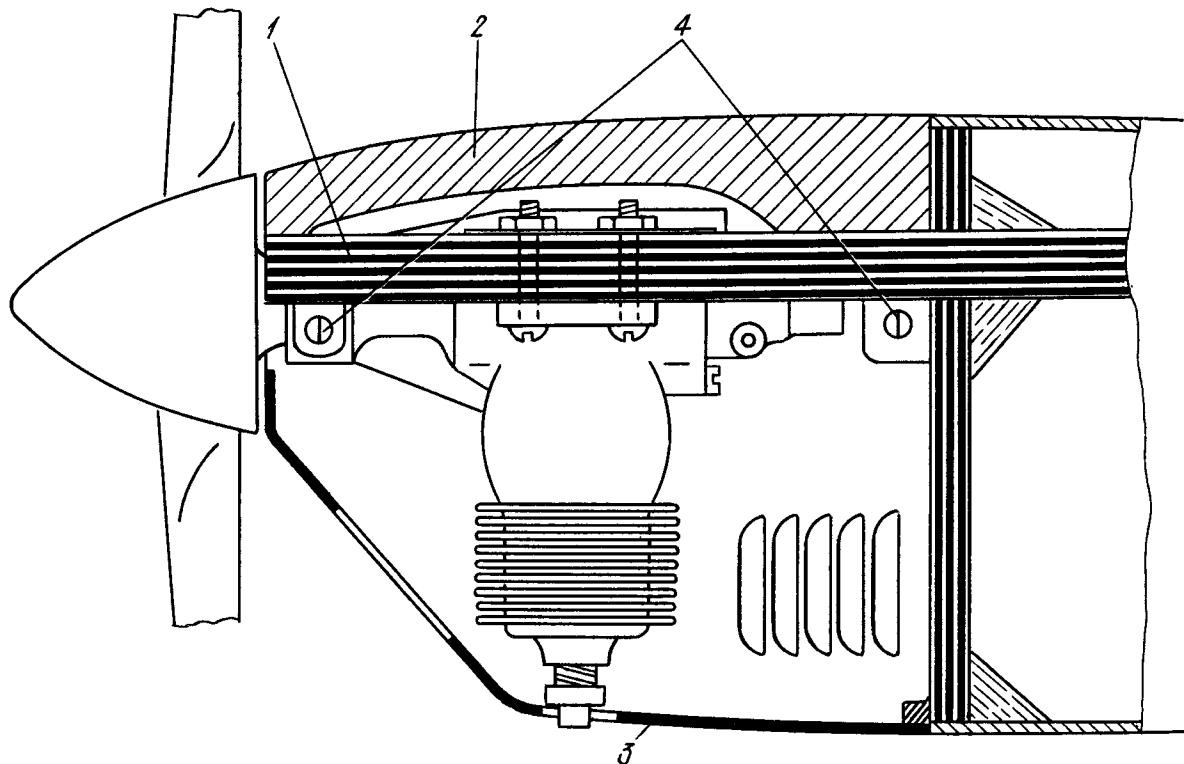


Рис. 117. Крепление двигателя на деревянной (фанерной) мотораме:

1 — моторама; 2 — усиленная часть капота двигателя; 3 — съемная часть капота; 4 — крепление съемного капота

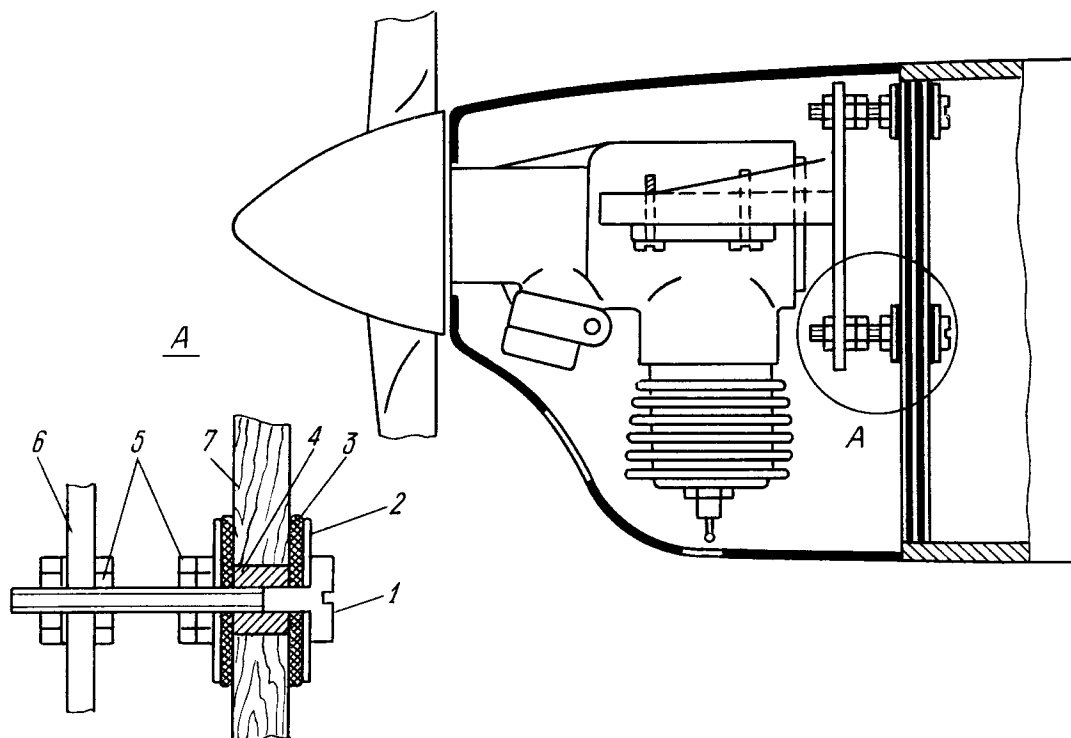


Рис. 118. Крепление двигателя на металлической раме:

1 — стальной болт; 2 — шайба; 3 — резиновая шайба; 4 — резиновая втулка; 5 — гайка; 6 — моторама; 7 — усиленный шпангоут

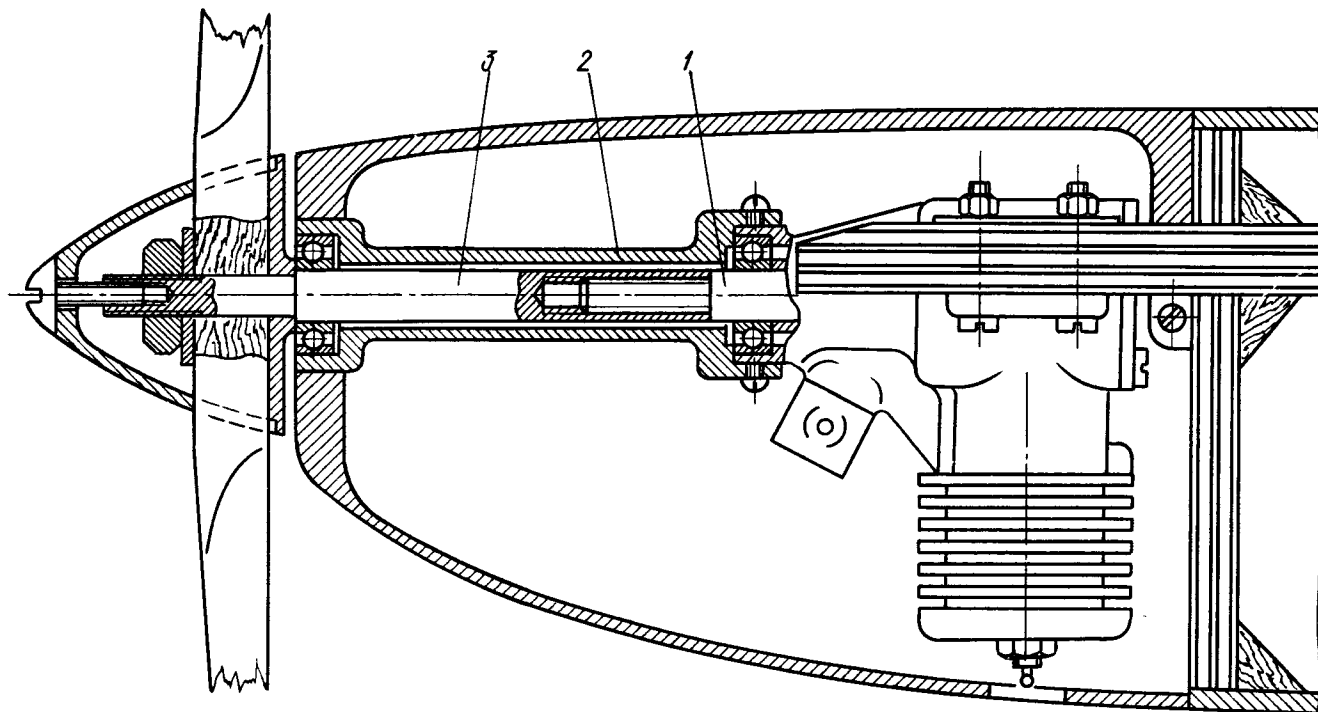


Рис. 119. Двигатель с удлиненным валом:
1 — вал двигателя; 2 — корпус удлинителя; 3 — вал удлинителя

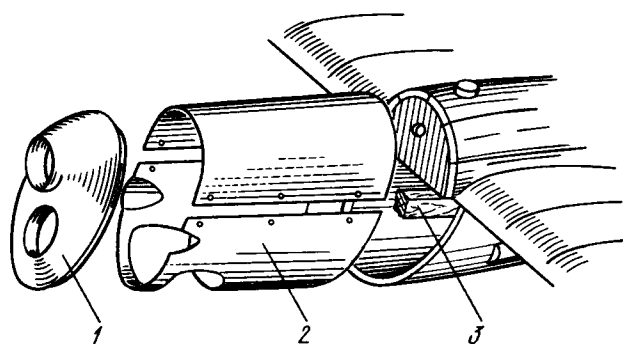


Рис. 120. Комбинированный капот двигателя:
1 — деревянный носок; 2 — алюминиевые гибкие боковины; 3 — моторама

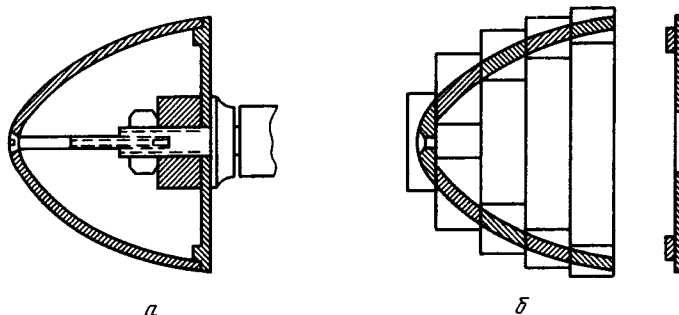


Рис. 122. Обтекатели (коки) винтов:
а — выдавленный из пластмассы; б — выточенный из дерева

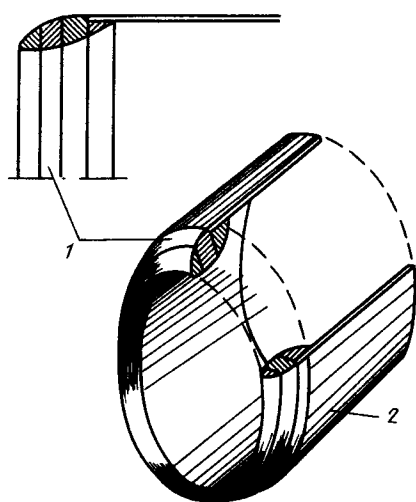


Рис. 121. Кольцевой комбинированный капот:
1 — древесина; 2 — фанера, алюминий, пластмасса

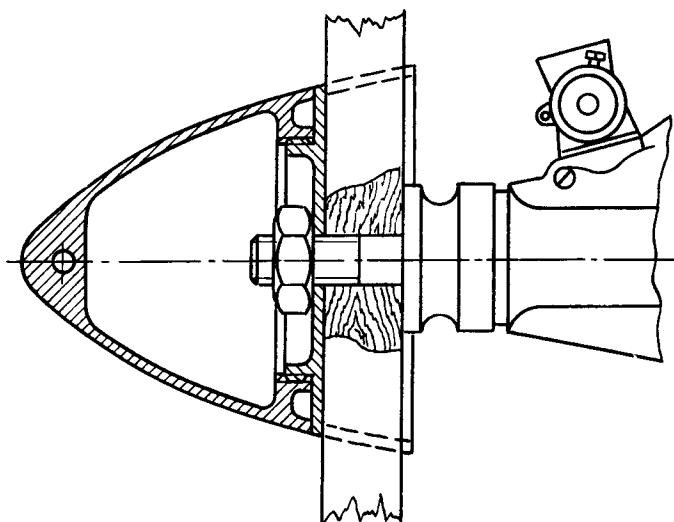


Рис. 123. Кок большого диаметра, выполненный из дюралюминия

дюралюминия или магниевого сплава (рис. 123).

Способ изготовления фюзеляжа из целых брусков бальзы с последующим долблением хотя и является менее трудоемким, но из-за большого отхода древесины применяется довольно редко. К тому же не обеспечивается достаточная прочность, так как бальза довольно непрочный материал. В этом случае приходится армировать фюзеляж продольными стрингерами из сосны, а это, в свою очередь, приводит к еще одному недостатку: при склеивании, грунтовке и окраске происходит неравномерная усадка (у бальзы усадка больше, чем у сосны), в результате чего на модели появляются нежелательные швы и полосы.

Наиболее часто прибегают к изготовлению фюзеляжа наборным способом, довольно трудоемким, но дающим значительную экономию материала и обеспечивающим необходимую жесткость и прочность. При прототипах с мягкой обшивкой этот способ наиболее приемлемый. В случае его применения необходимо вычертить и заранее изготовить все отдельные детали набора фюзеляжа еще до начала сборки, которую выполняют на стапеле, проходящем внутри фюзеляжа. Таким стапелем служит рейка сечением не менее 20×20 мм, на которую накладывают шпангоуты, слегка укрепив их клеем.

После установки продольного силового набора (стрингеров) и частичной обшивки фюзеляжа удаляют стапель и внутренние перегородки в шпангоутах. Фюзеляж, имеющий граненую поверхность, обшить просто. При сложном сечении (овальное с различными изгибами) требуется некоторая сноровка. Один из способов — обшивка фюзеляжа по корабельному отдельными узкими пластинами, подогнанными плотно друг к другу (рис. 124). Другой способ — более широкими пластинками, которые прикалывают булавками и притягивают резиной (рис. 125). При такой оклейке не рекомендуется увлекаться эпоксидным клеем, так как он довольно существенно увеличивает массу.

Лучше всего это делать на эмалите, для чего вначале нужно выкроить из пластины заготовку обшивки нужной формы и размера с припуском 2—4 мм. Толщина пластины тоже должна быть с припуском на 1—1,5 мм для последующей обработки. Приклеиваемую сторону пластины, а также шпангоуты и стрингеры фюзеляжа, пропитывают два-три раза жидким эмалитом. Перед приклеиванием внешнюю сторону пластины слегка смачивают водой. Затем набор фюзеляжа еще раз покрывают густым эмалитом, а пластину жидким и накладывают по месту. В нескольких местах пластину, чтобы не сдвигалась, прикалывают булавками. Изгибая ее по месту, притягивают плоской модельной резиной. При некоторой сноровке можно за один прием оклеить фюзеляж с двух противоположных сторон.

После высыхания клея и воды стапель и перегородки шпангоутов извлекают, пластины подгоняют по месту и заклеивают весь фюзеляж. Лучше, когда продольные швы склейки пластин находятся посредине стрингеров.

Шкуровкой доводят внешний обвод фюзеляжа до нужных размеров, контролируя контршаблонами характерные сечения.

Бывает так, что обшивка бальзовыми пластинами не дает нужной жесткости, а между шпангоутами и стрингерами появляются прогибы обшивки. Чтобы

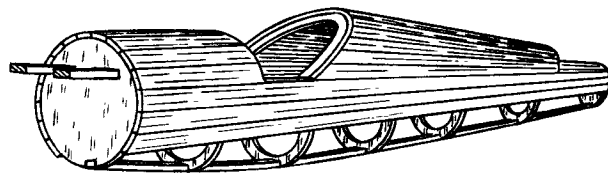


Рис. 124. Обшивка фюзеляжа по-корабельному

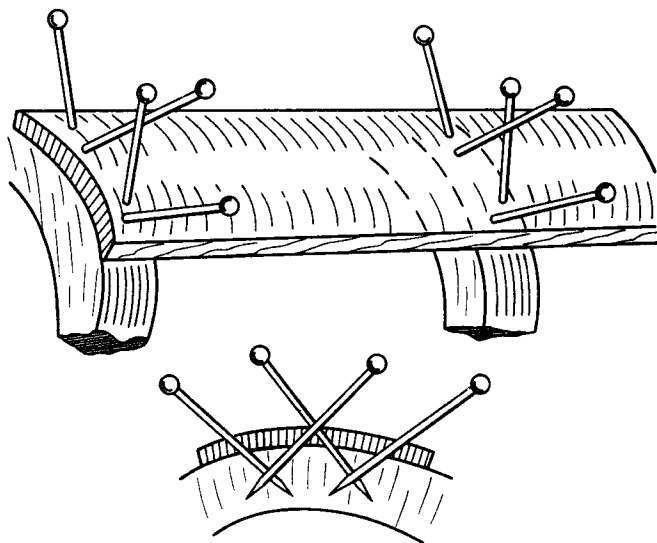


Рис. 125. Обшивка бальзой с помощью булавок

избежать этого, применяют в качестве заполнителя пенопласт, на который наклеивают более тонкие бальзовые пластины, а чаще оклейку делают бумагой и тканью (рис. 126). В этом случае следует учесть, что пенопласт некоторых марок растворяется эмалитом и дает большую усадку, поэтому необходимо применять другие клеящие вещества — эпоксидные смолы, водные и водно-эмульсионные клеи.

Часто применяется способ изготовления фюзеляжа путем выклеивания в матрицах с использованием стеклоткани и эпоксидного клея. Этот способ обеспечивает большое внешнее сходство модели с прототипом, требует минимальной подготовки к окраске, но очень трудоемок. Для изготовления матрицы сначала приходится делать фюзеляж полностью из дерева с технологическим разъемом по оси симметрии. При сложной его конфигурации может быть несколько разрезов. Поверхность болванок должна быть тщательно отделана, ведь от этого будет зависеть поверхность матрицы, а в последующем и поверхность выклеенных корок фюзеляжа. Обработанный, прогрунтованный, прошпаклеванный и окрашенный в какой-либо темный цвет фюзеляж разъединяют и плоскостями разрезов укрепляют на листе оргстекла. Болванки покрывают разделительным веществом, например мастикой для пола, и дают просохнуть в течение 6—8 ч с последующим растиранием шерстяной тряпочкой.

Из стеклоткани выкраивают лоскуты с припуском 2—3 см на сторону. Первый слой должен быть из стеклоткани толщиной 0,02—0,03 мм. Положив

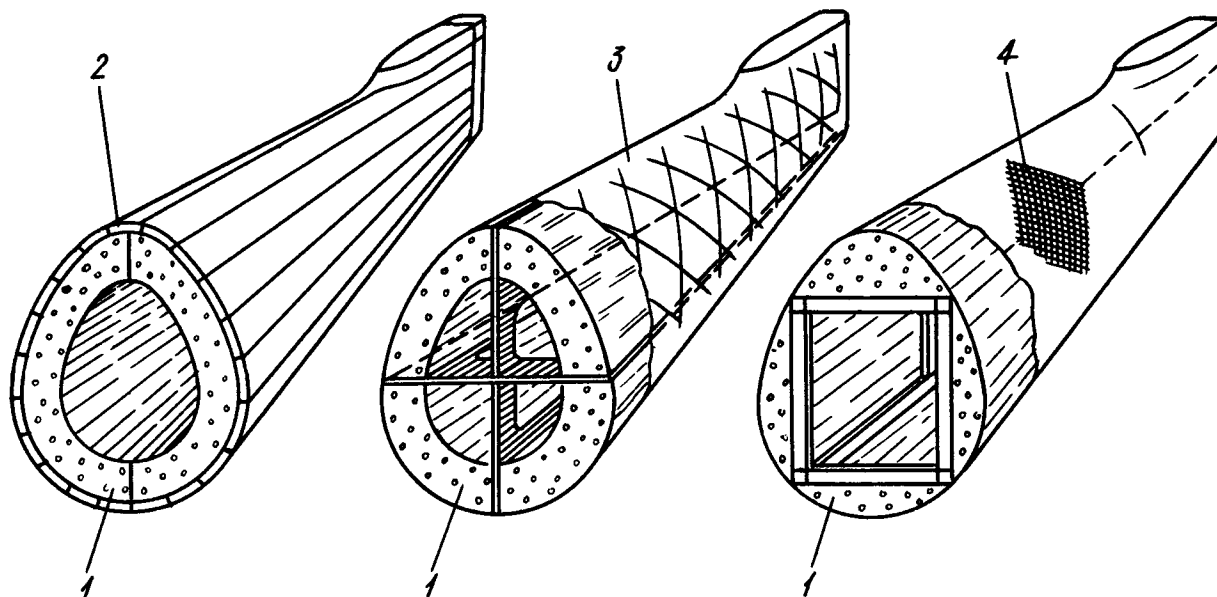


Рис. 126. Изготовление фюзеляжа с применением пенопласта:

1 — пенопласт; 2 — бальзовые пластины; 3 — оклейка бумагой; 4 — оклейка тканью

стеклоткань на оргстекло, ее промазывают готовой смолой. Осторожно целлулоидной пластинкой снимают излишки смолы. Как только смола начнет затвердевать, стеклоткань снимают с оргстекла, накладывают тут же на болванку и плотно приглаживают для удаления пузырьков воздуха. В местах резких переходов накладывают жгуты из стеклоткани типа «рогожа», пропитанные смолой.

В таком же порядке укладывают второй, более толстый слой стеклоткани (0,2—0,3 мм) и третий типа «рогожа». На поверхность наклеивают несколько поперечных пластин из пенопласта в виде контршаблонов, которые будут основанием матрицы при выклейке корок. После затвердевания смолы матрица легко отделяется от болванки. Иногда применяют другой способ: вокруг болванки делают ограждение в виде короба из полос пенопласта или дерева, который по высоте на 1—2 см больше максимальной толщины болванки. Весь короб заливают смолой, смешанной с цементом или другим мелкозернистым заполнителем. Правда, получаемая таким образом матрица — довольно тяжелая, на нее расходуется много смолы.

Эти матрицы и служат формой для выклеивания половинок фюзеляжа. Все делается в такой же последовательности, как сказано выше, только ткань укладывается внутрь матрицы. Толщину корок рассчитывают практически путем пробной выклейки. В местах, где ожидается большая нагрузка, укладывают больше слоев, в местах меньшей нагрузки достаточно одного слоя ткани толщиной 0,02—0,03 мм и одного-двух слоев ткани толщиной 0,1—0,3 мм. После полного высыхания половинок еще в матрице обрезают по линии разреза. Изготовленные шпангоуты вставляют в половинки фюзеляжа, лежащие в матрице, и приклеивают эпоксидной смолой. Только после укрепления шпангоутов и различных узлов половинки фюзеляжа склеивают между собой. Надо учесть, что при приклеивании по уже затвердевшей эпоксидной смоле склейка не получается прочной. Для лучшего соединения места склейки

следует обработать крупной шкуркой, а детали еще укрепить с боков полосками стеклоткани.

Преимущество данного способа состоит не только в том, что можно довольно точно воссоздать внешние формы и поверхность фюзеляжа, но и в возможности заранее предусмотреть во время выклейки половинок фюзеляжа различные узлы и крепления. При работе с эпоксидной смолой надо помнить, что она вредна для организма, поэтому помещение должно хорошо проветриваться, руки необходимо защищать резиновыми перчатками.

Выклеивание корок — довольно кропотливый процесс, требующий навыка и опыта. Малейший пузырек воздуха, оставшийся между матрицей и стеклотканью, будет заметен на изделии. Поэтому для более точного изготовления корок применяют вакуум или давление. При первом, то есть вакуумном способе матрицу с уложенной и пропитанной стеклотканью помещают в резиновый или полиэтиленовый мешок и вакуумнасосом откачивают воздух. Прогниваясь, резина или пленка плотно прижимают стеклоткань к матрице.

При втором способе в матрицу с уложенной стеклотканью тоже закладывают резиновый мешок, а сверху прижимают крышкой. Накачиваемый воздух растягивает мешок и прижимает стеклоткань к матрице.

Техническое исполнение может быть очень разнообразным, в зависимости от возможностей, но остается неизменным принцип — сначала изготавливают мастер-модель (болванку), а по ней выклеивают или отливают матрицу, в которой одним из способов выклеивают изделия.

При оборудовании кабин и их остеклении следует взять рекомендации для музейных макетов.

Крыло кордовой модели-копии может быть весьма разнообразным по конструкции, но наиболее часто встречается наборное, состоящее из набора нервюр, лонжеронов, кромок, закруглений, различных усиленных, узлов крепления и обшивки (жесткой, мягкой или смешанной). Способ изготовления деталей

силового набора крыла и выбор материалов зависят от разработанной конструкции крыла модели.

Лонжероны крыла несут большую, а иногда и основную нагрузку, поэтому их изготавливают из прочных материалов. Если это дерево, то чаще всего используют прямослойную и мелкослойную сосну. Лонжероны могут быть цельковыми, то есть из одного куска древесины, или многослойными — склеенными из нескольких более тонких пластин. Наибольшее распространение получили полочные лонжероны, заполненные в промежутках между нервюрами бальзовыми пластинами или усиленные раскосами из сосны. Очень большую жесткость крылу придает сочетание такого лонжерона с жесткой бальзовой обшивкой. Образуется так называемый кессон.

Нервюры и их сочетание с кромками тоже имеют большое конструктивное разнообразие в зависимости от применяемого материала. В местах разлома крыла с центропланом или фюзеляжем нервюры делают обязательно усиленными, так как в этих местах устанавливают узлы крепления (сочленения). Передние и задние кромки крыла изготавливают из сосны, липы и реже из бальзы.

Для изготовления крыла и хвостового оперения моделисты часто применяют пенопласт. Половинки крыла вырезают из целого куска пенопласта на специальном приспособлении (рис. 127), оклеивают пластинами бальзы или бумагой, и армируют кромками из бальзы или липы (рис. 128). Надо отметить, что такая технология хотя и очень проста, но не обеспечивает необходимой прочности и легкости, да и применима лишь для прототипов с полностью жесткой обшивкой. Кроме того, следует иметь в виду, что склеивание пенопласта и наклеивание обшивки приходится делать в основном на эпоксидных смолах, а они очень тяжелы.

Сборку крыла, особенно с большим размахом, необходимо производить на стапеле — ровной доске или специально сделанной раме. Снимают крыло со стапеля тогда, когда хорошо просохнет клей и будут установлены на место различные распорки, вставки в лонжероны, узлы креплений, а иногда и часть обшивки. Распорки и раскосы надо ставить осторожно, без усилия, так как вставленные с усилием они имеют внутреннее напряжение и после снятия со стапеля неизбежно дают перекос.

Аккуратно, не создавая напряжений, необходимо делать обшивку крыла. При жесткой обшивке некоторые моделисты смачивают поверхность бальзовых пластин водой для лучшего изгибания. Но после высыхания бальза дает большую усадку, а это может вызвать коробление крыла. При мягкой обшивке (бумагой или полотном) надо учитывать усадочные свойства этих материалов после покрытия. Чтобы усадка была равномерной, покрытие желательно производить из распылителя. При изготовлении крыла необходимо так продумать работу, чтобы до полной обтяжки были установлены все узлы крепления, кронштейны подвески рулей и другие устройства, а значит, чтобы не пришлось потом вскрывать обшивку.

Перед нанесением нитрокрашки поверхность крыла покрывают эмалитом (или клеем АК-20). При этом каркас крыла и обшивку лучше клеить тоже эмалитом. Меньший прогиб между каркасом крыла дает обшивка из бальзовых пластин, если перед на-

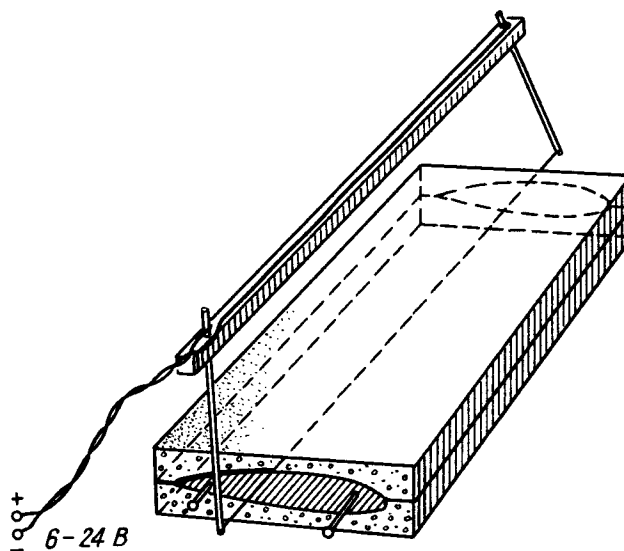


Рис. 127. Вырезание половинок крыла из пенопласта по двум шаблонам

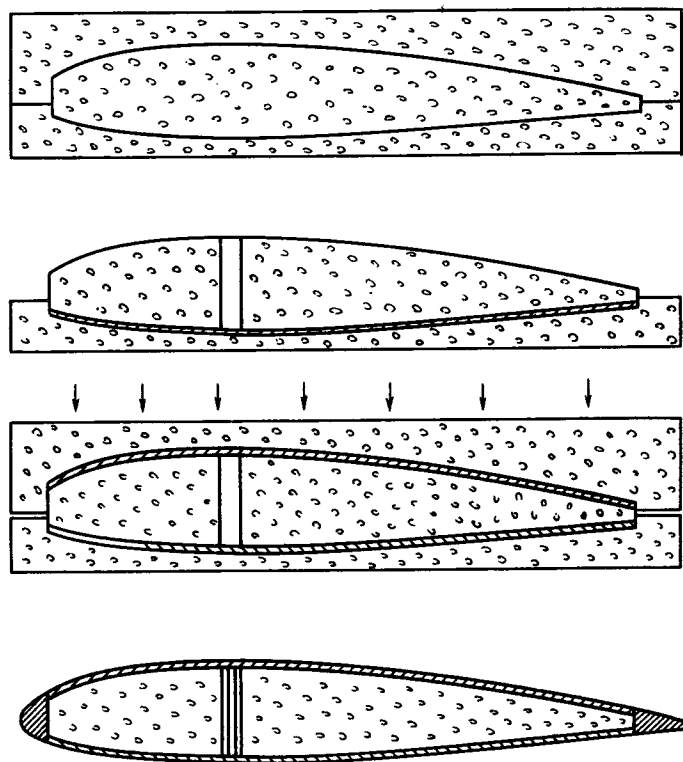


Рис. 128. Последовательность изготовления крыла из пенопласта, армированного бальзовыми пластинами

клеиванием на каркас внутреннюю их поверхность два-три раза пропитать жидким эмалитом. При этом надо отдать предпочтение пластинам из более плотной, но и более тонкой бальзы.

Хорошую жесткость придает поверхности пропитка обшивки (бальзовых пластин) эпоксидным лаком типа паркетного. Для этого паркетный лак смешивают с отвердителем и после хорошего размешивания добавляют 10—15% ацетона. Наносить можно мягкой кистью. Ацетон ускоряет становление лака.

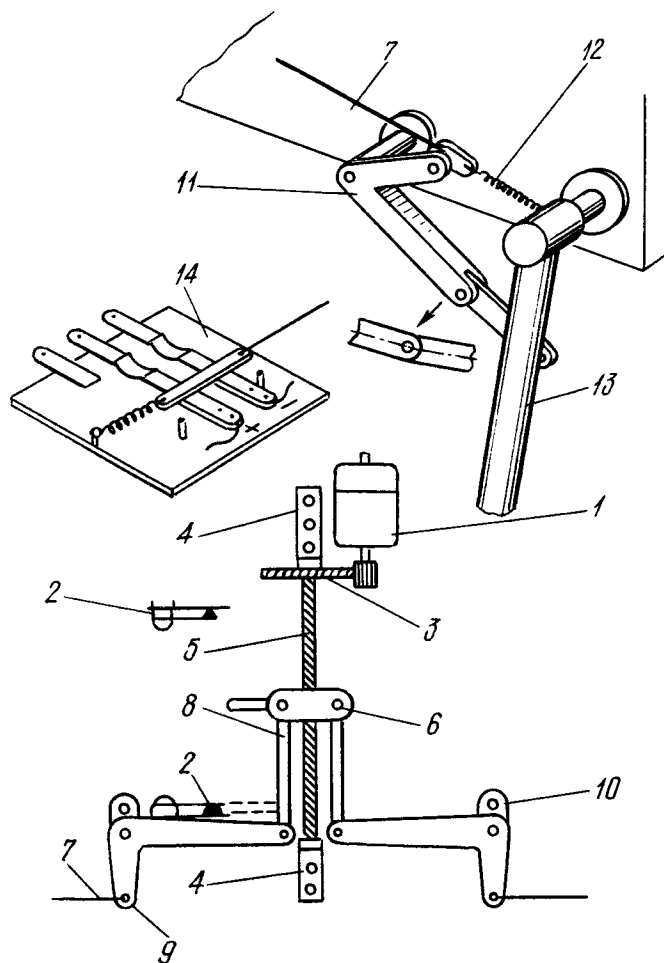


Рис. 129. Механизм уборки и выпуска шасси:

1 — электромотор; 2 — концевой выключатель; 3 — ведомая шестерня редуктора; 4 — крепление червяка; 5 — червяк; 6 — подвижной поводок; 7 — тяга к стойке шасси; 8 — промежуточные тяги; 9 — качалка; 10 — опора качалки; 11 — шарнирный подкос стойки; 12 — возвратная пружина; 13 — стойка шасси; 14 — переключатель полярности

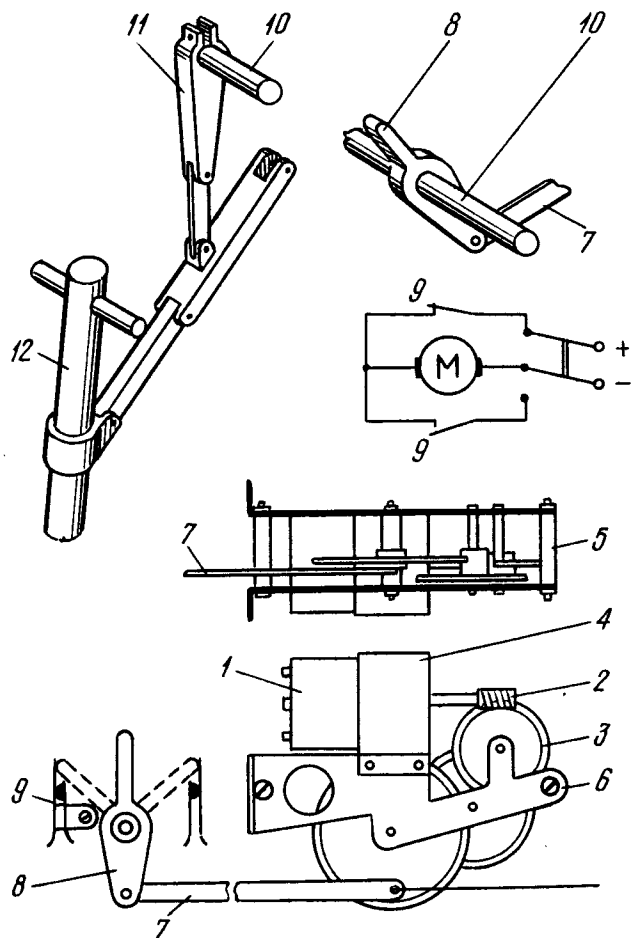


Рис. 130. Механизм уборки и выпуска шасси с общей осью:

1 — электромотор; 2 — ведущий червяк; 3 — ведомая шестерня; 4 — кожух крепления электромотора; 5 — распорки; 6 — рама редуктора; 7 — тяга; 8 — поворотный рычаг; 9 — концевой выключатель; 10 — поворотная ось; 11 — шарнирный подкос; 12 — стойка шасси

После полного высыхания лака поверхность обрабатывают мелкой шкуркой и шпаклюют. Если для последней операции используют нитрошпаклевку, то перед ее нанесением всю поверхность один раз покрывают эмалитом из распылителя.

Если на крыле прототипа было установлено убирающееся шасси, имелась другая механизация (щитки, закрылки, предкрылки), то на модели это тоже должно быть действующим. Есть множество вариантов приведения в работу механизации, но наиболее распространены три: механический — третьей кордой и системой рычагов, электрический — временным электромеханизмом с электрическим приводом, смешанный — когда включения производится механически (дополнительной кордой), а исполнение — с помощью электрических приводов. Каждый из способов имеет свои преимущества и недостатки. Выбор зависит от конструкции модели и возможностей воспроизведения их.

В любом случае стремятся к минимальному количеству дополнительных корд, иначе их сопротивление и масса сделают невозможным полет модели. Обычно обходятся одной-двумя дополнительными кордами, блокируя отдельные команды в группы. Наиболее часто встречается смешанная система с источником электропитания у моделиста, управ-

ляющего моделью. На кордах укрепляют тонкие электропровода, по которым подают ток к исполнительным механизмам. Третья корда служит лишь для того, чтобы сегментарный шаговый механизм поставить на нужную команду.

Но в такой системе есть существенный недостаток: команды могут исполняться только в той последовательности, которая установлена на селекторе. Чтобы устранить этот недостаток и сделать возможным выполнение нужной команды, то есть пропустить ряд других команд, делают кнопку-выключатель на ручке управления. Только тогда, когда с помощью нескольких действий (как правило, натяжений дополнительной корды) установлена или выбрана нужная команда, нажимают кнопку, замыкающую цепь питания током, и команда исполняется.

Хвостовое оперение, которое включает киль с рулем поворота и стабилизатор с рулем высоты, изготавливают по той же технологии, что и крыло. Особое внимание уделяют шарнирам подвески и управления рулем высоты, так как на кордовой модели это наиболее нагруженный элемент управления. Конструкция шарниров должна быть не только подобной прототипу, но и прочной, выдерживающей соответствующие нагрузки. Также необходимо добиваться точности при определении массы

элементов хвостового оперения. Расстояние между центром тяжести модели и центром тяжести хвостового оперения довольно значительное и малейшее превышение массы смещает центр тяжести модели назад, а для его восстановления потребуется загрузить носовую часть балластом.

В то же время хвостовое оперение должно иметь соответствующую прочность, так как оно испытывает значительные аэродинамические нагрузки. Многие прототипы, например самолет По-2, имели тросовое управление рулями. При изготовлении таких моделей надо обратить внимание на равномерность натяжения тросов и предусмотреть элемент его регулирования.

Шасси модели-копии столь же ответственный агрегат, как и любая другая основная часть. Модель должна взлетать и садиться так, как это делал прототип. На модели должно быть в мельчайших подробностях воспроизведено шасси прототипа, а это усложняется тем, что эта деталь гораздо меньше по размерам, чем, скажем, крыло или фюзеляж. При этом шасси в основном изготавливают из металла и каждый лишний миллиметр приводит к значительному его утяжелению. Если же прототип имел убирающееся шасси, появляется еще одна проблема — разработка и изготовление специального механизма для его уборки и выпуска при сохранении всех видимых деталей, подобных прототипу. Все это требует особой точности в разработке и изготовлении шасси.

В управлении убирающимся шасси, как и в управлении механизацией крыла, существует великое разнообразие механизмов, но все они также сводятся к трем основным схемам, описанным выше.

Схемы универсальных механизмов уборки шасси электромеханическим способом (рис. 129 и 130) приемлемы для уборки трехколесных шасси с носовым колесом и двухколесных с хвостовым колесом или костью. Системы приводятся в действие через дополнительную третью корду путем смещения лепестков двухконтактного переключателя. При натяжении корды лепестки переключателя становятся в такое положение, которое обеспечивает работу электродвигателя в одну сторону — шасси убирается. При ослаблении корды возвратная пружина переключателя возвращает лепестки в исходное положение и электродвигатель вращается в другую сторону, обеспечивая выпуск шасси. Переключатель меняет полярность источника питания электродвигателя. В таких случаях применяется источник тока напряжением 6—12 В и электродвигатель постоянного тока. В крайних положениях шасси (убрано, выпущено) электроцепь размыкается концевым выключателем, на который воздействует рычаг в механизме шасси.

Источник тока может быть установлен в модели или вне нее. В последнем случае ток передается по проводам, укрепленным на кордах. Надо учесть, что часть напряжения будет теряться на этих проводах, которые будут создавать дополнительное сопротивление току.

Какой системе отдать предпочтение при разработке модели? Прежде всего надо хорошо представлять систему уборки шасси прототипа. Если есть возможность не очень сложно сделать механическую систему уборки шасси, лучше отдать предпочтение ей. Все другие системы обязательно вклю-

чают в себя систему рычагов, с помощью которых шасси изменяет свое положение, плюс систему электромоторов, приводов, переключателей концевых выключателей, редукторов и других устройств. В механической системе требуется минимум дополнительных рычагов.

Но при этом надо учесть один немаловажный фактор. При уборке шасси механическим способом с помощью дополнительной корды усилие ее натяжения должно быть гораздо меньше, чем натяжение корд управления при полете модели, а усилие возвратных пружин должно быть больше, чем усилие натяжения дополнительной корды от встречного потока воздуха.

Шасси по конструкции и техническому исполнению могут быть весьма разнообразными. В каждом конкретном случае надо решать, из каких материалов их изготовить, что имитировать, а что делать подобным прототипу и подвижным. Амортизацию шасси желательно устраивать во всех случаях, так как она смягчает удары при грубых посадках (рис. 131 и 132).

Колеса на модели должны быть подобными прототипу. Наиболее часто встречаются колеса типа «баллон». Такие колеса для моделей изготавливают путем вулканизации сырой резины в специальной пресс-форме методом, описанным в разделе о макетах. Отличие в том, что для летающей модели важно, чтобы масса колес была возможно меньшей. Для этого в пресс-форму вместе с резиной вставляется вкладыш, который делает колесо полым. Диски колес (обода) вытачивают из алюминиевых сплавов, разъемными из двух половин, соединяемых центральной резьбовой втулкой под ось.

Если колеса прототипа имели тормоза, их конструкцию и управление необходимо тщательно продумать, может быть, систему управления тормозами заблокировать с другими системами. На практике тормоза часто механически связывают с системой управления рулем высоты. При крайнем отклонении качалки руля высоты приводится в действие система торможения колес. Техническое исполнение этой системы может быть разнообразным, но лучше, когда она хотя бы по внешнему виду походит на оригинал. На моделях с двумя основными колесами и хвостовой опорой особое внимание надо уделить усилию торможения, так как при чрезмерном торможении такие модели стремятся скапотировать на нос.

При конструировании и изготовлении шасси рекомендуется учесть еще один момент. Дело в том, что перед отрывом от земли модель разбегаются по окружности. Если колеса изготовлены из резины и установлены параллельно оси симметрии, то модель будет двигаться по окружности с некоторым скольжением в сторону ее центра. Создается дополнительное сопротивление вращению колес и увеличивается их сцепление с землей. Модель долго не может набрать скорость отрыва. Поэтому надо переднее колесо (у моделей с носовым колесом) развернуть в сторону центра круга и заставить модель катиться по нужной окружности, но не закатываться в круг. У моделей, имеющих хвостовое колесо или кость, этого делать не приходится, так как они быстро поднимают хвост и хвостовое колесо (или кость), выходя из зацепления с землей.

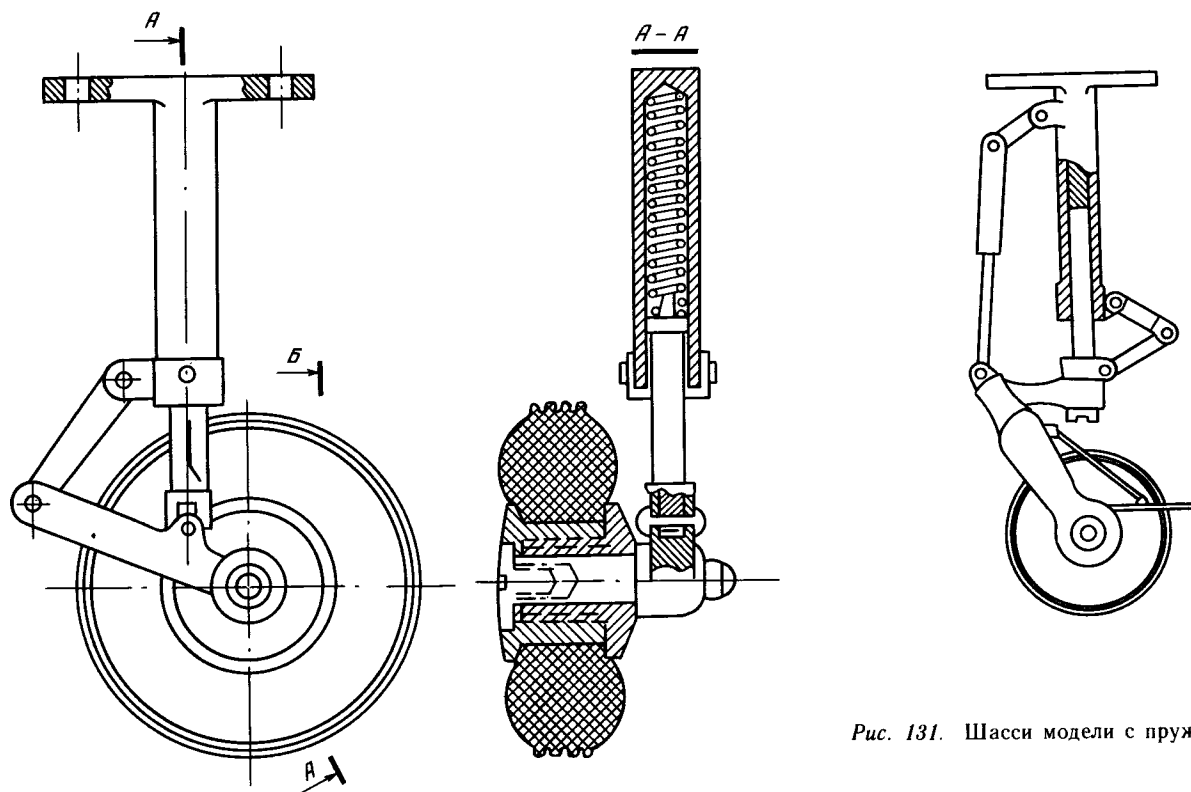


Рис. 131. Шасси модели с пружинной амортизацией

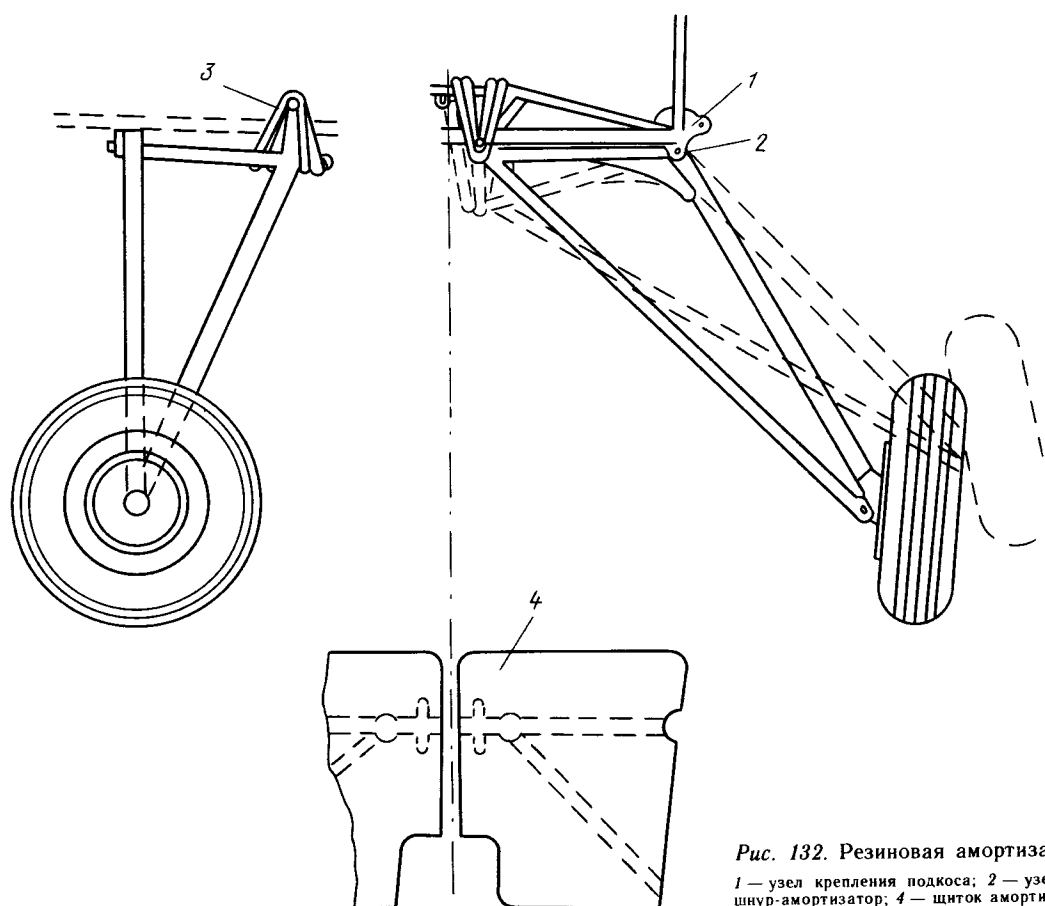


Рис. 132. Резиновая амортизация шасси самолета Як-12Р:

1 — узел крепления подкоса; 2 — узел крепления стойки шасси; 3 — резиновый шнур-амортизатор; 4 — щиток амортизатора

МОДЕЛИ-КОПИИ СВОБОДНОГО ПОЛЕТА

Модели-копии свободного полета могут быть безмоторными (копии планеров) и с двигательными установками. Наиболее часто строят модели-копии свободного полета с резиномоторами, с поршневыми двигателями внутреннего сгорания и с поршневыми двигателями, работающими от сжатого газа (в основном CO_2 из баллончиков от бытовых сифонов).

Впервые массовый авиамоделизм в нашей стране начинался с изготовления резиномоторных свободнолетающих моделей. Лишь с появлением миниатюрных двигателей внутреннего сгорания началось массовое увлечение изготовлением моторных летающих моделей свободного полета. С совершенствованием двигательных установок появилось стремление делать летающие модели-копии самолетов. Некоторое время даже проводились соревнования союзного масштаба по моторным моделям-копиям свободного полета. Но с развитием новой авиамодельной техники и особенно электроники интерес к свободному полету моделей начал спадать.

Однако на современном этапе, с появлением новых энергетических устройств и двигателей малых объемов интерес к моделям-копиям свободного полета проявился в новом качестве. Новые источники электропитания большой емкости и малых масс, электродвигатели с большим коэффициентом полезного действия и тоже малых относительных масс нашли довольно широкое применение в летающих моделях-копиях, как свободного полета, так и радиоуправляемых.

Создание поршневых двигателей, работающих от сжатого углекислого газа баллончиков для бытовых сифонов, сопровождалось их повсеместным применением на летающих моделях-копиях свободного полета. Эти двигатели очень миниатюрны (рабочий объем их от 0,01 до 0,6 см³), с очень маленькими мощностями. Однако они вполне способны вращать легкие воздушные винты диаметром 100—200 мм и поднимать в воздух модели массой 150—200 г. Достоинство этих двигателей еще и в том, что не нужно применять различные горючие смеси, системы запуска и зажигания, поэтому модели всегда чистые. Конечно, очень небольшая относительная мощность этих двигателей создает некоторые трудности при изготовлении моделей и ограничивает набор применяемых материалов. Так, для конструкции таких моделей нужно особо легкие и в то же

время довольно прочные материалы, что привело к массовому использованию такой древесины, как бальза. Конечно, можно построить модель и без применения бальзы, причем по летным характеристикам, если уложиться в допустимые пределы, по массовым и прочностным характеристикам они не будут отличаться от изготовленных из бальзы. Но процесс постройки будет значительно более трудоемок.

Строя модели-копии свободного полета с различными двигателями, необходимо конкретно под каждый двигатель рассчитывать массу модели и отдельных ее частей, нагрузку на единицу несущих поверхностей. Из практики постройки моделей-копий свободного полета известно, что хорошо летают модели с нагрузкой не более 20 гс/дм² на несущие поверхности.

Для устойчивого полета модели приходится отступать от принципа точного подобия прототипу. Так, к примеру, почти невозможно заставить хорошо летать модели-копии без увеличения поперечного V крыла и площади стабилизатора. Это вынуждены делать потому, что данные модели летают на скоростях гораздо меньших, чем прототип, и более подвержены действию возмущенных потоков воздуха. Но все же эти отступления, конечно в разумных пределах, не портят вида модели в полете по отношению к прототипу, а значит, не страдает и удовлетворенность моделестов.

Прежде чем строить модель-копию свободного полета, надо знать и помнить, что она перемещается в воздушной среде и подчиняется всем законам аэродинамики для тех скоростей, на которых она летает. Устойчивым ее полет будет только в том случае, если в конструкции модели будут учтены все силы и моменты, действующие на нее, точно подобраны весовые характеристики элементов конструкции, площади и установочные углы несущих поверхностей, их профили, подобран воздушный винт к силовой установке.

Так как скорости полета небольшие, то и профили несущих поверхностей должны быть с меньшими скоростными характеристиками, с большей кривизной средней линии, чаще всего — плоско-выпуклые и вогнуто-выпуклые. Иногда такие модели делают управляемыми. Но управление программируется заранее специально сконструированным механизмом,

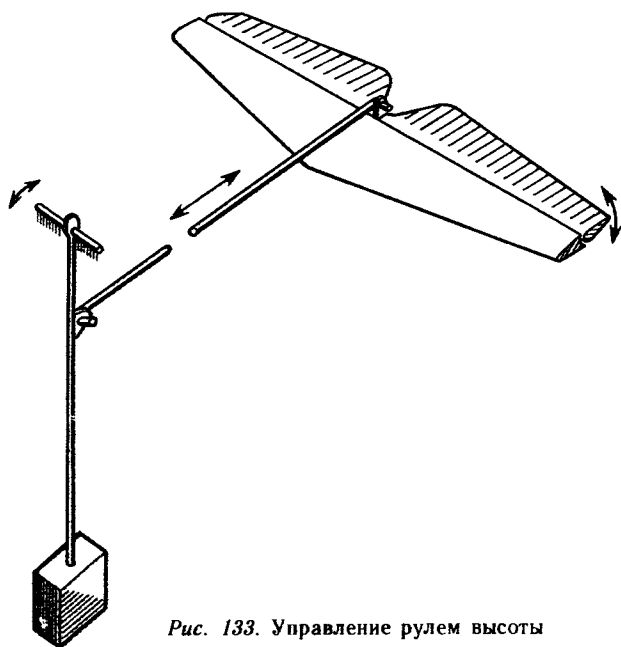


Рис. 133. Управление рулем высоты

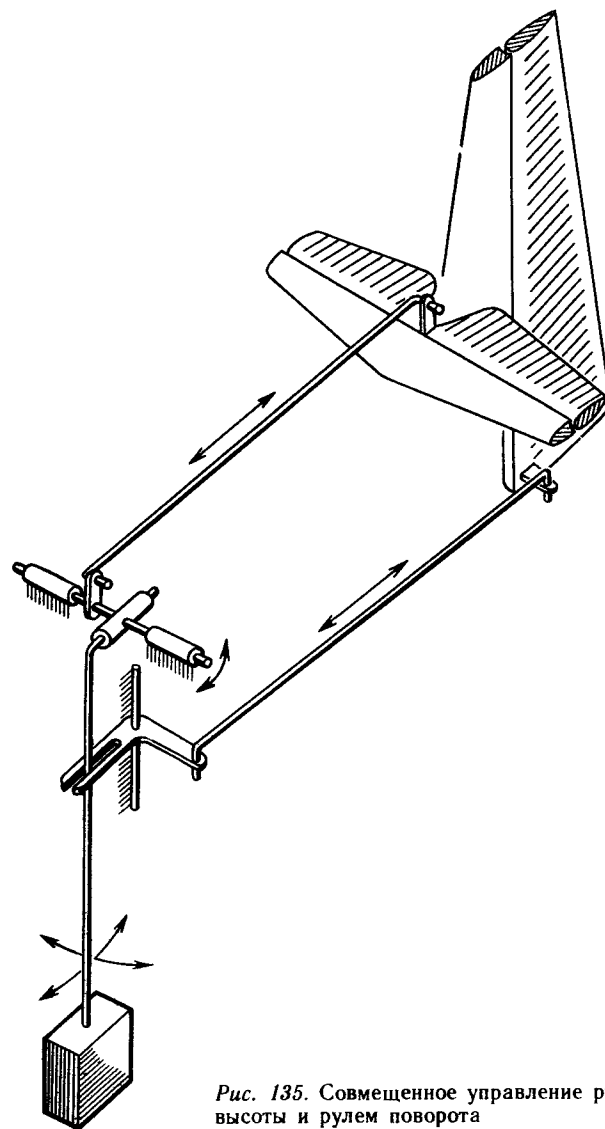


Рис. 135. Совмещенное управление рулем высоты и рулем поворота

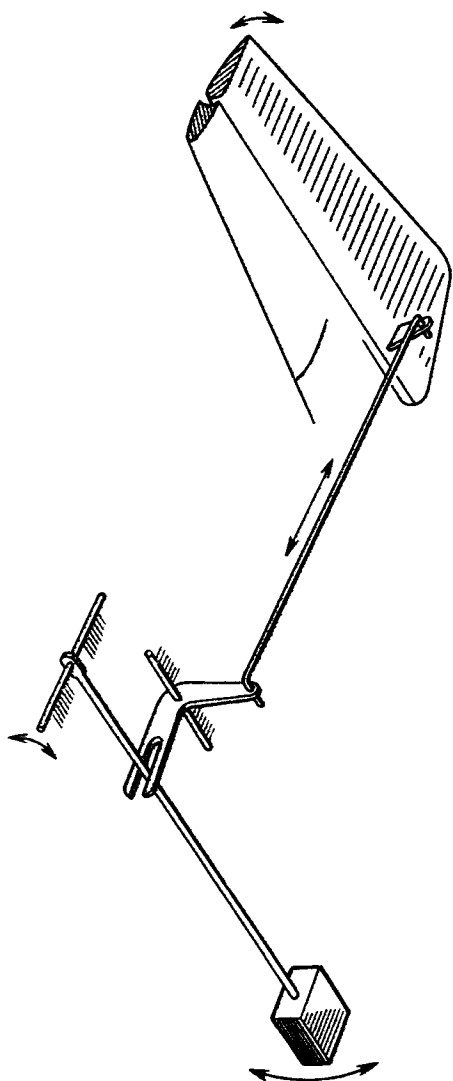


Рис. 134. Управление рулем поворота

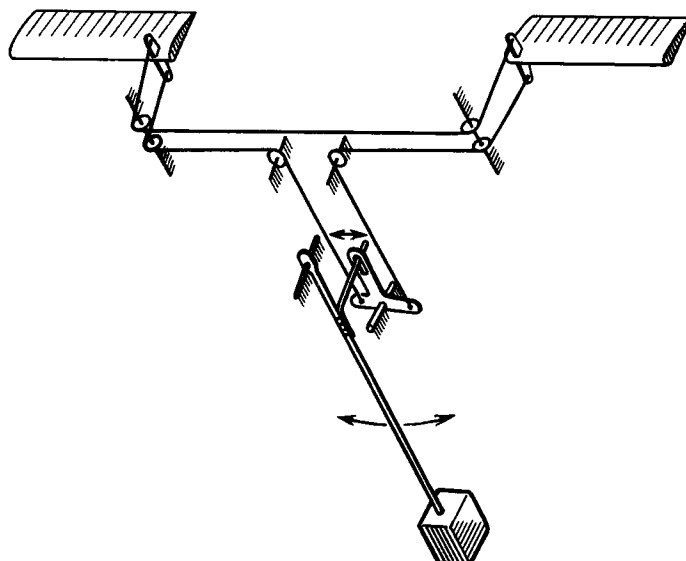


Рис. 136. Управление элеронами

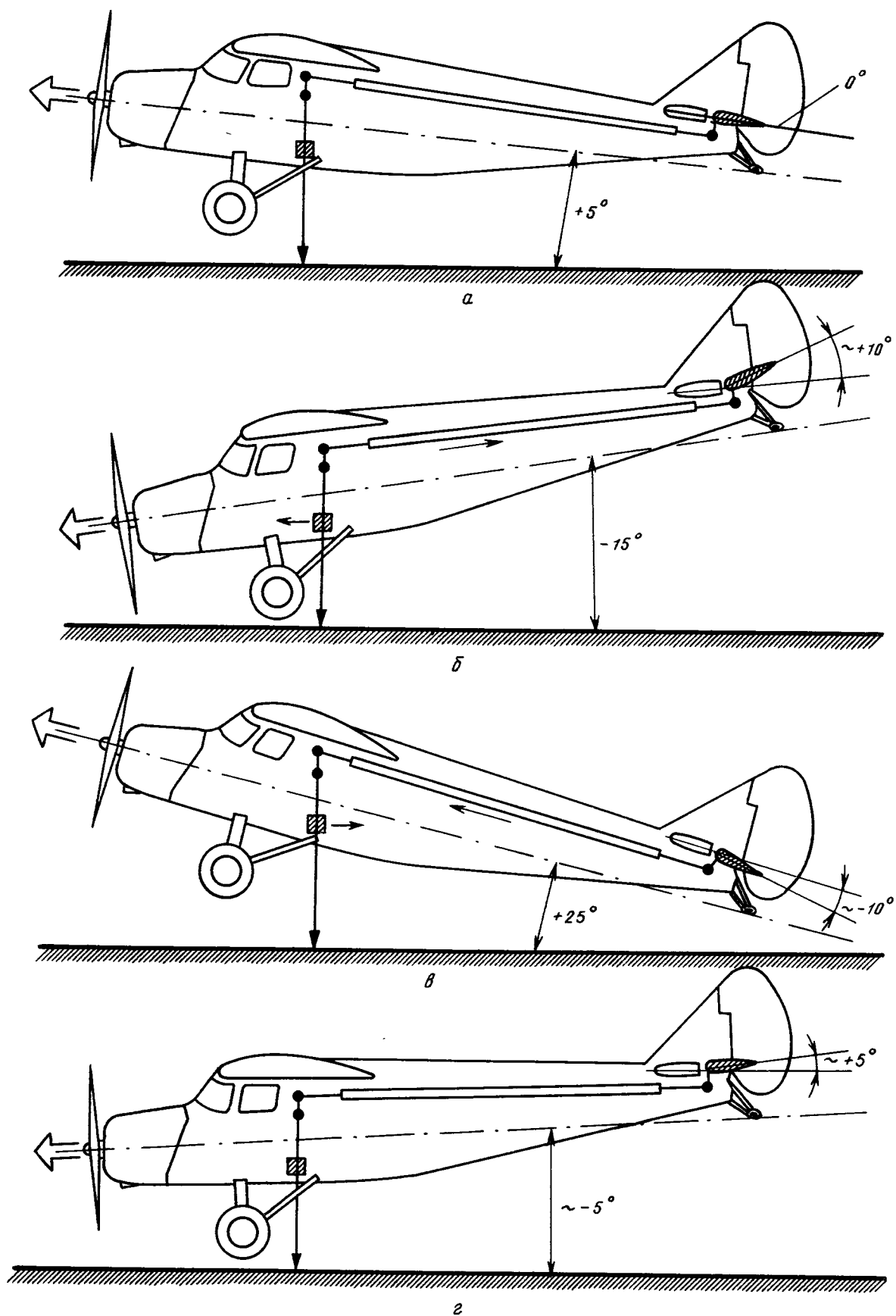


Рис. 137. Отклонение руля высоты на различных этапах полета:

а — нормальный набор высоты; б — чрезмерное снижение; в — чрезмерный набор высоты; г — нормальное снижение

воздействующим на рули для изменения траектории движения модели. Можно изготовить любой механизм, начиная от пружинного до электронного, но принцип воздействия на модель остается один — после запуска модели в полет человек уже не может воздействовать на нее.

Для увеличения устойчивости полета модели и возвращения ее в прежнее положение после небольшого отклонения от траектории полета применяют различные устройства, воздействующие системой рычагов на тот или иной руль. На рис. 133—136 показаны схемы с применением подвижного грузика, являющегося отвесом. При изменении траектории движения модели грузик сохраняет вертикальное положение и, будучи подвижно укреплен, вторым плечом воздействует через тягу на какой-либо руль (поворота, высоты, элероны) или несколько рулей. При действии на один руль отвес имеет одну степень свободы, при действии на два руля — две степени свободы. На рис. 137 показаны примерные отклонения руля высоты на различных этапах полета модели.

Иногда для стабилизации полета применяют гироскоп малых размеров с одной-двумя степенями свободы. Однако он применим лишь на моделях с двигателями внутреннего сгорания, где есть возможность отводом части выхлопных газов на ротор поддерживать обороты ротора.

Основное свойство гироскопа — сохранять свое положение независимо от угла наклона плоскости, относительно которой он вращается. Прodelайте опыт: запустите любой самодельный волчок на листе фанеры или книге. Наклоните эту плоскость в любом направлении. Несмотря на наклон плоскости, волчок будет сохранять вертикальное положение (рис. 138, а). Представьте себе, что вместо плохонького самодельного волчка, например картонного на спичечной оси, у вас имеется массивный (рис. 138, б) металлический волчок 1, вращающийся на оси, заключенной в рамке 2. Эта рамка, в свою очередь, укреплена в другой рамке 3 и может вращаться вокруг оси, расположенной поперек оси вращения волчка. Сам волчок приводится во вращение либо от пневмосистемы, либо от электромотора, размещенного внутри. Вот такой волчок называется гироскопом, в данном случае, с двумя степенями свободы.

Известно, что если быстро вращающийся волчок-гироскоп повернуть в какой-либо плоскости с некоторой угловой скоростью, то в перпендикулярной плоскости возникнет момент, стремящийся отклонить гироскоп. Это явление называется прецессией гироскопа и широко используется во всех современных автопилотах и стабилизирующих устройствах. Наблюдать прецессию можно на запущенном волчке, отклонив его ось нажимом пальца (рис. 138, в). При этом диск волчка коснется плоскости, но из-за действия прецессии не той стороной, на которую вы нажимали пальцем, а обязательно стороной, расположенной поперек направления нажима пальцем. Вы повернули волчок в плоскости $X-X$, а он сам под влиянием прецессии наклонился в плоскости $Y-Y$, перпендикулярной плоскости $X-X$.

Это явление можно использовать для авиамодельного автопилота, потому что прецессионный момент, возникающий на гироскопе, оказывается вполне до-

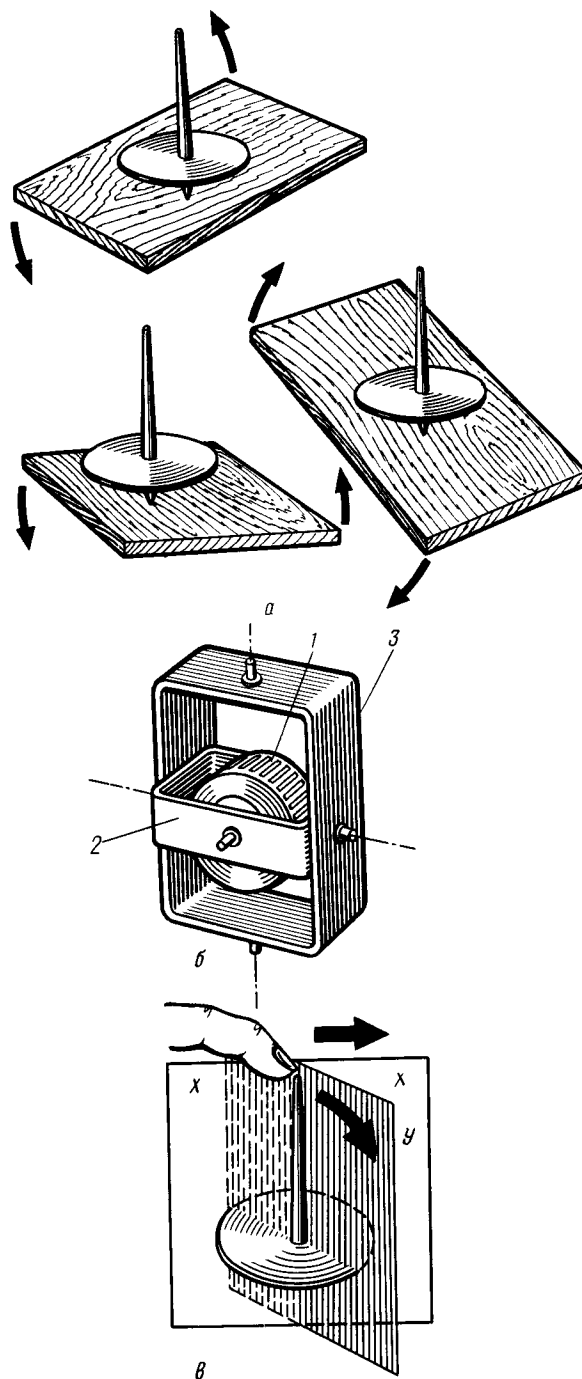


Рис. 138. Принцип действия гироскопа

статочным для отклонения рулей управления. Из практики авиамodelистов можно привести множество примеров использования гироскопа от самолетного указателя поворота и скольжения (этот прибор раньше называли «пионером»), задействованного на руль поворота. Для первоначальной раскрутки гироскопа использовался велосипедный насос, а для дальнейшего поддержания оборотов — выхлопные газы двигателя. Модель с полетным весом 5 кгс (копия самолета АНТ-25 размахом 3,5 м) четко выдерживалась автопилотом на курсе. Принципиальная схема устройства показана на рис. 139. Использована лишь одна степень свободы.

Для ограничения высоты полета, а это очень необходимо, так как с высотой мощность двигателя

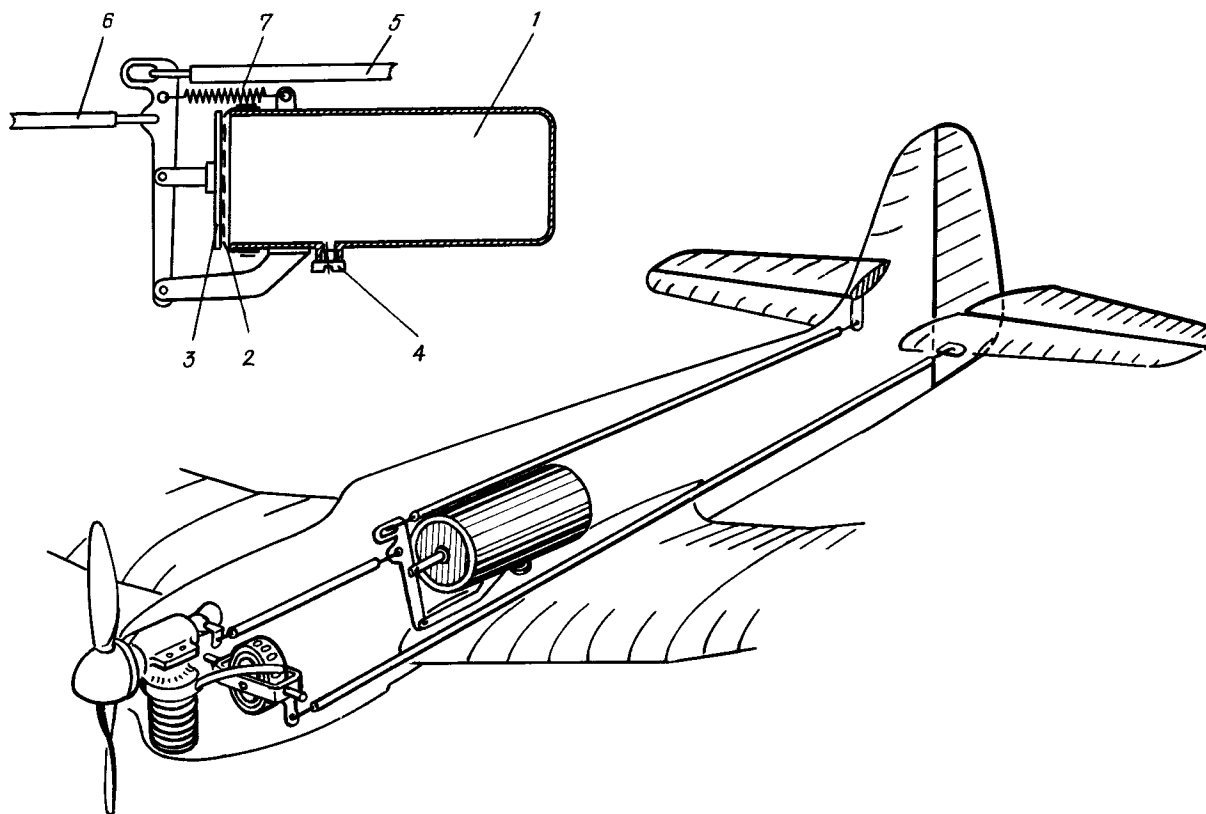


Рис. 139. Управление с помощью гироскопа и высотной коробки:

1 — высотная коробка; 2 — эластичная диафрагма; 3 — опорный диск; 4 — пробка; 5 — тяга на руль высоты; 6 — тяга к дроссельной заслонке двигателя; 7 — возвратная пружина

падает, можно использовать простейшее устройство, состоящее из высотной коробки и системы рычагов. Высотная коробка представляет собой замкнутую емкость для воздуха, одна стенка которой — эластичная мембрана. С подъемом на высоту внешнее атмосферное давление уменьшается, а внутри емкости остается такое же, как на земле. Герметичная пробка предусмотрена для того, чтобы перед полетом, вывернув ее, установить в емкости земное давление. С подъемом на высоту в результате разницы давления внутри и снаружи мембрана прогибается во внешнюю сторону, воздействуя на систему рычагов, которые отклоняют руль высоты вниз.

Ограничение высоты полета можно связать и с уменьшением оборотов двигателя.

Модели с механическими двигателями

Не каждый прототип подходит для копирования под модель свободного полета и этому вопросу надо уделить особое внимание. Ведь хочется, чтобы модель хорошо летала, то есть плавно набирала высоту, была устойчива и не сваливалась при малейшем отклонении, а также плавно снижалась после остановки двигателя и приземлялась без поломок. Известный польский авиамоделист и автор многих книг, посвященных любимому виду спорта, Веслав Шир предлагает ряд схем и таблиц, помогающих на первом этапе оценить выбранный прототип для копирования под летающую модель-копию свободного полета. Выбранный прототип оценивается по восьми положениям согласно рисункам (рис. 140). По каждому положению определяется число пунктов, которое может быть положительным или отри-

цательным. Все восемь пунктов суммируются с учетом знака и в табл. 1 находится графа со значением, соответствующим полученной сумме.

Таблица 1

Определение пригодности прототипа для копирования

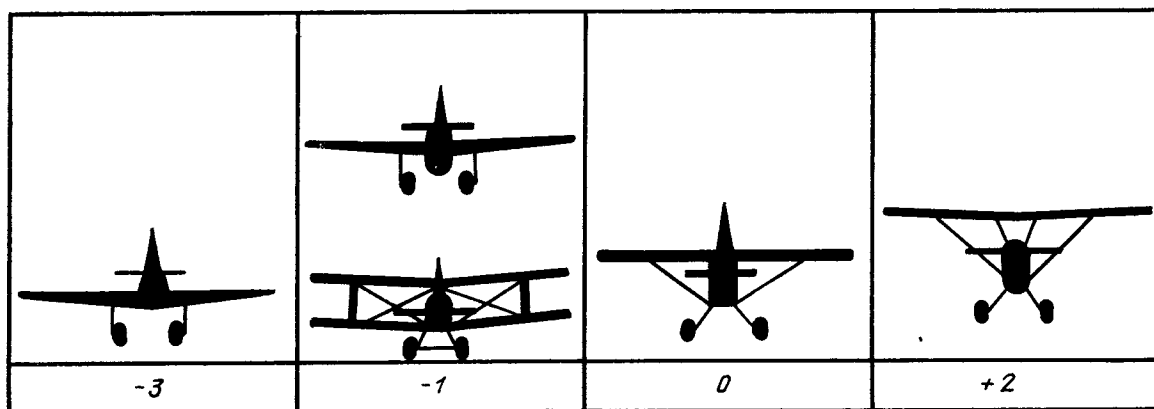
Очень плохо	Плохо	Посредственно	Хорошо	Очень хорошо
—9	от —8 до —6	от —5 до —3	от —2 до +2	+3

Определим по схемам рис. 140 и табл. 1 пригодность для копирования под модели свободного полета следующих прототипов: Як-12А, Як-18А и Як-9.

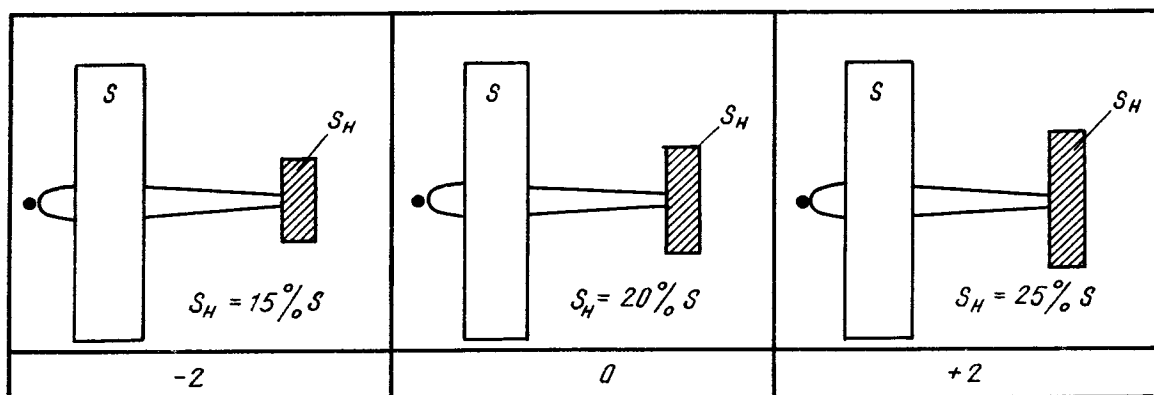
Самолет Як-12А (рис. 141)

	Число пунктов
1. Влияние схемы самолета (верхнеплан)	0
2. Влияние площади стабилизатора (22% от $S_{кр}$)	+1
3. Влияние плеча стабилизатора (L_n 3,4 САХ)	+2
4. Влияние формы стабилизатора	+1
5. Влияние формы крыла	+1
6. Влияние стреловидности крыла	0
7. Влияние поперечного V крыла	0
8. Влияние формы фюзеляжа	0
Сумма пунктов	+5

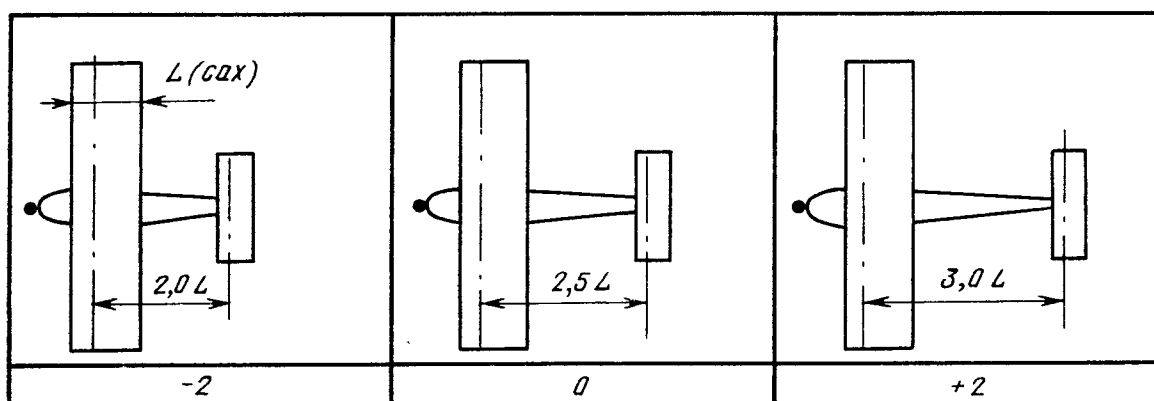
I



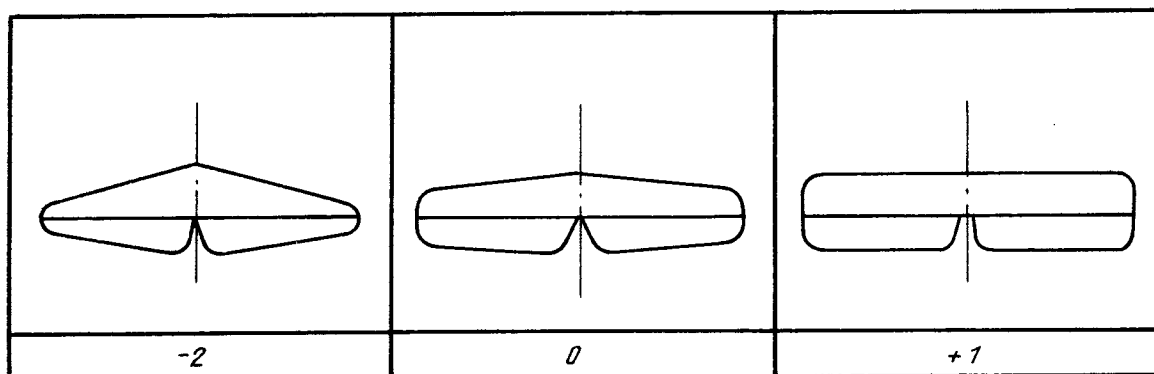
II



III



IV



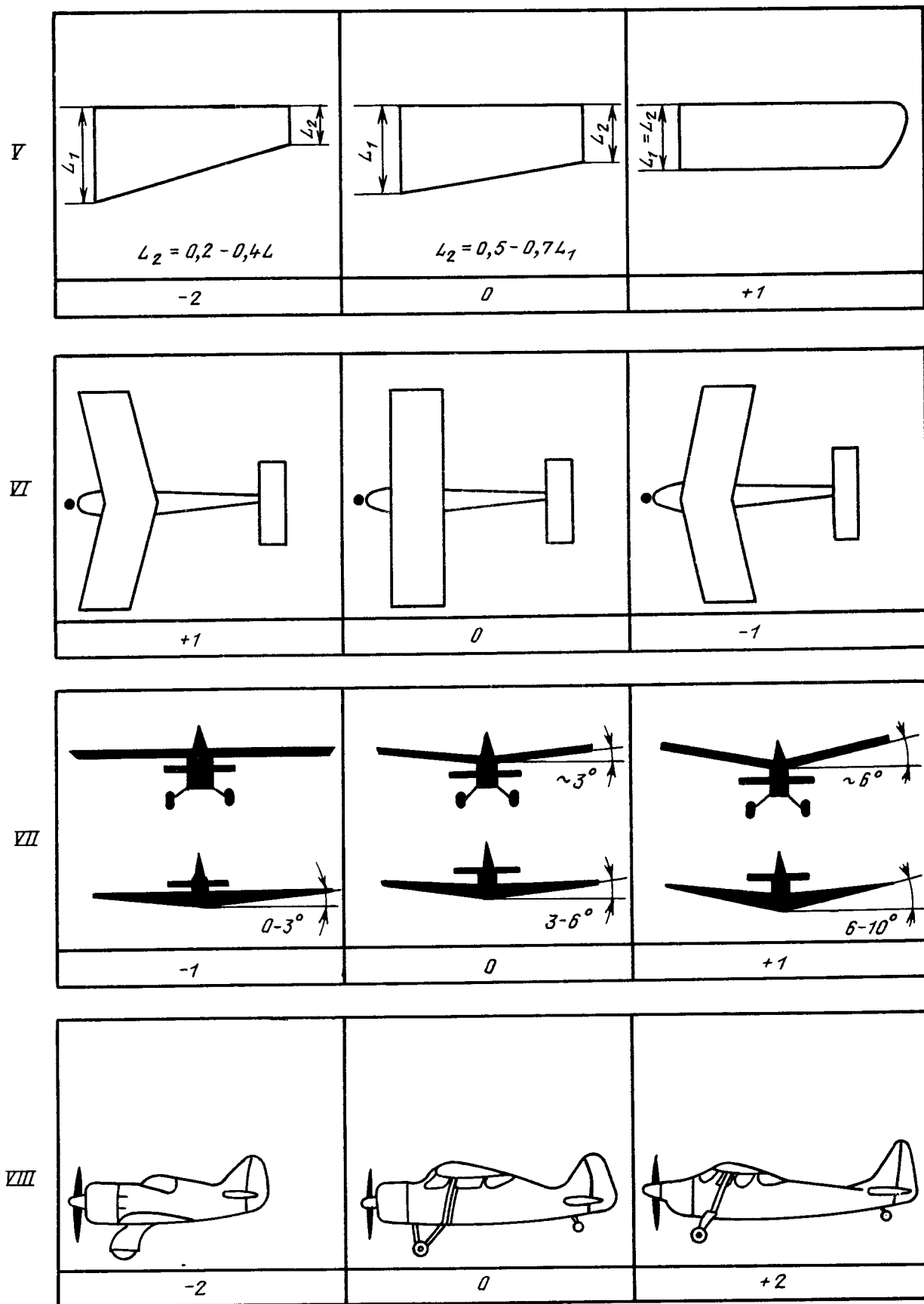


Рис. 140. Схема оценки выбранного прототипа для копирования под модель свободного полета:

I — влияние схемы самолета; II — влияние площади стабилизатора; III — влияние плеча стабилизатора; IV — влияние формы стабилизатора в плане; V — влияние формы крыла; VI — влияние стреловидности крыла; VII — влияние поперечного V крыла; VIII — влияние формы фюзеляжа



Рис. 141. Самолет Як-12А

Самолет Як-18А (рис. 142)

	Число пунктов
1. Влияние схемы самолета (низкоплан)	—3
2. Влияние площади стабилизатора (21,4% от $S_{кр}$)	+2
3. Влияние плеча стабилизатора ($L_{\kappa} = 3,0$ САХ)	+2
4. Влияние формы стабилизатора	0
5. Влияние формы крыла	0
6. Влияние стреловидности крыла	0
7. Влияние поперечного V крыла	—1
8. Влияние формы фюзеляжа	—2
Сумма пунктов	—2

Самолет Як-9 (рис. 143)

	Число пунктов
1. Влияние схемы самолета (низкоплан)	—3
2. Влияние площади стабилизатора (14,4% от $S_{кр}$)	—2
3. Влияние плеча стабилизатора ($L_{\kappa} = 2,6$ САХ)	0
4. Влияние формы стабилизатора	—2
5. Влияние формы крыла	—2
6. Влияние стреловидности крыла	0
7. Влияние поперечного V крыла	—1
8. Влияние формы фюзеляжа	+2
	—8

По табл. 1 определяем, что самолет Як-12 очень хорошо подходит для копирования под свободно-летающую модель, самолет Як-18 — хорошо, а самолет Як-9 — плохо.

Выбор размеров модели зависит прежде всего от двигателя, который предполагают использовать на модели. Двигатель модели — вращающийся воздушный винт, который создает моменты, влияющие на полет модели. Исходя из рабочего объема двигателя и его мощности, зная теорию, можно сделать некоторые расчеты моментов. Упрощенно можно определить основные размеры модели по табл. 2, в которой имеются средние статистические данные в зависимости от объема и мощности двигателя.

Таблица 2

Определение основных размеров модели

Рабочий объем двигателя, см ³	Мощность двигателя, л. с. (кВт)	Размах крыла модели, мм	Площадь крыла, дм ²
0,3	0,02 (0,0145)	700—800	8—11
0,5	0,04 (0,029)	900—1100	11—17
1,0	0,08 (0,059)	1100—1300	17—24
1,5	0,12 (0,088)	1300—1500	24—32
2,0	0,16 (0,118)	1500—1700	32—41
2,5	0,2 (0,147)	1600—1900	36—50

Примечание. Значение S для среднего удлинения крыла равно 7.

Большое значение для полета модели имеет расположение центра тяжести. При наличии на крыле



Рис. 142. Самолет Як-18А



Рис. 143. Самолет Як-9

плоско-выпуклого или вогнуто-выпуклого профиля и на стабилизаторе — симметричного профиля центр тяжести должен находиться в пределах 25—35% САХ. При плоско-выпуклом или вогнуто-выпуклом профиле стабилизатора центр тяжести должен быть расположен в пределах 35—45% САХ.

При отклонениях расположения центра тяжести в меньшую или большую стороны модель неустойчива. При более передней центровке модель плохо набирает высоту и круто снижается. При более зад-

ней центровке модель круто набирает высоту, а на планировании может оказаться на критических углах атаки крыла и свалиться в штопор. Нужно положение центра тяжести уточняется в регулировочных запусках модели путем загрузки носовой или хвостовой части. Лучше, когда центровка сначала оказывается более передней, так как при загрузке хвостовой части на большем плече требуется меньше бесполезного груза.

Приближенное положение центра тяжести в зави-

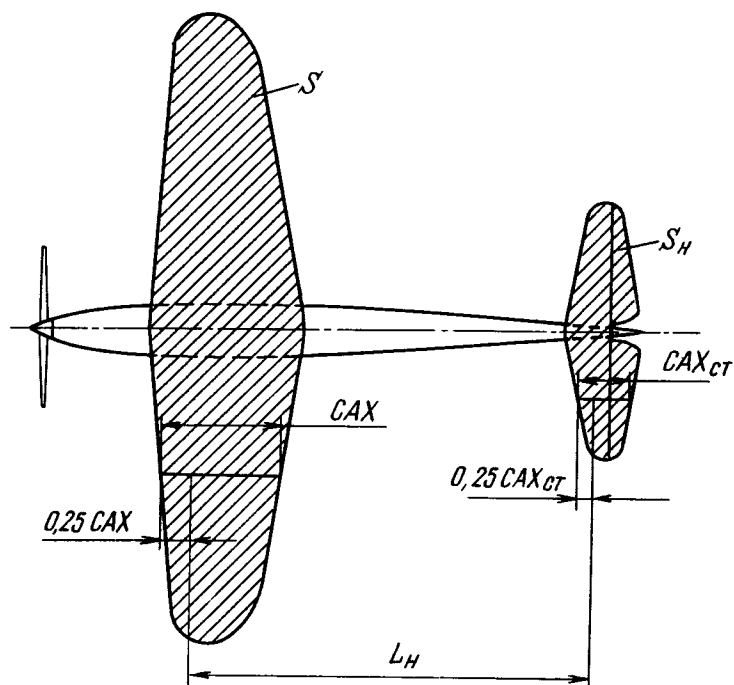


Рис. 144. Определение плеча стабилизатора:

S — площадь крыла; S_N — площадь стабилизатора; L_N — плечо стабилизатора

симости от плеча стабилизатора и его площади можно определить по рис. 144 и 145. Для вычисления процентного отношения площади стабилизатора (S_N) и площади крыла (S) надо разделить величину площади стабилизатора на величину площади крыла и умножить на 100%. По полученной цифре в разделе I рис. 145 (влияние площади стабилизатора) находят количество пунктов. Разделив размер плеча стабилизатора на САХ крыла, по полученной цифре находят в разделе II (влияние плеча стабилизатора) количество пунктов. Затем по разделам (влияние схемы и формы фюзеляжа) также определяют количество пунктов. Суммируя количество пунктов с учетом знака, по табл. 3 отыскивают гра-

фу полученного результата. По ней определяют положение центра тяжести в процентах от передней кромки САХ и рекомендации применения.

Возьмем, к примеру, тот же самолет Як-12А:

	Число пунктов
1. Влияние площади стабилизатора (21,4%)	0
2. Влияние плеча стабилизатора (3,4 САХ)	0
3. Влияние схемы самолета	0
4. Влияние формы фюзеляжа	—1

По табл. 3 определяем, что допустимая центровка — не менее 30% САХ.

Для улучшения летных характеристик модели все отступления от прототипа надо брать в комплексе и четко представлять их суммарное воздействие. Если изменить профиль крыла на менее скоростной и более несущий, а затем и профиль стабилизатора, то надо изменить и установочные углы крыла и стабилизатора, а для точной регулировки желательно сделать такое крепление крыла и стабилизатора, чтобы можно было менять установочные углы во время регулировочных запусков. Чаще всего крыло устанавливают без регулировки, а стабилизатор делают регулируемым. В периодической литературе опубликовано много различных профилей, из которых можно выбрать наиболее приемлемые для каждой конкретной модели. Устойчивость по тангажу (относительно поперечной оси) обеспечивается тремя величинами — площадью стабилизатора, плечом горизонтального оперения и разницей установочных углов между крылом и стабилизатором (деградацией). Из статистики сделан вывод, что у моделей свободного полета эта разница лежит в пределах 3° (рис. 146).

Для лучшей поперечной устойчивости (относительно продольной оси) необходимо увеличить поперечное V крыла. Для моделей с верхним расположением крыла оно должно быть в пределах 5—7° на крыло, а для моделей с низким расположением крыла — в пределах 8—10° (рис. 147).

Максимальная масса модели складывается из масс отдельных ее частей. Некоторые соотношения между массой отдельных частей дает статистическая таблица для моделей с различным объемом двигателя (табл. 4), а приблизительное представление о скоростях моторного полета при различных профилях крыла в зависимости от нагрузки на несущую площадь можно получить из табл. 5. И наконец, из табл. 6 можно взять средние данные о размерах воздушного винта для двигателей различного объема.


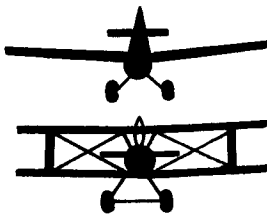


Таблица 3

Определение положения центра тяжести

Сумма пунктов	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4
Положение ЦТ относительно передней кромки САХ, % (X)	15	20	25	30	35	40	50	65	80
Применение	Недопустимо	Допустимо в исключительных случаях	Допустимо	Наивыгоднейшее положение	Редко применимое, опасное				

I	Площадь стабилизатора в % к площади крыла $S_H/S \cdot 100\%$		Количество пунктов
	12		- 2
	15		- 1
	20		0
	25		+ 1

II	Плечо стабилизатора в длинах САХ крыла $L_H/САХ$		Количество пунктов
	2,0		- 2
	2,5		- 1
	3,0		0
	4,0		+ 1

III				
	-1	0	0	+1





IV	Очень грубый, с открытым звездообразным двигателем	Грубый, с закрытым звездообразным двигателем и широкой каби- ной	С рядным зака- потированным двигателем и кабинами тандемом	Фюзеляжи планеров
				
	-2	-1	0	+1

Рис. 145. Схема влияния некоторых параметров на определение центра тяжести:

I — влияние площади стабилизатора; II — влияние плеча стабилизатора; III — влияние схемы самолета; IV — влияние формы фюзеляжа

Рабочий объем двигателя, см ³	Площадь крыла, дм ²	Масса элементов модели, г					Полная масса, г	Нагрузка на крыло, гс/дм ²
		двигатель с воздушным винтом	фюзеляж с вертикальным оперением	крыло	шасси	стабилизатор		
0,2—0,3	8	30	40—60	25—35	10—15	5—10	120—150	15—19
0,3—0,5	12	50	80—100	40—60	20—30	10—15	200—250	16—21
0,8—1,0	18	80	100—160	80—120	50—70	15—25	330—450	18—25
1,0—1,5	26	100	180—240	160—200	80—120	30—40	550—700	21—27
1,5—2,5	40	160	360—500	280—360	130—200	50—80	1000—1500	25—32

Таблица 5

Приблизительная скорость моторного полета модели, м/с

Применяемый профиль крыла	Ориентировочная скорость в зависимости от нагрузки на крыло, г/дм ²									
	15	20	25	30	35	40	45	50	60	
Вогнуто-выпуклый (NACA-6412)	4,5	5,2	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,2	9,0	
выпуклый (Clark-Y)										
Плоско-выпуклый (Clark-Y)	4,9	5,7	6,3	6,9	7,5	8,0	8,5	9,0	9,8	
S-образный (Clark-YH), двояковыпуклый (NACA-23012)	5,5	6,3	7,0	7,7	8,4	9,0	9,5	10,0	11,0	

Таблица 6

Подбор винта свободнолетающей моторной модели

Рабочий объем двигателя, см ³	Размер винта (диаметр × шаг) в зависимости от мощности двигателя, мм		
	большая	средняя	малая
0,3	120×50	150×75	180×100
0,5	150×75	180×100	200×100
1,0	180×100	200×100	220×100
1,5	200×100	220×100	250×100
2,5	220×100	250×100	275×100

Таблица 7

Размеры элементов типового винта, мм

Диаметр × шаг	Диаметр комлевой части d ₁	Диаметр максимальной ширины d ₂	Ширина комля — ширина конца лопасти a ₁ =a ₃	Максимальная ширина лопасти a ₂	Толщина комля — толщина лопасти b ₁ =b ₂	Толщина конца лопасти b ₃	Толщина кромки		Диаметр ступицы d
							сечение 2	сечение 3	
180×100	28	80	9	18	9	2,5	1	1	16
200×100	30	90	10	20	9	2,5	1	1	18
220×100	34	100	11	22	9	2,5	1,2	1	20
250×100	38	115	12,5	24	9	2,5	1,2	1	22
275×100	42	125	14	26	9	2,5	1,5	1	24
300×100	44	135	15	28	9	2,5	1,5	1	25
180×150	28	80	9	16	11	3,5	1	1	16
200×150	30	90	10	17	11	3,5	1	1	18
220×150	34	100	11	19	11	3,5	1,2	1	20
250×150	38	115	12,5	21	11	3,5	1,2	1	22
300×150	44	135	15	26	11	3,5	1,5	1	25

К

Надо отметить, что в табл. 6 (по подбору воздушного винта) усредненные размеры. Для того чтобы подобрать винт для хорошего устойчивого полета, необходимо сделать два—четыре винта с отступлениями в большую и меньшую величину шага при постоянном диаметре. Уменьшение диаметра или шага винта ведет к увеличению оборотов, но к некоторому уменьшению момента реакции винта. Уве-

личение же диаметра или шага ведет к уменьшению оборотов двигателя и довольно значительному росту моментов от действия винта.

Некоторое представление о размерах элементов типового винта можно получить по рис. 148, а по табл. 7 определить эти элементы для различного диаметра и шага.

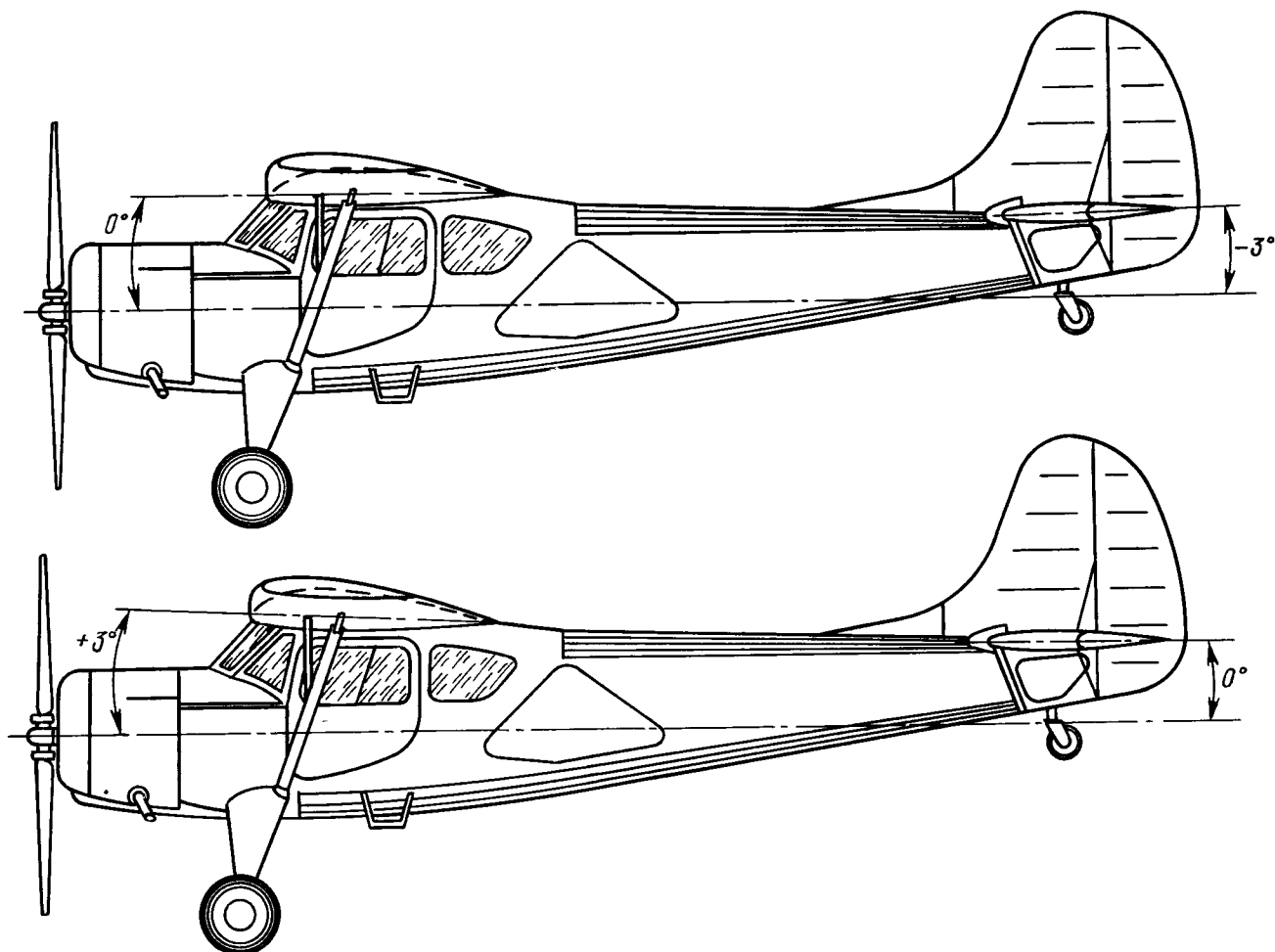


Рис. 146. Взаимное расположение крыла и стабилизатора

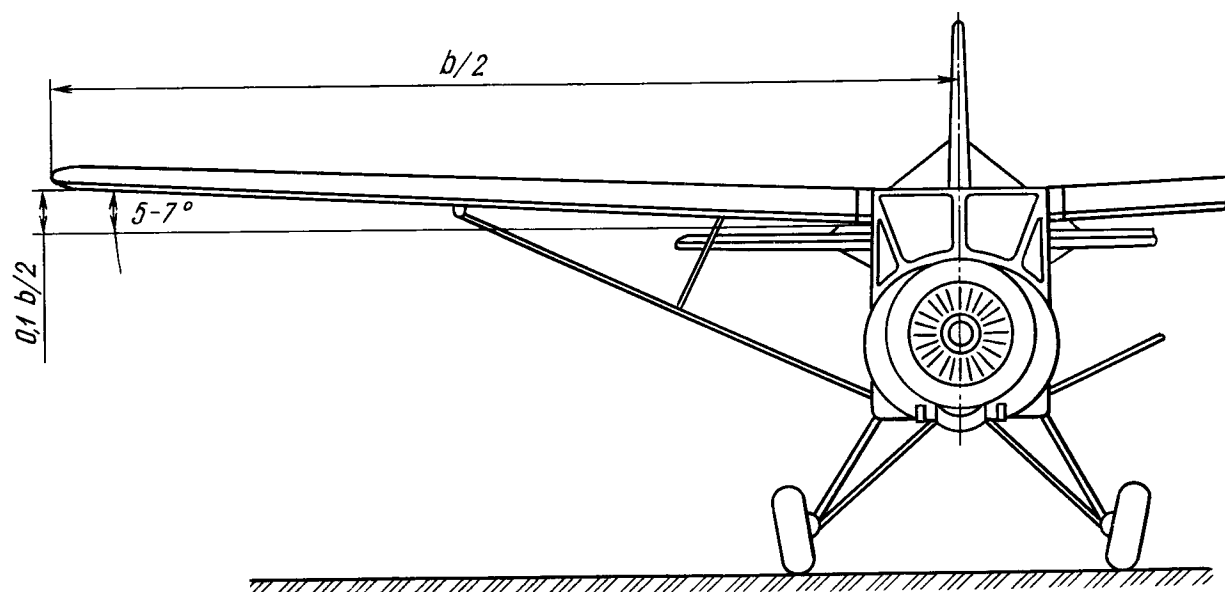


Рис. 147. Определение правильного поперечного V крыла

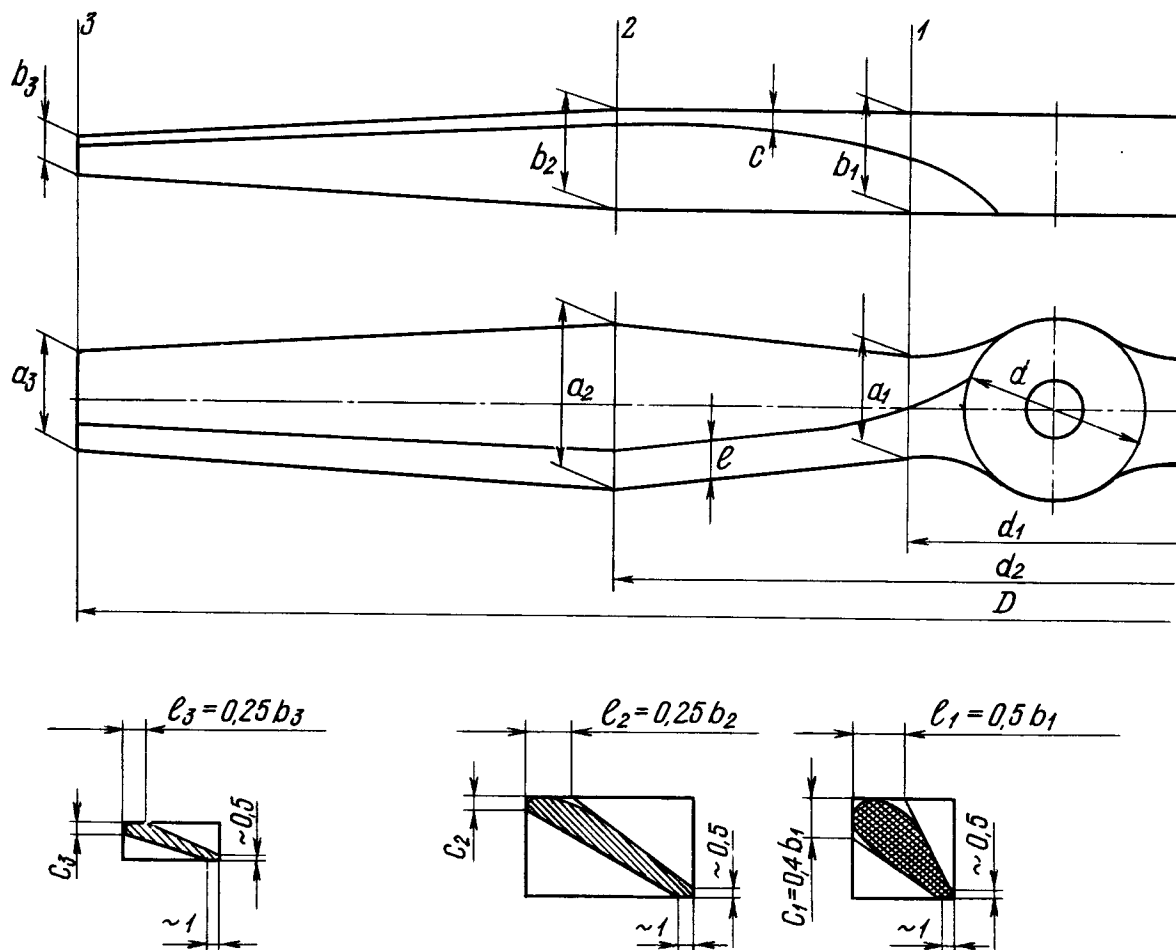


Рис. 148. Типовой воздушный винт:

D — диаметр винта; d_1 — диаметр комлевой части; d_2 — диаметр наибольшей ширины лопасти; a_1 — ширина комлевой части; a_2 — наибольшая ширина лопасти; a_3 — ширина конца лопасти; b_1 — толщина комлевой части; b_2 — толщина на наибольшей ширине лопасти; b_3 — толщина концевой части; d — диаметр ступицы; l_1, l_2, l_3 — ширина кромки до среза на сечениях; C_1, C_2, C_3 — толщина кромки до среза на сечениях

Купленный моторчик для модели может быть укомплектован пластмассовым воздушным винтом. Но такие винты больше подходят для кордовых моделей, а для модели свободного полета желательно изготовить свой (расчетный) воздушный винт из дерева. Такие винты чаще всего изготавливают из твердых пород дерева (бук, граб, береза). Не следует применять для винта сосну или ель, так как между слоями у этих пород меньшая прочность и поэтому они часто трескаются по слоям. Нежелательно применение и липы, хотя соблазняет легкость ее обработки. Но винт из нее получается очень легким, что будет затруднять запуск вследствие малого момента масс.

Последовательность изготовления винта показана на рис. 149. Прежде чем приступить к изготовлению воздушного винта, следует изготовить из плотного картона или тонкой фанеры два шаблона — вид лопасти винта в плане и вид сбоку. Вырезают брусок с размерами по диаметру винта, максимальной ширине и толщине. Противоположные плоскости на нем должны быть параллельны, а смежные — перпендикулярны. Проведя среднюю линию на верхней плоскости, разделяют эту поверхность на две равные части, а затем просверливают отверстие диаметром 1 мм строго перпендикулярно плоскости.

Наложив боковой шаблон на боковую плоскость, обводят его карандашом. На противоположной плоскости делают то же самое. Срезав лишний материал, восстанавливают на срезанных участках среднюю линию при виде в плане, и наложив шаблон, обводят карандашом и его.

Эту же процедуру повторяют на противоположной плоскости и также срезают лишний материал, контролируя операцию по верхнему и нижнему рисунку. При этом обращают внимание на то, чтобы грани были перпендикулярны.

Для точности профилирования лопастей желательно сделать еще один вспомогательный шаблон, представляющий по форме лопасть в плане по передней кромке и шириной, равной четвертой части ширины лопасти с плавным переходом к комлевой части. По боковой грани передней кромки лопасти проводят линию на расстоянии 1—1,5 мм от верхней плоскости. На тыльной стороне заготовки срезают лишний материал от задней кромки до линии на боковой грани с плавным переходом к комлю, а на передней части — от задней кромки до вспомогательной линии. Потом напильником и шкуркой придают профилю нужные размеры и форму.

Для более точного контроля шага винта делают небольшое приспособление (рис. 150). Для этого в

ровную доску вбивают гвоздь без шляпки (диаметр гвоздя и отверстия заготовки винта должны быть равны). На расстоянии $0,75$ радиуса приклеивают картонный уголок в виде прямоугольного треугольника, один катет которого равен $2\pi r$, а другой — шагу винта на данном сечении. Прикладывая изготавливаемый винт то одной, то другой лопастью и подрабатывая, надо добиться одинакового угла у обеих лопастей.

После придания винту точного профиля и зашкуривания его необходимо отцентровать, то есть добиться, чтобы противоположные лопасти были симметричны в отношении масс. Грубо это можно сделать, раскрутив слегка винт на продетой в центре проволоке чуть меньшего диаметра ($0,8$ мм), и если винт остановится горизонтально, то все в порядке. Если же при нескольких раскручиваниях одна и та же лопасть находится после остановки ниже, то эту лопасть надо подработать в местах, где на взгляд она толще. Более точно винт балансируют в специальных центрах. Для окончательной доводки винт покрывают несколько раз эмалитом с последующим удалением ворса.

При желании сделать воздушный винт трехлопастным, а они очень часто встречаются на прототипах, сначала надо произвести пересчет винта. Последовательность изготовления показана на рис. 151. Работа по изготовлению такого винта более трудоемка, но оправдывает себя. Сначала изготавливают два двухлопастных винта, а из них делают один трехлопастный. Из дюралюминиевой пластины толщиной 1 мм вырезают шаблон для обрезки комлевой части винта под углом 120° . В комлевой части устраивают пропилы под треугольную вставку из фанеры толщиной $1,2$ — $1,5$ мм, на которой соединяют лопасти. Правильную установку лопастей контролируют по рисунку на бумаге с начерченной окружностью по диаметру винта с делением на три равные (120°) части. Зафиксировав положение лопастей, на комлевой части каждой из них просверливают по два отверстия диаметром 3 мм. В каждое отверстие вставляют заранее подготовленные штырьки.

Для контроля установки лопастей при виде сбоку подготавливают простое приспособление для подвижного закрепления винта. Подготовив два кружка из фанеры толщиной $1,2$ — $1,5$ мм, все лопасти соединяют на эпоксидном клее. Поставив винт на контрольное приспособление и поворачивая поочередно, проверяют правильность установки каждой лопасти. После высыхания клея обрезают выступающие части соединительного треугольника, центрируют и отделяют винт.

Для копирования установок под свободнолетающие модели подходят прототипы мотопланеров. Они очень хорошо сочетают в себе достоинства планера и некоторые преимущества самолета. Эти аппараты в основном предназначены для безмоторного полета, а двигатель используется для набора высоты, что помогает освободиться от самолетов-буксировщиков. На них используют довольно маломощные двигатели, которые после остановки зачастую убираются в специальные ниши для того, чтобы не было дополнительного сопротивления во время планирующего полета (рис. 152).

Конструкция модели в каждом конкретном случае зависит от выбранного прототипа. Вся трудность разработки конструкции модели состоит в

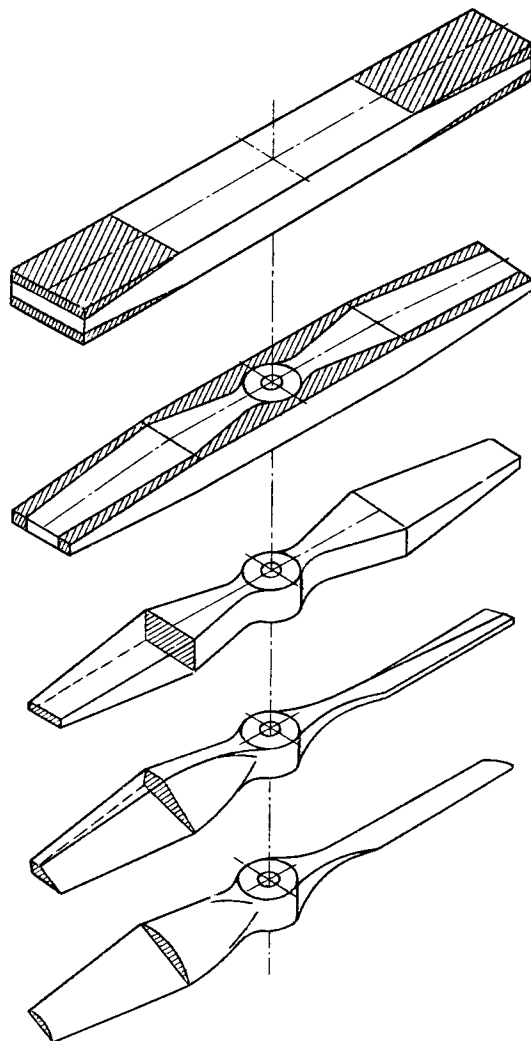


Рис. 149. Последовательность изготовления винта

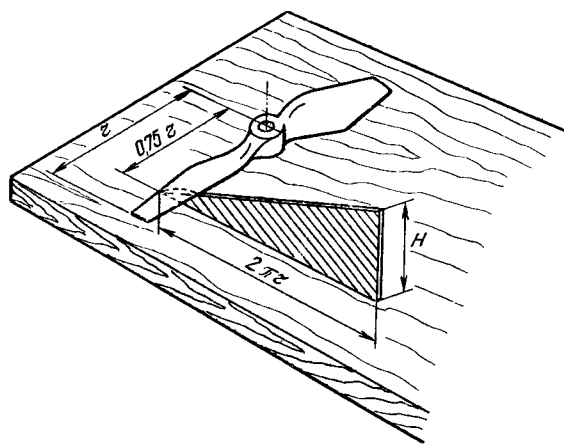


Рис. 150. Контроль шага элемента лопасти винта

том, чтобы из доступных материалов разработать такую конструкцию, которая не только обеспечивает минимальную нагрузку на единицу несущих плоскостей, но и настолько прочна, чтобы выдерживать нагрузки в полете, при грубых взлетах и посадках с возможно меньшим числом поломок. При наличии бальзы эти вопросы решают гораздо проще. Плот-

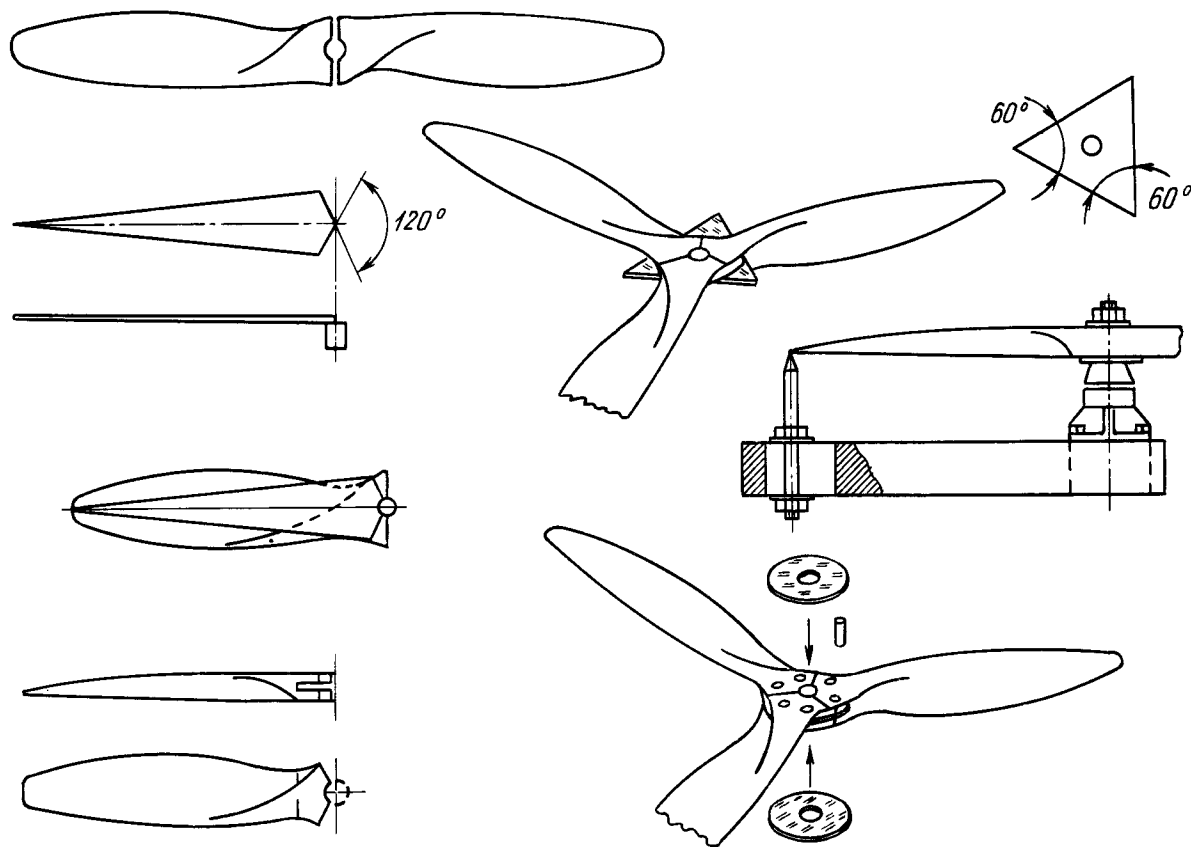


Рис. 151. Трехлопастный воздушный винт

ность бальзы очень мала и из нее можно изготовить очень легкие, но довольно прочные конструкции.

Бывает и так, что бальза в некоторых, наиболее нагруженных элементах конструкции не обеспечивает нужной прочности. Чаще всего этими элементами являются продольные силовые наборы фюзеляжа, крепления мотоустановок и лонжероны крыла. Не имея возможности использовать бальзу и желая все же построить очень легкую модель, лучше всего в качестве прототипов брать самолеты, имевшие мягкую обшивку фюзеляжа и крыльев. На модели все это имитируется бумагой, которая, конечно, легче, чем жесткая обшивка.

Но уж если делаются отступления от основных параметров прототипа, можно сделать отступление и в обтяжке. Скажем, жесткую обшивку на прототипе можно на модели сделать из более плотной бумаги, а мягкую — из бумаги типа микалентной или папиросной.

В конструкции модели рекомендуется предусмотреть отделяющиеся элементы не только для удобной транспортировки, но и на случай грубых посадок и столкновений с препятствиями. При отделяющихся элементах (крылья, стабилизатор, мотоустановки, шасси) всегда меньше поломок, чем при цельковой конструкции. Двигательная установка, имеющая довольно большую массу, и место ее размещения характеризуются достаточно высокой прочностью, но при этом предусматривается возможность ее отделения при грубой посадке или ударе о препятствие (рис. 153). Наиболее важно сде-

лать отделяющимися крылья и хвостовое оперение, так как наиболее частые удары приходятся на эти элементы.

Шасси делают таким, чтобы можно было без переделки исправить его деформацию при грубой посадке. Желательно шасси изготовлять с элементарной амортизацией в виде подпружиненных основных стоек или передней стойки при трехколесной схеме (рис. 154).

Особое значение для данных моделей имеет постоянный контроль установочных углов и перекосов. В результате неравномерной усадки клея и покрытия, а также при ремонте поломок могут возникать некоторые искривления в модели. Смотри на модель спереди или сзади, следует убедиться в отсутствии перекосов на консолях крыльев, стабилизаторе, киле и руле поворота (рис. 155).

Практически правильное поперечное V крыла можно проконтролировать простейшим приспособлением в виде нити, натянутой между концами крыла, и шаблона, изготовленного из картона или фанеры (рис. 156). Для проверки установленного угла стабилизатора относительно крыла изготовляют приспособление, показанное на рис. 157. Положение центра тяжести относительно САХ можно проконтролировать с помощью несложного приспособления, показанного на рис. 158.

На модель в полете влияет ветер, и от его скорости зависит, насколько далеко улетит модель от места старта. А если модель очень легкая, она иногда попадает в восходящие потоки воздуха и

Рис. 152. Схема мотопланера СЗД-45А «Огар»

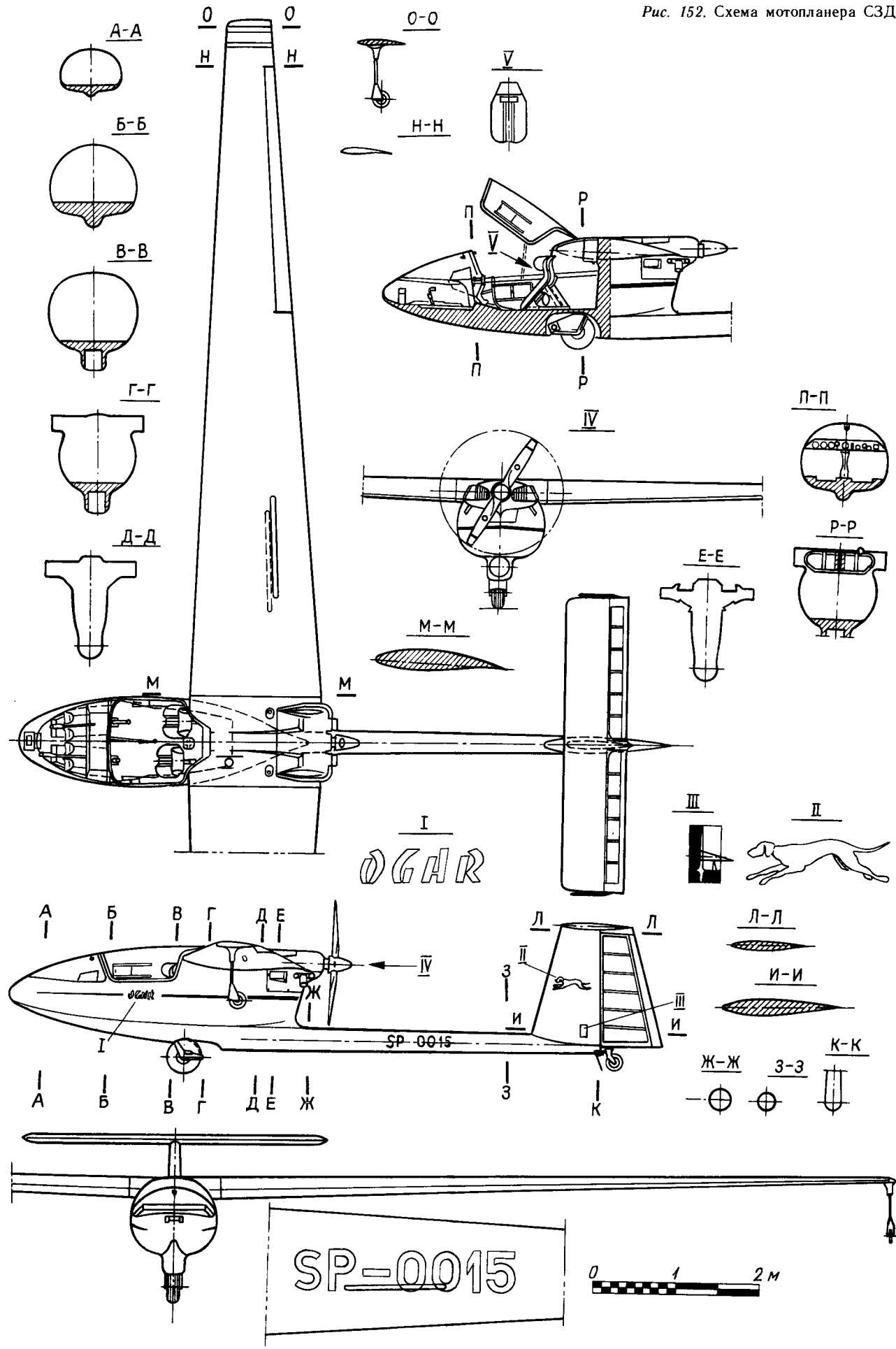


Рис. 153. Отделяющаяся при ударе передняя часть фюзеляжа модели с эластичным креплением

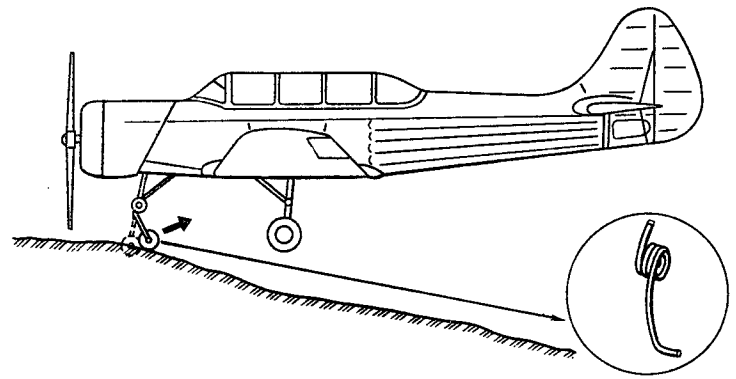
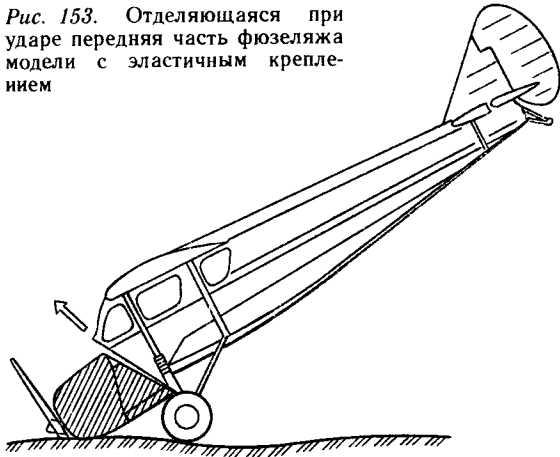


Рис. 154. Эластичная передняя стойка модели

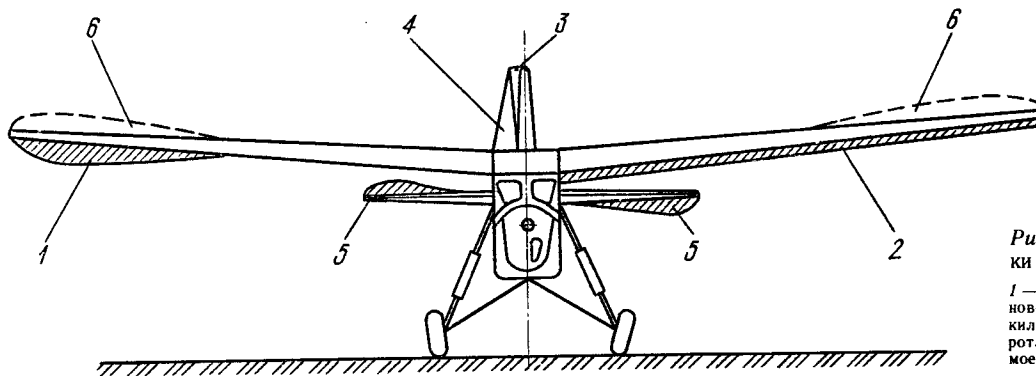


Рис. 155. Ошибки изготовления и сборки модели:

1 — искривление крыла; 2 — неодинаковый установочный угол половинки крыла; 3 — искривлен киль; 4 — неправильно установлен руль поворота; 5 — искривлен стабилизатор; 6 — допустимое небольшое симметричное отклонение

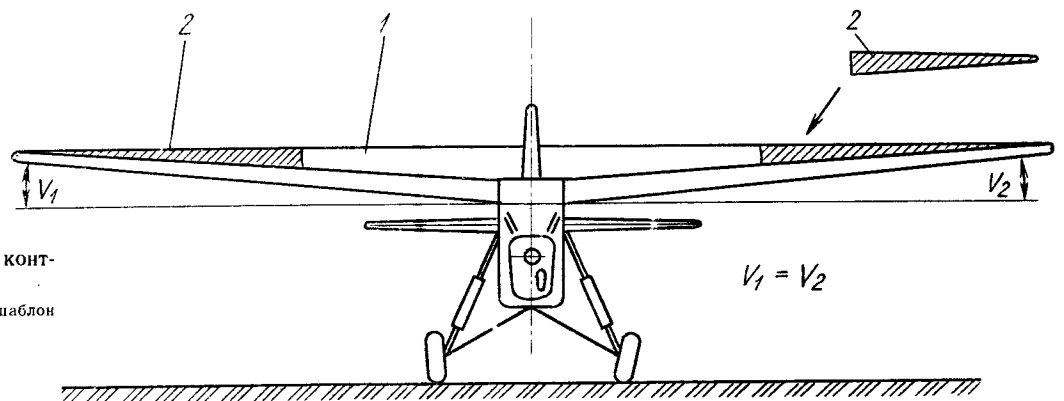


Рис. 156. Практический способ контроля поперечного V крыла:
1 — натянутая нитка; 2 — приложенный шаблон

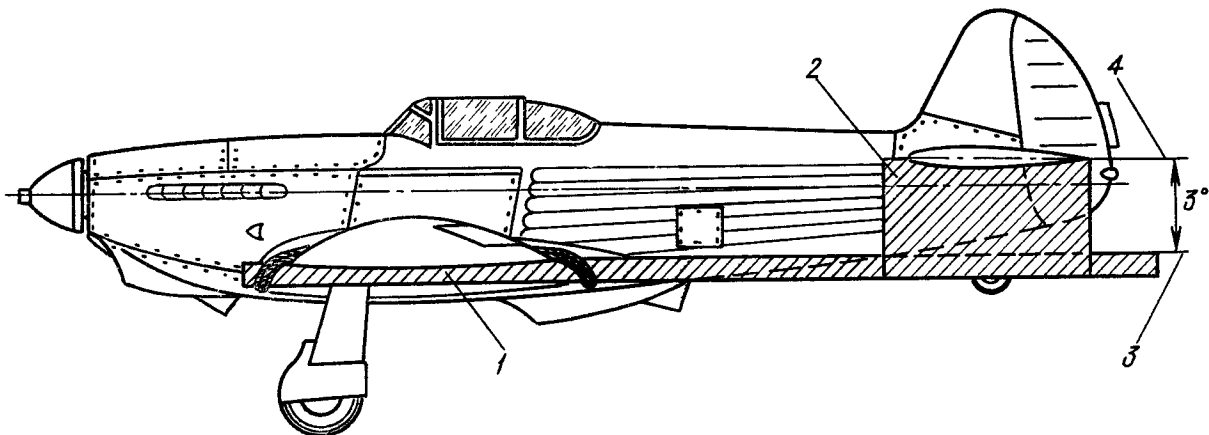
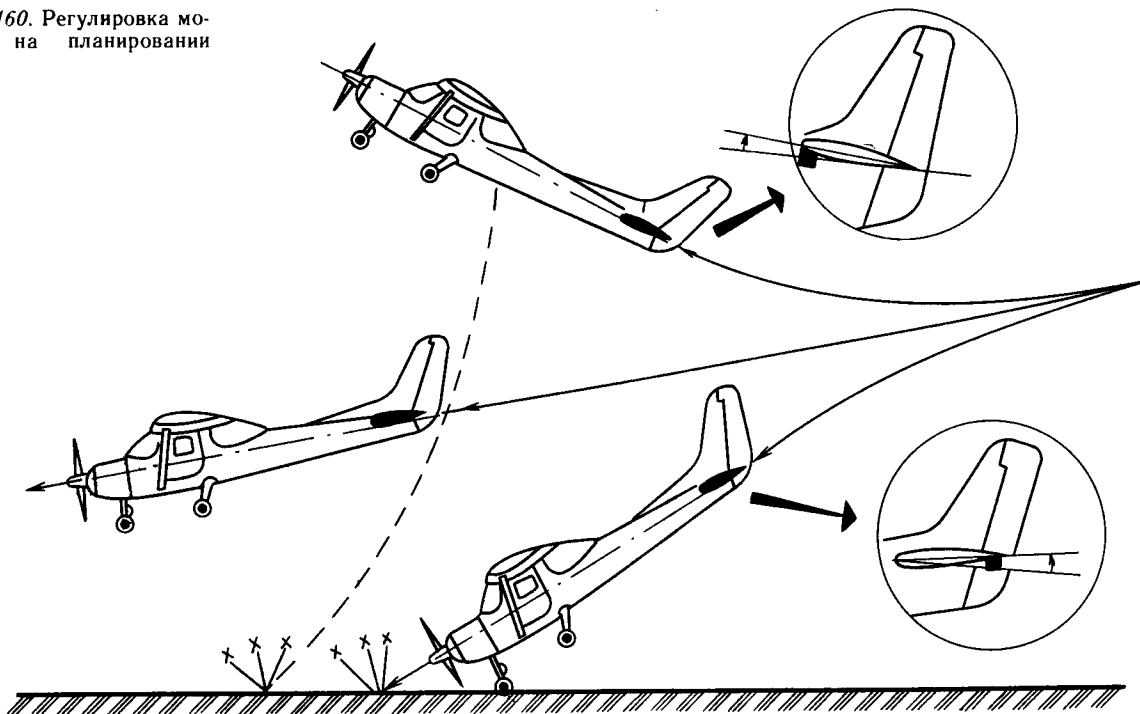


Рис. 157. Способ контроля установки стабилизатора относительно крыла:
1 — деревянная планка; 2 — шаблон из фанеры или картона; 3 — линия хорды крыла; 4 — линия хорды стабилизатора

Рис. 160. Регулировка модели на планировании



Чтобы проверить устойчивость планирования, надо взять модель в правую руку, поднять над головой и с наклоном толкнуть ее вперед. Если, вдобавок, хорошо совпали установочные углы крыла и стабилизатора, то модель должна плавно снижаться, никуда не разворачиваясь (рис. 160). Если же модель после толчка идет вверх, а затем, потеряв скорость, круто снижается, то необходимо увеличить установочный угол стабилизатора. Если наоборот, после толчка модель начинает увеличивать угол снижения, надо уменьшить установочный угол стабилизатора. Только добившись плавного безмоторного снижения модели без кренов и разворотов, можно запустить ее в моторный полет.

В первый моторный полет нельзя запускать модель с полными оборотами двигателя. Регулируют работу двигателя на средних оборотах и описанным выше способом выпускают модель небольшим толчком в воздух, но уже не по траектории снижения, а горизонтально. Модель должна очень мало набирать высоту, или вообще не набирать, а лететь горизонтально или даже с небольшим снижением без разворотов.

Если же модель разворачивается влево при правом вращении воздушного винта, перед следующим запуском смещают ось мотора (ось вращения винта) вправо на $1-2^\circ$. Именно на этом режиме нужно добиться прямолинейного полета. После таких запусков можно отправлять модель в полет на полных оборотах двигателя. Модель должна более энергично набирать высоту.

Если мощность двигателя достаточна для энергичного набора высоты, а модель с очень небольшим углом набирает высоту, перед следующим полетом уменьшают смещение оси двигателя (вращения винта) вниз на $1-2^\circ$. Так, последовательно регулируя, добиваются нужного характера полета модели. Все пробные запуски модели производят с ограниченным количеством топлива (не более 1 мин работы двигателя) или с таймером, выключающим двигатель через 1 мин работы двигателя.

Конечно, если прямолинейность полета достигнута, то при более длительной работе двигателя модель может улететь очень далеко. Поэтому не только ограничивают моторный полет временем работы двигателя, но и регулируют траекторию полета в моторном полете в виде восходящей спирали большого радиуса. Иногда используют для этого реакцию винта, но тогда на траектории безмоторного полета модель может лететь по прямой. Лучше, когда моторный и безмоторный полеты по спирали регулируются с помощью руля поворотов. Только после всех этих регулировок можно приступить к регулировке траектории полета с помощью каких-либо устройств, если таковые на модели имеются.

При компрессионном двигателе вполне достаточно покрытия эмалитом или нитрокрасками. Если же двигатель калильного типа, то есть используется спиртовое топливо, то воздушный винт необходимо покрывать синтетическими или эпоксидными лаками или красками.

В полной мере все вышесказанное можно отнести к моделям с двигателями, работающими на сжатом газе (в основном CO_2) с той лишь разницей, что в этом случае имеют дело с двигателями очень малых объемов и мощностей. По опубликованным чертежам таких моделей можно судить о том, что даже такие миниатюрные двигатели возможно применять на летающих моделях-копиях.

Модели с резиновыми двигателями

Что же привлекает в этих моделях? Во-первых, относительная простота конструкции и, во-вторых, простота и дешевизна двигателя (рис. 161). Схематически принцип конструкции модели показан на рис. 162. Но кажущаяся простота таит в себе ряд особенностей, которые необходимо учитывать при проектировании и изготовлении модели. Ввиду малых оборотов воздушного винта, развиваемых от

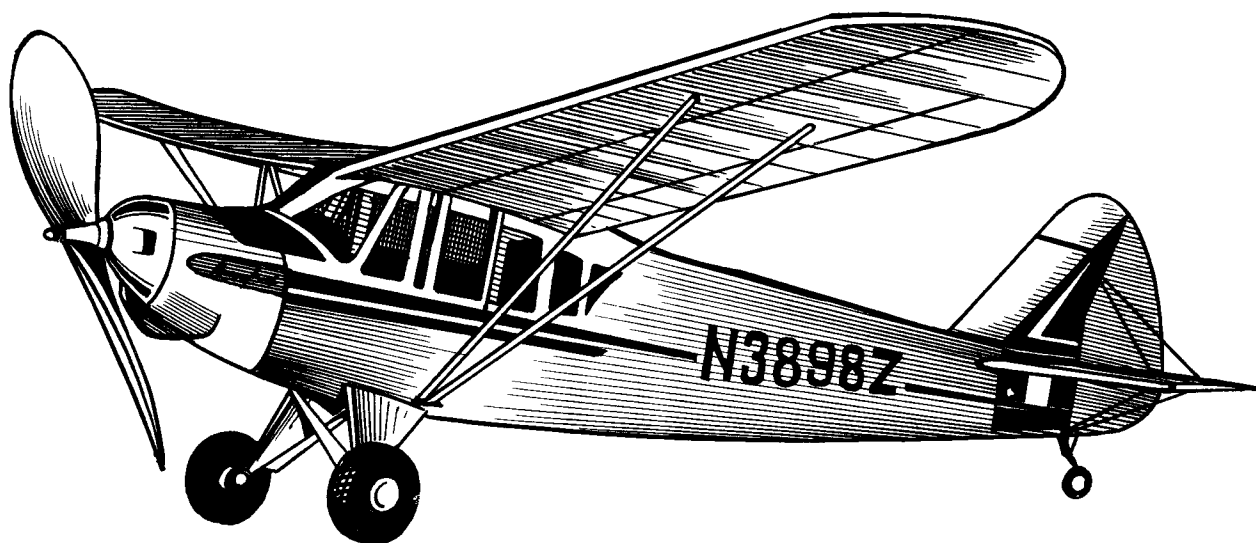


Рис. 161. Резиномоторная модель-копия самолета

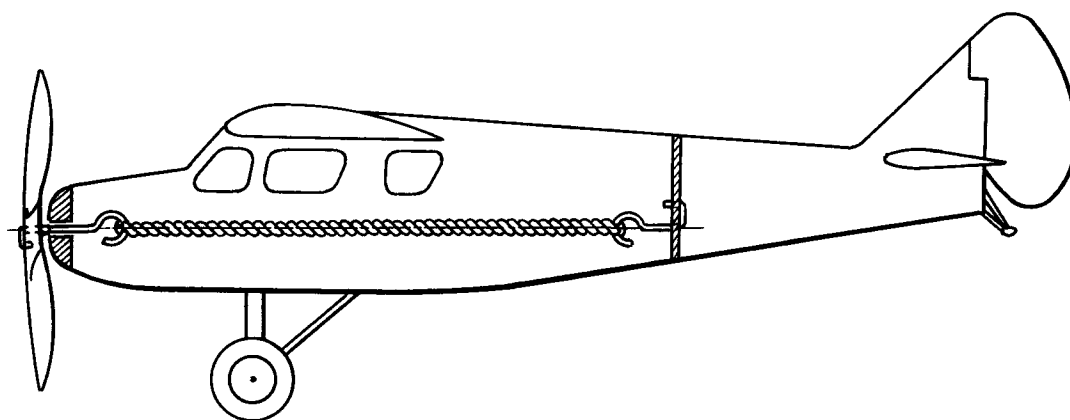


Рис. 162. Схематический разрез резиномоторной модели-копии

действия крутящего момента резины и, как следствие, применения воздушных винтов большого диаметра, как никогда надо учитывать влияние моментов от вращающегося винта на устойчивый полет модели.

Довольно большой скручивающий момент резинового жгута необходимо учитывать и в силовой конструкции модели. Места расположения резинового жгута (чаще всего это фюзеляж) выполняют конструкцию так, чтобы резиновый жгут в закрученном состоянии не коробил конструкцию. В то же время небольшие мощности двигателей предъявляют повышенные требования к весовым характеристикам модели. Из практики постройки моделей-копий с резиновым двигателем сделан вывод, что хорошо летают модели с нагрузкой не более 20 гс/дм^2 . Для взлета модели с земли ввиду большого диаметра воздушного винта придется увеличить высоту шасси (рис. 163). Поэтому не каждый прототип подходит для копирования под резиномоторную модель. Наиболее полно подходят прототипы с верхним расположением крыла, имеющего поперечное V , достаточно высокое шасси и площадь хвостового оперения (рис. 164).

На резиномоторных моделях чаще всего приходится делать отступления от прототипа не только по

установочным углам несущих поверхностей, площадям и поперечному V , но и в конструкции почти всех элементов. Так, силовой набор фюзеляжа необходимо почти во всех случаях усиливать, изменять профили крыла и хвостового оперения, упрощать конструкцию шасси и крепление отдельных элементов модели.

Комплекс винта и резиномотора характеризуется четырьмя основными величинами:

D — диаметр винта (м или мм);

H — шаг винта или относительная поступь (h), характеризующая отношение шага винта к его диаметру;

F — сечение резиномотора (см^2), складывающееся из сечения нитей резины, умноженного на количество этих нитей;

L_q — длина резиномотора (шнура) (рис. 165). Скорость полета и скороподъемность модели зависят при данном резиновом двигателе от диаметра и шага винта, формы и ширины лопастей.

Величина полезной работы, которую может совершить резиновый двигатель, зависит от его массы и удельной энергии резины, которая у отечественных образцов достигает величины $280\text{—}300 \text{ кгм/кг}$. Это значит, что 1 кг предварительно растянутой резины может при сокращении совершить $280\text{—}300 \text{ кгм}$ по-

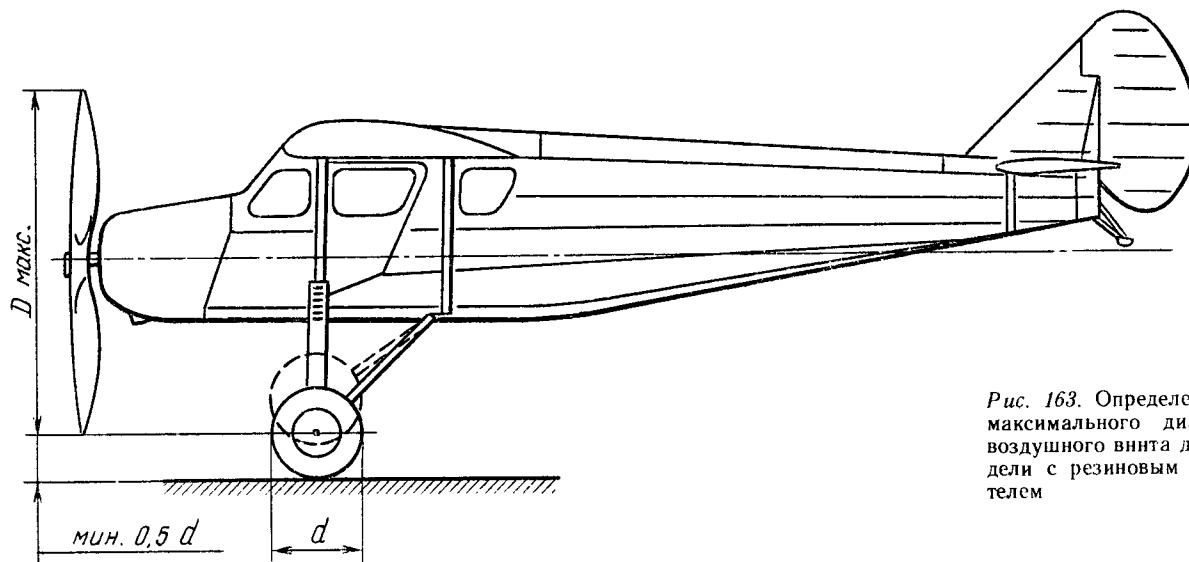


Рис. 163. Определение максимального диаметра воздушного винта для модели с резиновым двигателем

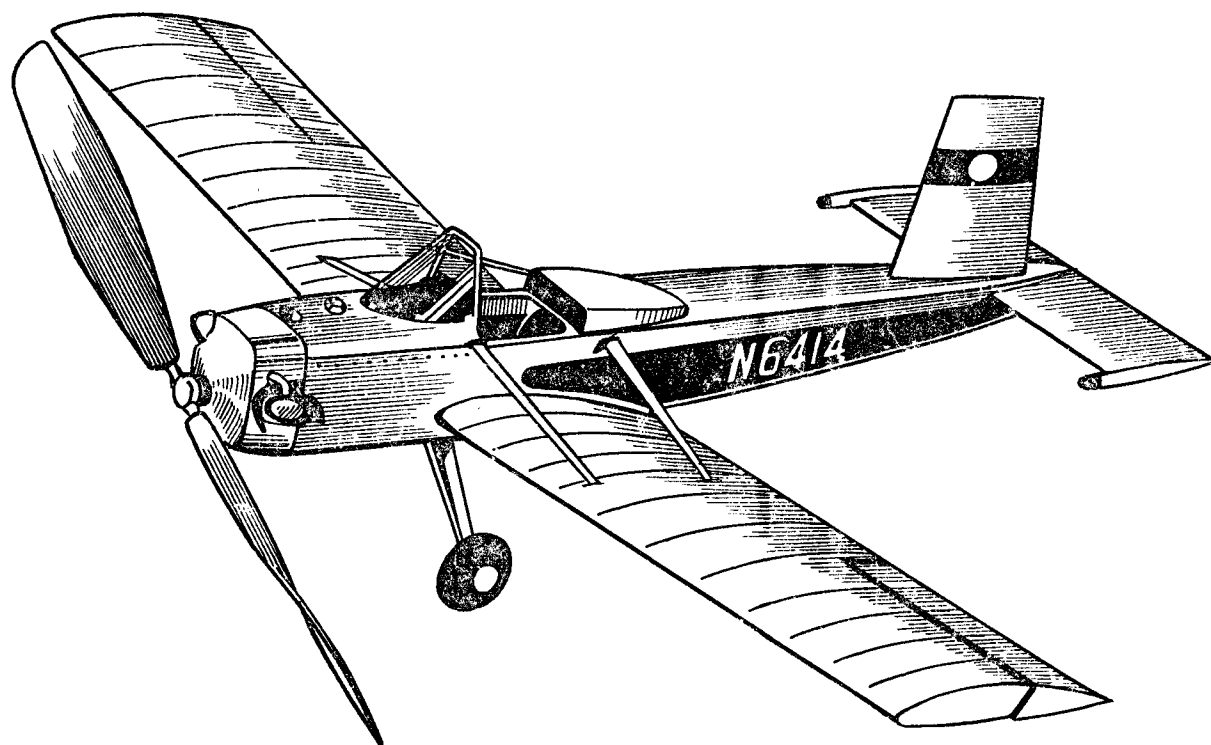


Рис. 164. Резиномоторная модель-копия самолета «Вольксplane»

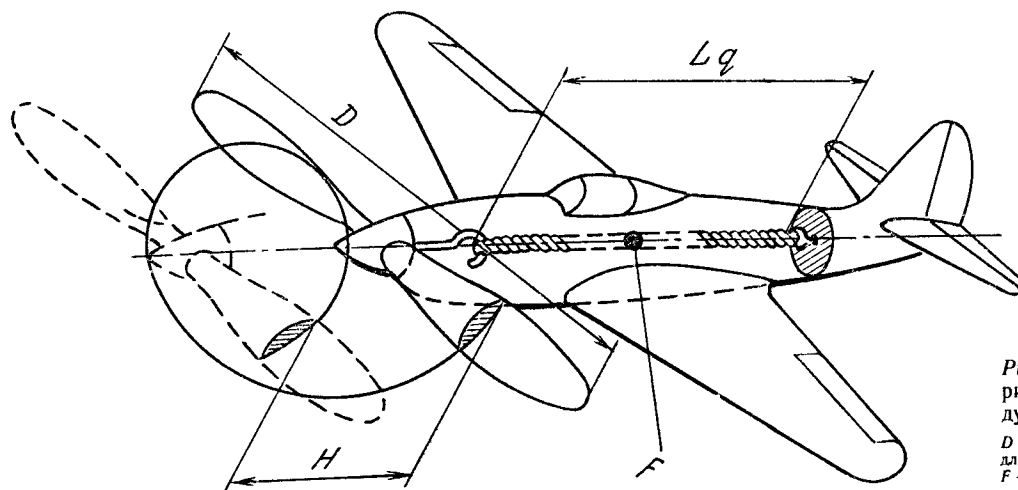


Рис. 165. Основные величины, характеризующие комплекс двигатель — воздушный винт:

D — диаметр воздушного винта; H — шаг винта для элемента лопасти; L_q — длина резиномотора; F — сечение резиномотора (шнура)

лезной работы. Но так как модель движется с помощью воздушного винта, то величина полезной работы резинового двигателя уменьшится на величину потерь на винте. У моделей с резиновым двигателем хорошо подобранный винт имеет коэффициент полезного действия (КПД) в пределах 0,7—0,75. Резиновый двигатель отдает всю накопленную при заводе (то есть растяжении и закручивании) энергию и совершит одну и ту же работу при любом винте. Но если винт будет малого диаметра, то это произойдет относительно быстро, а при винте большого диаметра и шага — медленно, хотя в обоих случаях количество оборотов, совершаемых винтами, будет одно и то же — такое, которое было заложено в резиновый двигатель при его заводе.

При заданной массе резины крутящий момент прямо пропорционален площади поперечного сечения резиномотора. Поэтому появляется возможность варьировать величину крутящего момента, меняя сечение резиномотора за счет его длины, и наоборот. Так, при одной и той же массе резины более короткий и с большим сечением резиномотор будет иметь больший крутящий момент. Однако при уменьшении длины и увеличении сечения резиномотора резко падает величина завода (число оборотов, на которое можно закрутить резиномотор) и ухудшаются условия работы резины.

Поскольку по мере раскрутки резиномотора крутящий момент его снижается, то при подборе винта принимают среднюю его величину. При выбранных сечениях и длине резиномотора его крутящий момент имеет определенную величину, а мощность тем больше, чем больше число оборотов винта в секунду, то есть чем больше частота вращения воздушного винта. Следовательно, один и тот же резиномотор может развивать разную мощность.

При уменьшении диаметра винта и его шага число оборотов винта в секунду будет больше и мощность его возрастает. Однако так как работа, которую может совершить резиномотор, останется без изменения, то время работы сократится во

столько раз, во сколько раз увеличится мощность. С увеличением мощности увеличивается угол набора высоты моделью, так как практически скорость полета данной модели остается одинаковой.

На величину диаметра винта, кроме того, влияют шаг винта и способы сочленения резиномотора из нескольких пучков. При параллельном сочленении пучков увеличивается крутящий момент, а при последовательном — увеличивается завод.

Винт моделей с резиномотором имеет обычно диаметр и шаг больше, чем у поршневых двигателей, так как частота вращения (число оборотов в секунду) у них меньше. Приблизительно можно считать, что диаметр винта резиномоторных моделей составляет 30—50% от размаха крыла.

По нескольким экспериментальным таблицам, предлагаемым польским авиамоделистом Веславом Широм, можно довольно точно подобрать некоторые данные для проектирования модели-копии с резиновым двигателем. В его таблицах приведены средние данные, относящиеся также к средним величинам площади крыла и размерам модели. Эти величины приведены к устойчивому полету модели с набором высоты примерно под углом 10° и нагрузкой на крыло модели (с заправленным резиновым двигателем) не более 25 гс/дм².

По табл. 8 подбирают диаметр воздушного винта и обороты в зависимости от размеров модели, по табл. 9 — сечение резиномотора в зависимости от выбранного диаметра винта и оборотов, по табл. 10 — шаг винта в зависимости от диаметра и оборотов.

Допустим, что модель при размахе крыла 1060 мм имеет площадь крыла 16 дм². По чертежу модели определим, что можно использовать без серьезных отступлений от прототипа воздушный винт максимального диаметра, который равен 260 мм. Имея эти данные, в табл. 8 находим необходимую частоту вращения (39,2 с⁻¹). По табл. 9, зная диаметр винта и обороты, находим необходимое сечение шнура резиномотора (0,51 см²). Это се-

Таблица 8

Подбор диаметра и оборотов винта в зависимости от размеров модели

Диаметр винта, мм	Площадь крыла, дм ²							
	8	10	12	14	16	20	25	30
	Размах крыла, мм							
	750	840	920	990	1060	1180	1300	1450
Частота вращения винта, с ⁻¹								
200	46,7	52,4	—	—	—	—	—	—
220	39,0	43,5	—	—	—	—	—	—
240	32,5	36,6	47,7	51,5	—	—	—	—
260	27,6	31,0	40,0	43,0	46,0	51,5	—	—
280	—	26,7	34,0	36,6	39,2	44,2	49,0	—
300	—	—	29,2	31,5	33,8	38,4	42,2	—
320	—	—	25,4	27,5	29,4	32,8	36,7	40,2
340	—	—	—	24,1	25,8	28,8	32,5	35,3
360	—	—	—	—	22,8	25,5	28,4	31,2
380	—	—	—	—	—	22,8	25,5	27,8
400	—	—	—	—	—	20,6	22,9	25,0
420	—	—	—	—	—	—	20,6	22,6
440	—	—	—	—	—	—	18,8	20,3
460	—	—	—	—	—	—	—	18,7
								18,8

Диаметр винта, мм	Сечение шнура (см ²) в зависимости от частоты вращения винта, с ⁻¹											
	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,27	0,29
220	—	—	—	—	—	—	—	—	0,30	0,32	0,35	0,37
240	—	—	—	—	—	—	—	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48
260	—	—	—	—	—	—	0,42	0,44	0,48	0,51	0,55	0,59
280	—	—	—	—	—	0,49	0,51	0,53	0,57	0,62	0,66	0,72
300	—	—	—	—	0,55	0,58	0,61	0,64	0,69	0,74	0,80	—
320	—	—	—	0,62	0,66	0,69	0,73	0,76	0,82	0,88	—	—
340	—	—	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86	0,89	0,95	—	—	—
360	—	—	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00	—	—	—	—	—
380	—	0,87	0,95	0,99	1,05	1,10	—	—	—	—	—	—
400	—	1,00	1,07	1,13	1,20	—	—	—	—	—	—	—
420	—	1,14	1,22	1,29	—	—	—	—	—	—	—	—
440	1,2	1,30	1,38	—	—	—	—	—	—	—	—	—
460	1,35	1,45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 10

Подбор шага винта для моделей с резиномотором

Диаметр винта, мм	Относительный шаг винта в зависимости от частоты вращения, с ⁻¹											
	18	20	22	24	26	28	30	32	36	40	45	50
200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,02	0,95
220	—	—	—	—	—	—	—	—	1,13	1,03	0,95	0,87
240	—	—	—	—	—	—	—	1,17	1,05	0,97	0,89	0,82
260	—	—	—	—	—	—	1,14	1,09	0,99	0,92	0,83	0,77
280	—	—	—	—	—	1,14	1,07	1,02	0,94	0,86	0,76	0,74
300	—	—	—	—	1,14	1,07	1,02	0,97	0,89	0,82	0,75	—
320	—	—	—	1,16	1,08	1,02	0,97	0,93	0,84	0,79	—	—
340	—	—	1,18	1,11	1,04	0,98	0,93	0,88	0,80	—	—	—
360	—	—	1,13	1,06	0,99	0,94	0,88	—	—	—	—	—
380	—	1,17	1,09	1,01	0,95	0,90	—	—	—	—	—	—
400	—	1,12	1,03	0,97	0,91	—	—	—	—	—	—	—
420	—	1,08	1,00	0,88	—	—	—	—	—	—	—	—
440	1,13	1,03	0,96	—	—	—	—	—	—	—	—	—
460	1,10	1,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

чение будет средним для данной частоты вращения. Но в полете обороты, а значит, и частота вращения будут неравномерными. В начале полета они будут больше, а по мере раскрутки резиномотора уменьшатся. Для определения относительного шага винта (h) воспользуемся табл. 10: он будет равен 0,92. При диаметре винта 260 мм и частоте вращения 40 с⁻¹ винт должен иметь относительный шаг: $260 \times 0,92 = 240$ мм.

Все эти таблицы приведены к двухлопастному воздушному винту. Если же решено сделать многолопастный винт или же на прототипе был многолопастный винт, а мы собираемся применить двухлопастный, то можно воспользоваться табл. 11.

Таблица 11

Замена винта многолопастного на двухлопастный

Количество лопастей винта у прототипа	2	3	4	5	6
Увеличение диаметра винта для двухло- пастного	1	1,08	1,12	1,18	1,21

Допустим, что мы решили применить трехлопастный воздушный винт. Сначала определим все элементы вышеизложенным порядком для двухлопастного винта. По табл. 11 против графы трехлопастного винта находим относительный коэффициент (1,08). Таким образом, трехлопастный винт будет идентичен двухлопастному с диаметром $260 \times 1,08 = 280$ мм. Для этого диаметра, площади крыла 16 дм² и размаха 1060 мм по табл. 8 находим необходимую частоту вращения (33,8 с⁻¹), а по табл. 9 — сечение резиномотора (0,54 см²), которое находится между значениями частоты вращения 32 и 36.

Далее определяем относительный шаг трехлопастного винта. По табл. 10 находим относительный шаг по диаметру двухлопастного винта (260 мм) и по значению частоты вращения для трехлопастного винта (33,8 с⁻¹), который будет средним (1,04) между значениями 1,09 и 0,99, найденными между частотами вращения 32 и 36 с⁻¹. Отсюда шаг трехлопастного винта будет идентичен шагу двухлопастного $260 \times 1,04 = 270$ мм. Таким образом, идентичными будут трехлопастный воздушный винт диаметром 260 мм, шагом 240 мм, при частоте вращения 39,2 с⁻¹ и сечении резиномотора 0,51 см² и двухлопастный диаметром 280 мм, шагом 270 мм, при

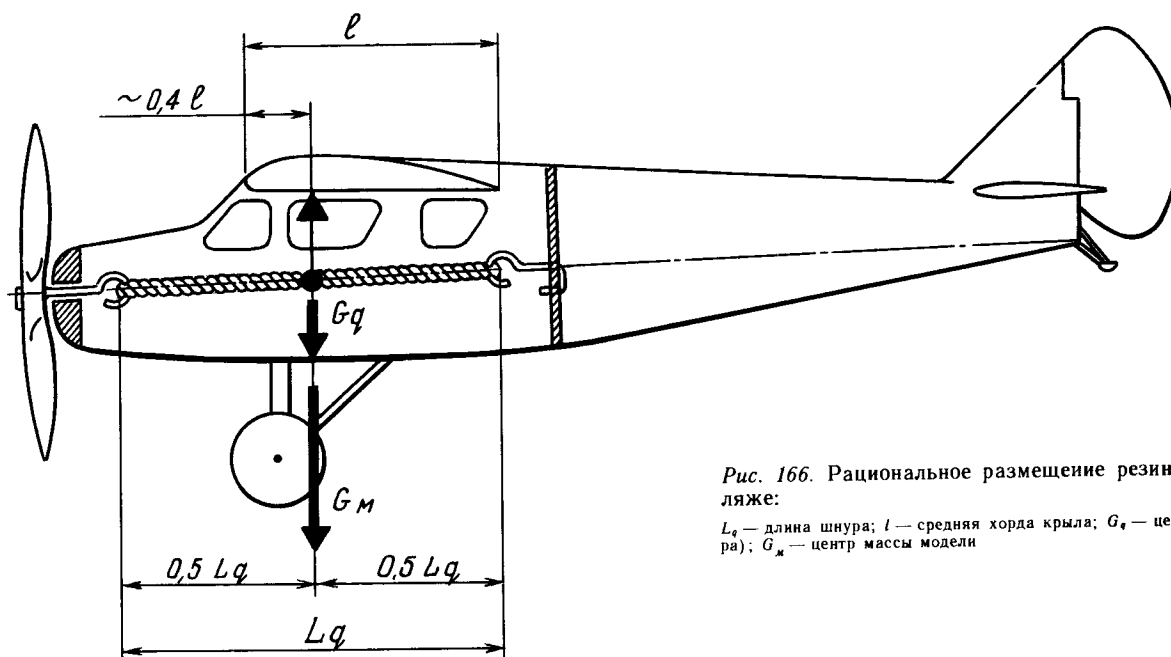


Рис. 166. Рациональное размещение резинового шнура в фюзеляже:

L_q — длина шнура; l — средняя хорда крыла; G_q — центр массы двигателя (шнура); G_m — центр массы модели

частоте вращения $33,8 \text{ с}^{-1}$ и сечении резиномотора $0,54 \text{ см}^2$.

Как вывод, можно сказать, что увеличение количества лопастей воздушного винта резиномоторного двигателя ведет к уменьшению его диаметра, увеличению потребной частоты вращения и уменьшению сечения резиномотора.

Говоря о полете модели, необходимо напомнить, что его продолжительность зависит от аэродинамических данных модели, а при наличии резиномотора — от отношения массы резины к общей массе модели. Отсюда можно сделать вывод, что чем больше это отношение (относительная масса), тем продолжительнее будет крутиться винт и про-

должительнее будет моторный полет модели. Это положение хорошо иллюстрирует табл. 12.

Но так как конструкция и размеры фюзеляжа и модели не позволяют бесконечно увеличивать массу резиномотора, то практически относительная масса резиномотора не может быть более 0,5. Резиномотор большой массы значительно влияет на центровку модели и его рациональная масса зависит от возможности его размещения. Примером рационального размещения резиномотора может служить схема модели на рис. 166.

Определение массы шнура резиномотора в зависимости от его длины и сечения показано в табл. 13.

Таблица 12

Время и дальность полета резиномоторной модели

Отношение массы резиномотора к массе модели	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
Среднее время моторного полета, с	10	15	20	25	30	35	40	50	62	75	100	125
Дальность моторного полета (без ветра), м	60	90	120	150	180	210	240	300	370	450	600	750

Таблица 13

Определение массы резинового шнура

Сечение шнура, см^2	Масса шнура (г) в зависимости от длины резинового шнура, мм											
	260	280	300	320	350	400	450	500	600	700	800	1000
0,30	6,9	7,4	7,9	8,5	9,2	10,5	11,9	13,2	15,8	18,5	21,1	26,4
0,35	8,0	8,5	9,2	9,9	10,8	12,3	13,9	15,4	18,5	21,5	24,6	30,8
0,40	9,2	9,9	10,6	11,3	12,4	14,1	15,9	17,7	21,6	24,7	28,2	35,2
0,45	10,4	11,2	12,0	12,8	14,0	16,0	18,0	20,0	24,0	28,0	32,0	40,0
0,50	11,5	12,3	13,2	14,1	15,5	17,6	19,8	22,0	26,4	30,8	35,2	44,0
0,60	13,8	14,8	15,9	17,0	18,5	21,0	24,8	26,2	31,7	37,0	42,0	53,0
0,70	—	17,3	18,5	19,7	21,6	24,7	27,8	30,8	37,0	43,0	49,0	62,0
0,80	—	—	21,0	22,5	25,0	28,0	32,0	35,0	42,0	49,0	56,0	70,0
0,90	—	—	—	25,0	28,0	32,0	36,0	40,0	48,0	56,0	63,0	79,0
1,00	—	—	—	—	31,0	35,0	40,0	44,0	53,0	61,0	70,0	88,0
1,10	—	—	—	—	—	39,0	43,0	48,0	58,0	68,0	77,0	97,0
1,20	—	—	—	—	—	—	48,0	53,0	63,0	74,0	84,0	105,0
1,30	—	—	—	—	—	—	—	57,0	69,0	80,0	91,0	114,0
1,40	—	—	—	—	—	—	—	—	74,0	86,0	98,0	123,0

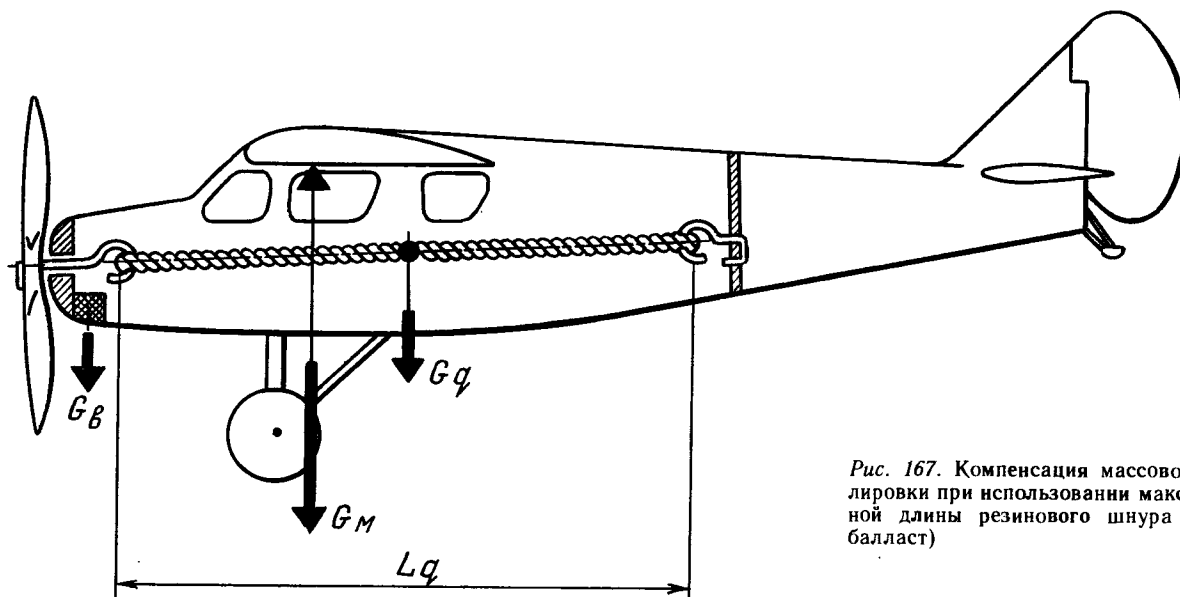


Рис. 167. Компенсация массовой регулировки при использовании максимальной длины резинового шнура (G_b — балласт)

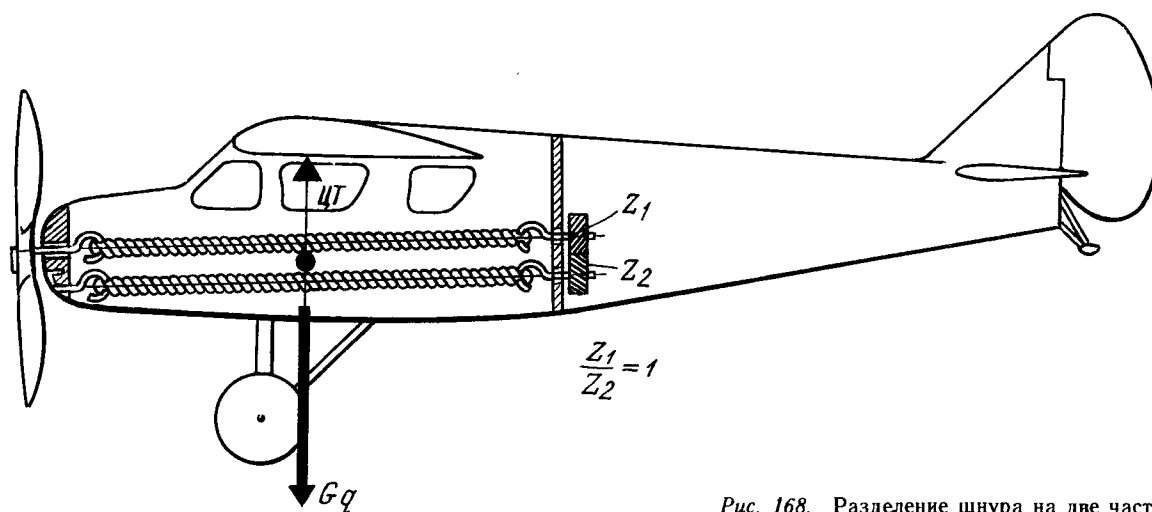


Рис. 168. Разделение шнура на две части с задней шестеренчатой передачей

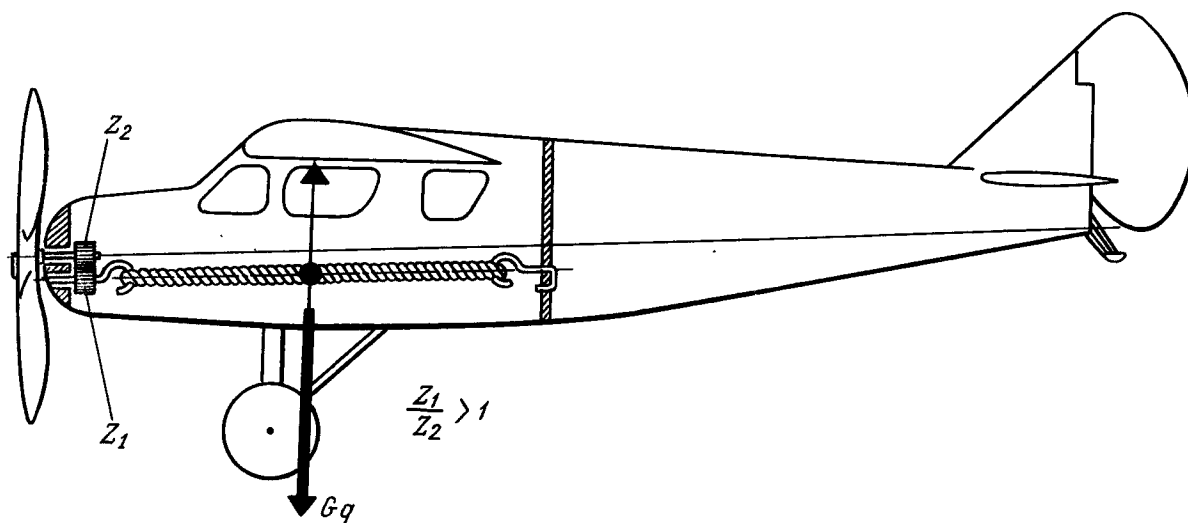


Рис. 169. Изменение оборотов воздушного винта

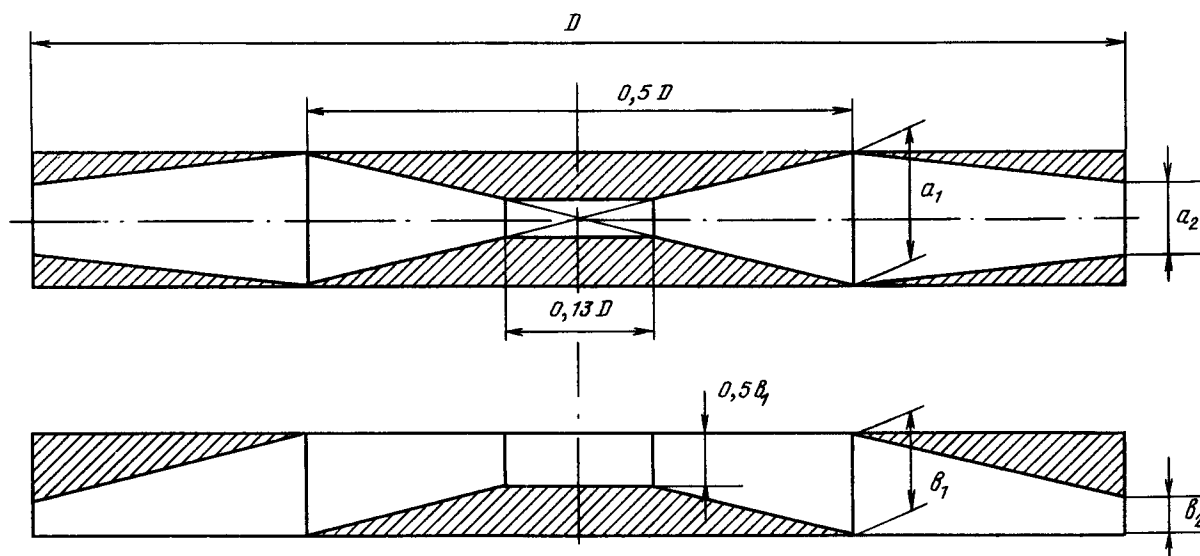


Рис. 170. Основные величины частей воздушного винта:

D — диаметр винта; a_1 — максимальная ширина лопасти; a_2 — ширина конца лопасти; b_1 — максимальная высота лопасти; b_2 — высота концевой части

Из всех этих таблиц можно сделать вывод, что продолжительность полета на резиновом двигателе ограничена и возможность увеличить продолжительность полета не безгранична, а зависит от многих величин. Если моделист все же увеличивает длину резиномотора (рис. 167), то он вынужден загружать нос модели для сохранения центровки, а это бесполезный балласт, увеличивающий общую массу модели.

Для увеличения продолжительности раскручивания резиномотора, а значит, и продолжительности полета, применяют различные устройства и передачи, например, разделение резиномотора на две равные части и соединение через шестеренки (рис. 168). Это позволило в два раза увеличить длину и массу резиномотора при рациональном его размещении. Другое решение заключается в увеличении массы резиномотора и увеличении через шестеренки частоты вращения (рис. 169). В этом случае надо пересчитать воздушный винт.

Табл. 14 показывает зависимость сечения шнура от степени передачи.

Таблица 14

Зависимость сечения шнура от степени передачи

Степень передачи $Z_1:Z_2$	Сечение шнура (см ²) в зависимости от количества шнуров		
	один шнур	два шнура*	три шнура**
1:1	1	1,3	1,5
1,2:1	1,15	1,5	1,75
1,4:1	1,3	1,7	1,95
1,7:1	1,45	1,9	2,2
2:1	1,6	2,1	2,4
2,5:1	1,9	2,5	2,85
3:1	2,2	2,9	3,3

* Сумма сечений двух шнуров.

** Сумма сечений трех шнуров.

Винты резиномоторных моделей изготавливают из легких пород дерева (бальза, липа). На рис. 170 показан типовой винт модели в двух проекциях с обозначением размерностей. Эти размерности относительно диаметра винта и поступи можно определить по табл. 15.

Таблица 15

Размеры элементов лопасти винта для резиномотора

Относительные размеры элементов	Относительный шаг винта (h)									
	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20
Максимальная ширина/диаметр (a_1/D)	0,120									
Максимальная высота/диаметр (b_1/D)	0,058	0,061	0,065	0,070	0,073	0,077	0,080	0,084	0,089	0,093
Ширина конца лопасти/диаметр (a_2/D)	0,080									
Высота конца лопасти/диаметр (b_2/D)	0,019	0,021	0,022	0,023	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,031

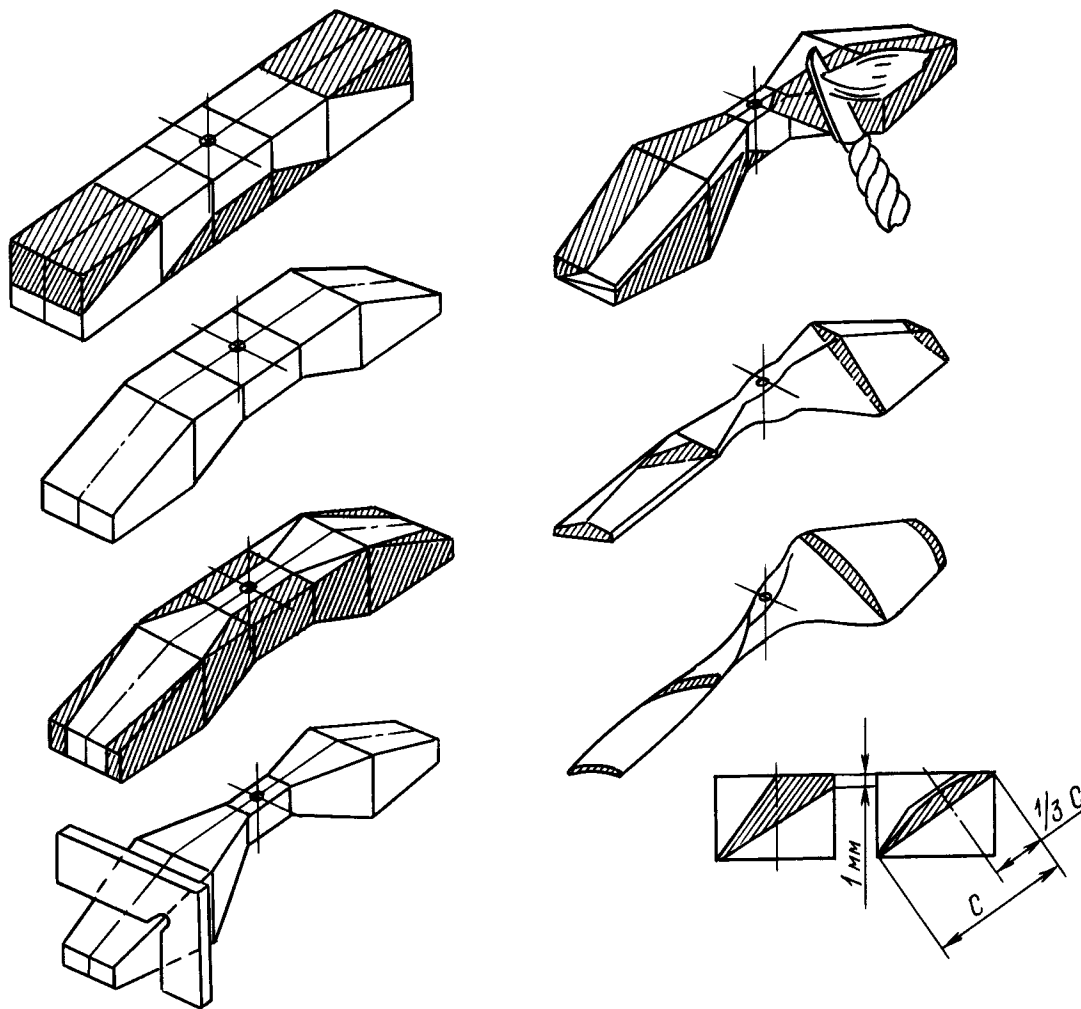


Рис. 171. Последовательность изготовления воздушного винта резиномоторной модели

Находим по табл. 8 необходимый для модели: диаметр винта (D), а по табл. 10 необходимый относительный шаг (h), а затем, пользуясь табл. 15, определяем линейные размеры элементов лопасти винта.

Допустим, диаметр винта $D=260$ мм, а относительный шаг $h=0,9$. Найдя в графе относительного шага нужную цифру, определяем:

$$a_1 = 0,120 \times D = 0,120 \times 260 = 31 \text{ мм};$$

$$v_1 = 0,070 \times D = 0,070 \times 260 = 18 \text{ мм};$$

$$a_2 = 0,080 \times D = 0,080 \times 260 = 21 \text{ мм};$$

$$v_2 = 0,023 \times D = 0,023 \times 260 = 6 \text{ мм}.$$

Пользуясь этими размерами, вычерчиваем шаблон лопасти винта (в плане и вид сбоку). Последовательность изготовления винта такая же, как и для двигателей других моделей, с той лишь разницей, что диаметр и размеры элементов лопасти гораздо больше, а профиль элементов лопасти чаще всего вогнуто-выпуклый.

На рис. 171 показана последовательность изготовления типового винта под резиновый двигатель. Часто винты делают не из целого куска древесины (все же отходы дефицитной древесины велики), а изготавливают лопасти отдельно, соединяя их на комлевой части, вырезанной из более прочной древесины.

Существует способ изготовления лопасти винта с помощью бутылки (рис. 172), который дает возможность сэкономить дефицитный материал (бальзу) и сделать воздушный винт, не уступающий по своим качествам изготовленному из целого бруска.

Из плотной бумаги или картона вырезают шаблон развертки лопасти, а затем из бальзовой пластины по шаблону — лопасти. Слои бальзы должны располагаться вдоль лопасти. Для винтов диаметром до 200 мм толщина пластины должна быть 1 мм, а для больших диаметров винтов — 3—4 мм. Заготовки лопастей стачивают к концам до толщины 0,5 мм.

Для винтов диаметром до 200 мм используют бутылку емкостью 0,5 л, для больших диаметров — емкостью 1 л. Ее оклеивают плотной бумагой, по которой проводят линию под углом 10—20°. Чем больше этот угол, тем большая будет закрутка лопасти и больший средний шаг лопасти. Поверхность бумаги два-три раза покрывают жидким эмалитом.

Заготовки лопастей размачивают в теплой воде в течение 10—15 мин, а затем комлевой частью заготовку прижимают к основанию бумажного цилиндра и, совместив осевую линию на заготовке лопасти с линией на цилиндре, слегка притягивают его ленточной резиной к бутылке. Таким образом, на одной бутылке можно укрепить три-четыре ло-

Рис. 172. Изготовление воздушного винта с помощью бутылки:

1 — шаблон; 2 — расположение лопастей на листе бальзы; 3 — оклеенная бумажной частью бутылки; 4 — лопасть винта; 5 — комлевая часть винта

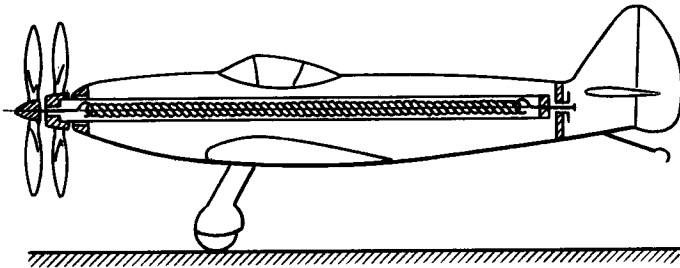
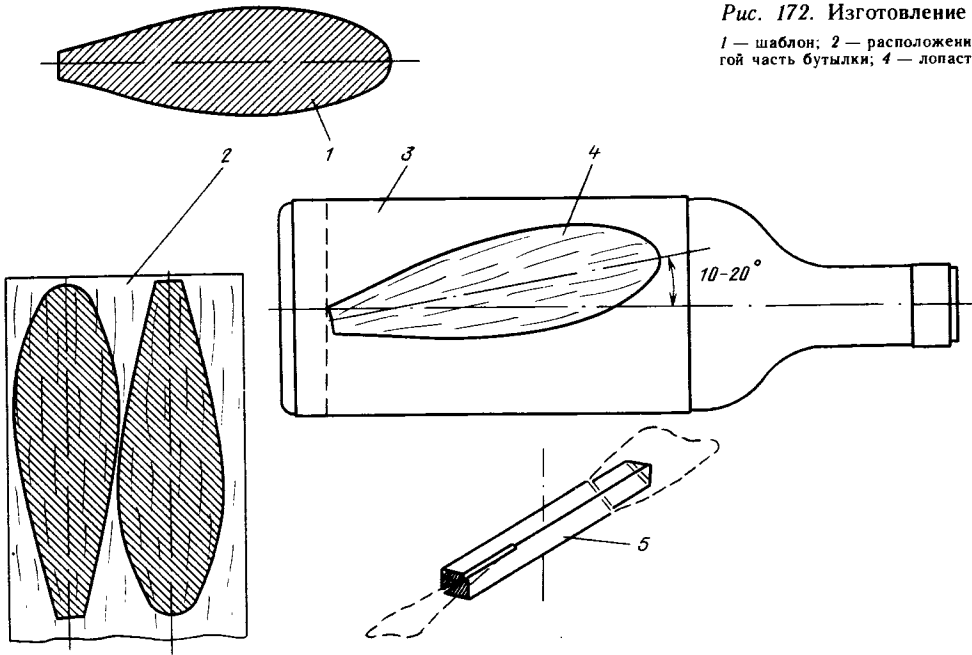


Рис. 173. Схема с соосными винтами противоположного вращения

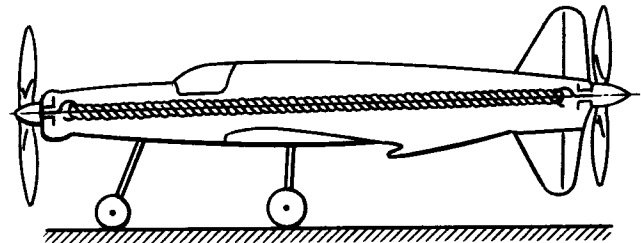


Рис. 174. Схема безмоментного расположения двух воздушных винтов на концах резинового двигателя

пасти. Затем, поправив положение лопастей, если они сдвинулись, плотно притягивают ленточной резиной с небольшим шагом всю лопасть. Дав в течение 5—6 дней заготовке лопасти просохнуть, ее снимают с бутылки и придают нужный профиль. Лопасть покрывают двумя-тремя слоями жидкого эмалита, обрабатывая шкуркой после высыхания каждого слоя. Комлевую часть вырезают из бруска липы квадратного сечения, просверливают отверстие под ось винта, а вдоль по углам бруска пропиливают пазы на глубину 1—2 см, ширина которых равна толщине комлевой части лопасти. Лопасти вклеивают в эти пазы так, чтобы продольные оси лопастей совпадали между собой.

Сделав плавный переход от комлевой части к лопасти, весь винт оклеивают тонкой микалентной бумагой с последующим покрытием двумя-тремя слоями эмалита и шлифовкой мелкой шкуркой. Но прежде чем оклеивать весь винт бумагой, производят его предварительную балансировку, а после оклейки и покрытия эмалитом — окончательную дополнительную нанесением эмалита на более легкую лопасть. Бумагу можно подобрать под цвет винта прототипа.

Устранение моментов от скрученного резиномо-

тора и вращающегося винта при запуске модели в полет является делом непростым и не очень приятным. Желая избежать предстоящих осложнений, моделисты иногда выбирают прототипы с двумя винтами, вращающимися в разные стороны, — соосную (рис. 173) или тандемную (рис. 174) схемы. При таких схемах моменты от двух вращающихся в противоположные стороны винтов взаимно уравновешиваются. Трудность при использовании этих схем состоит в особой точности изготовления воздушных винтов, которые должны быть не только абсолютно одинаковыми в геометрическом и весовом отношении, но и в аэродинамическом действии создавать одинаковые моменты.

Более сложны устройства (комплекс воздушный винт и резиномотор) у многомоторных моделей. Для них особое значение приобретает синхронизация оборотов воздушных винтов. Если воздушные винты, к примеру, на двухмоторной модели с поперечным расположением силовых установок будут создавать разные моменты, то модель в полете будет разворачиваться в сторону винта с меньшими моментами, а при остановке одного из винтов может перевернуться.

Наипростейший комплекс (воздушный винт-резиномотор) показан на рис. 175. Для заправки резинового шнура в фюзеляж, вытягивания на большую длину при закрутке, а также смещения оси винта носовая часть модели вместе с винтом делается съемной.

Ось воздушного винта должна свободно и легко вращаться во втулке носка. Закрученный резиномотор с большим усилием прижимает винт к носку. Для того чтобы воздушный винт вращался без больших потерь на трение о носок и во втулке оси, между носком и винтом ставят скользящие подшипники из материала, имеющего очень малое сопротивление трению, или ставят упорные шариковые подшипники (рис. 176).

Если на прототипе комлевая часть винта закрывалась коком, то его тоже изготавливают из легкого материала (рис. 177). Ось винта изгибают так, чтобы продолжение оси на петле проходило через ее середину. Если резиномотор раскрутится полностью, то он будет провисать, а это повлияет на изменение центровки при различных траекториях полета. Чтобы этого не произошло, крючок, на котором надет резиномотор, отгибают так, как показано на рис. 177. Выйдя из зацепления с винтом под воздействием пружины, ось перестает вращаться, зацепившись отогнутым концом крючка за штырек.

После раскручивания резиномотора модель продолжает полет в планирующем режиме. Но остановившийся винт создает довольно большое сопротивление, уменьшая время планирования и увеличивая крутизну глиссады снижения. Для уменьшения сопротивления винта делают устройства, расцепляющие его с резиномотором. Спиральная пружина, поставленная впереди винта между коленом зацепления и винтом, смещает ось винта вперед после ослабления натяжения раскрученного резиномотора и выводит ось из зацепления с винтом. Вращаясь от встречного потока, винт создает меньшее сопротивление, к тому же зрительно создает эффект работающего мотора. Реже делают складывающиеся винты по тому же типу, как у резиномоторных моделей произвольного или чемпионатного класса.

В задней части крепления резиномотора предусматривается открывающийся лючок или вынимаемый штырек (рис. 178). Резиномотор заправляют в фюзеляж специальным приспособлением, изготовленным для данной модели.

Применяя различные редукторы, надо помнить, что на них теряется часть крутящего момента резинового двигателя, да и масса модели увеличивается. Поэтому вращающиеся и трущиеся части редуктора необходимо ставить на подшипники, уменьшающие трение, а шестеренки выполнять легкими из материалов, имеющих малый коэффициент трения (пластмассы типа «капролактан» или подобных).

Использование схемы с шестеренками, имеющими одинаковое количество зубьев (рис. 179), дает возможность увеличить как сечение шнура, так и его длину, в результате чего увеличится количество витков закручивания и продолжительность моторного полета.

Применяется и другая схема — с двумя шестеренками, где шестеренка на оси воздушного винта имеет меньше зубьев, чем шестеренка на оси резинового двигателя (рис. 180). При использовании

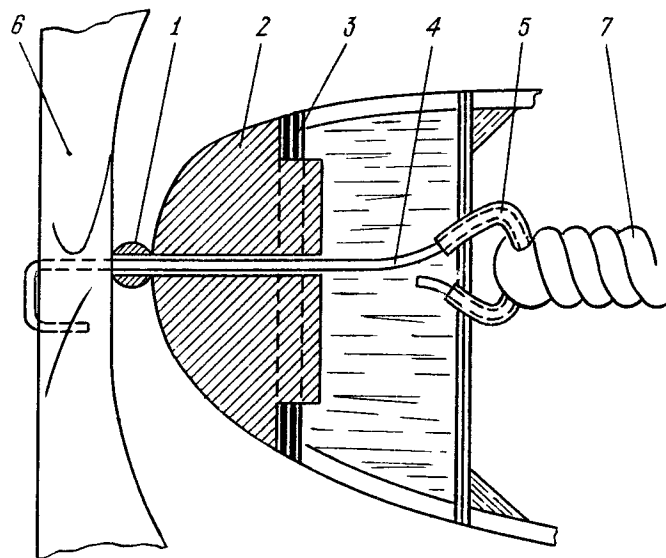


Рис. 175. Простейшее крепление съемной носовой бобышки с воздушным винтом на фюзеляже модели:

1 — упорная шайба; 2 — съемный носок; 3 — первый шпангоут фюзеляжа; 4 — ось воздушного винта; 5 — кембрик на крючке оси; 6 — воздушный винт; 7 — резиномотор

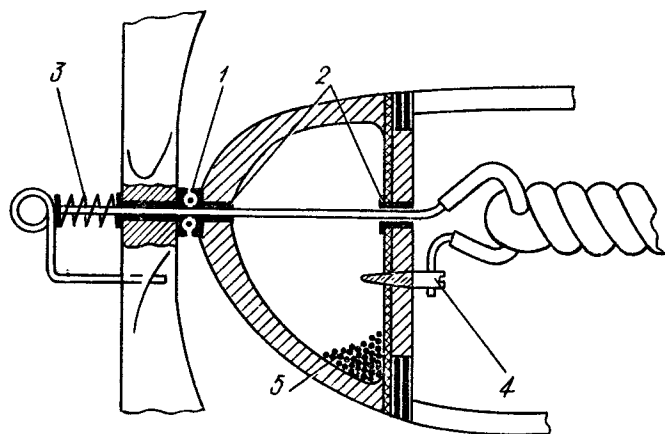
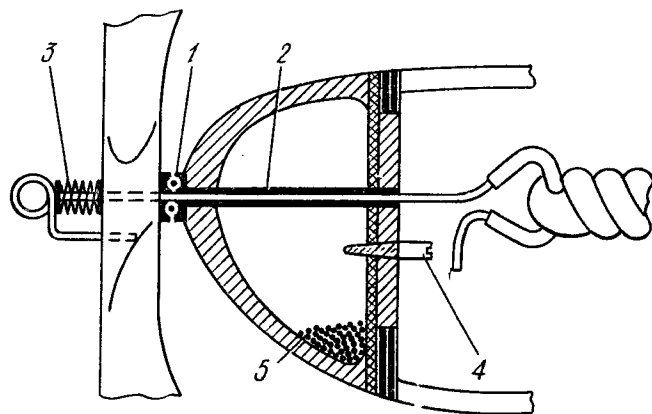


Рис. 176. Вариант комплекса воздушный винт-резиномотор:

1 — упорный шариковый подшипник; 2 — латунная втулка; 3 — пружина; 4 — стопорный штырек; 5 — балласт

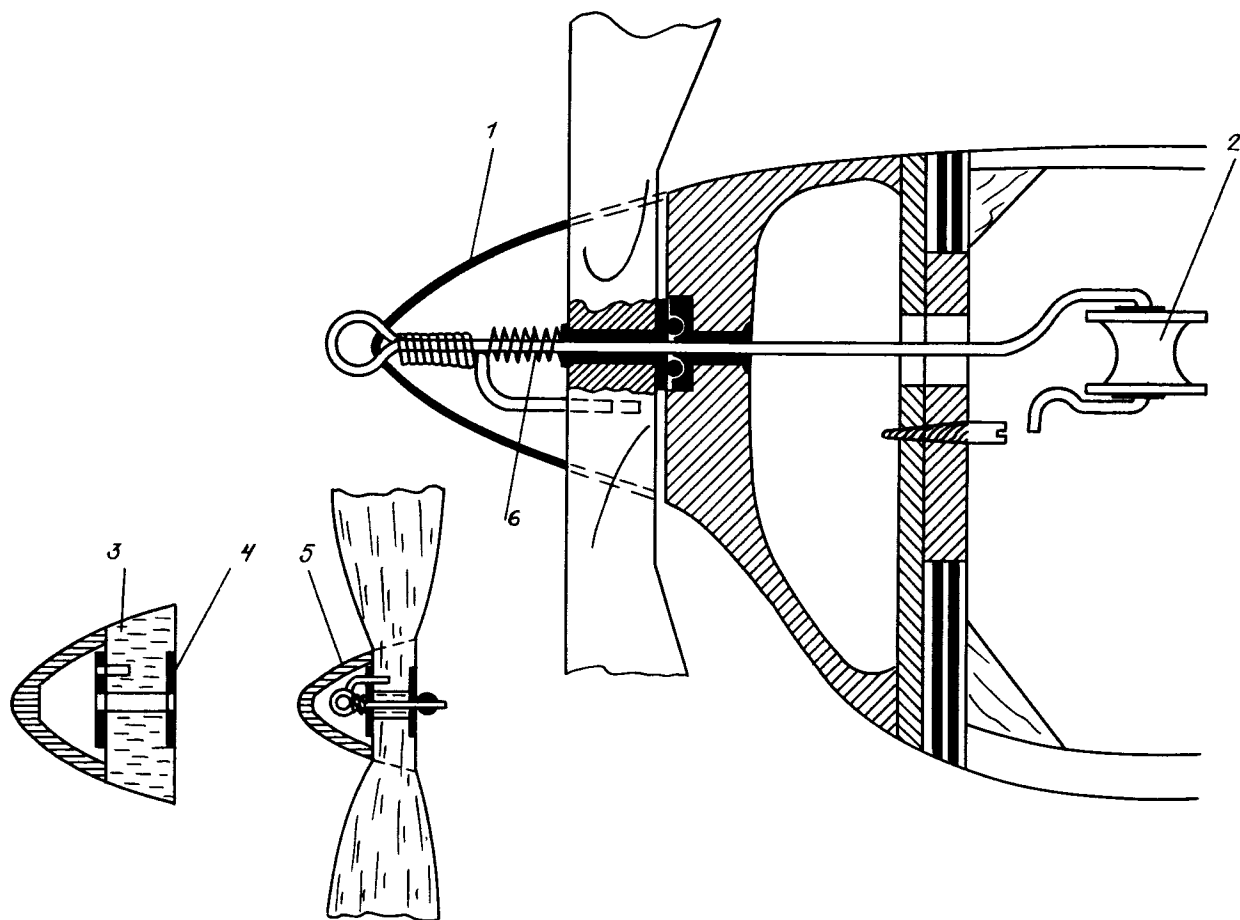


Рис. 177. Воздушный винт с обтекателем (коком):

1 — кок винта из пластмассы, дерева или алюминия; 2 — шпулька из пластмассы или алюминия; 3 — кок из бальзы; 4 — шайбы из тонкой фанеры; 5 — вариант оформления винта бальзовым коком; 6 — пружина

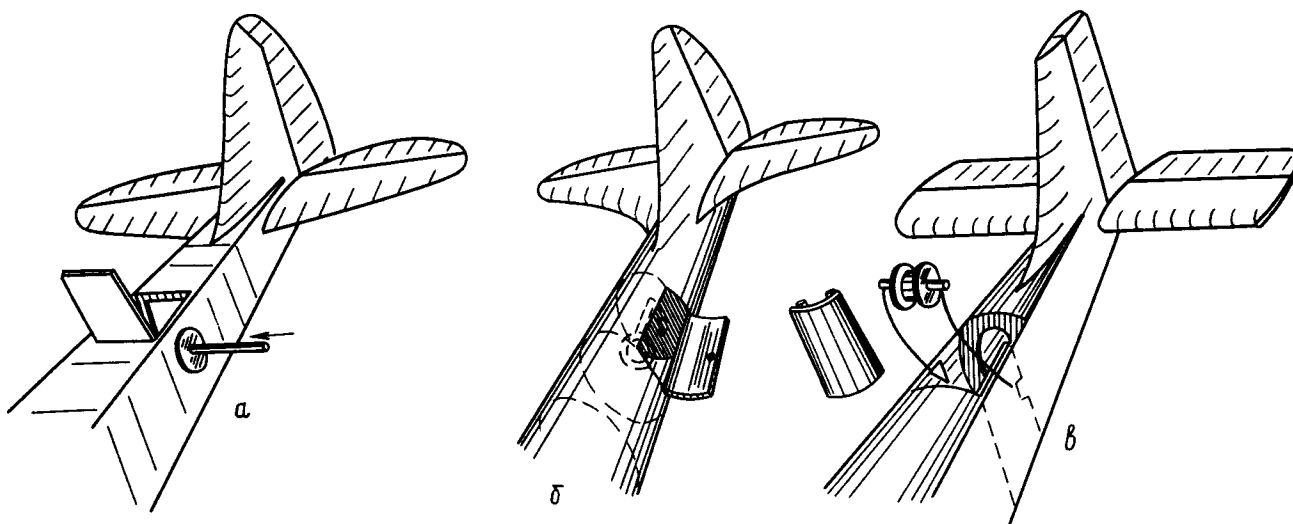


Рис. 178. Способы крепления резинового шнура в хвостовой части фюзеляжа:

а — штырьком; б — крючком через люк; в — шпулькой через люк

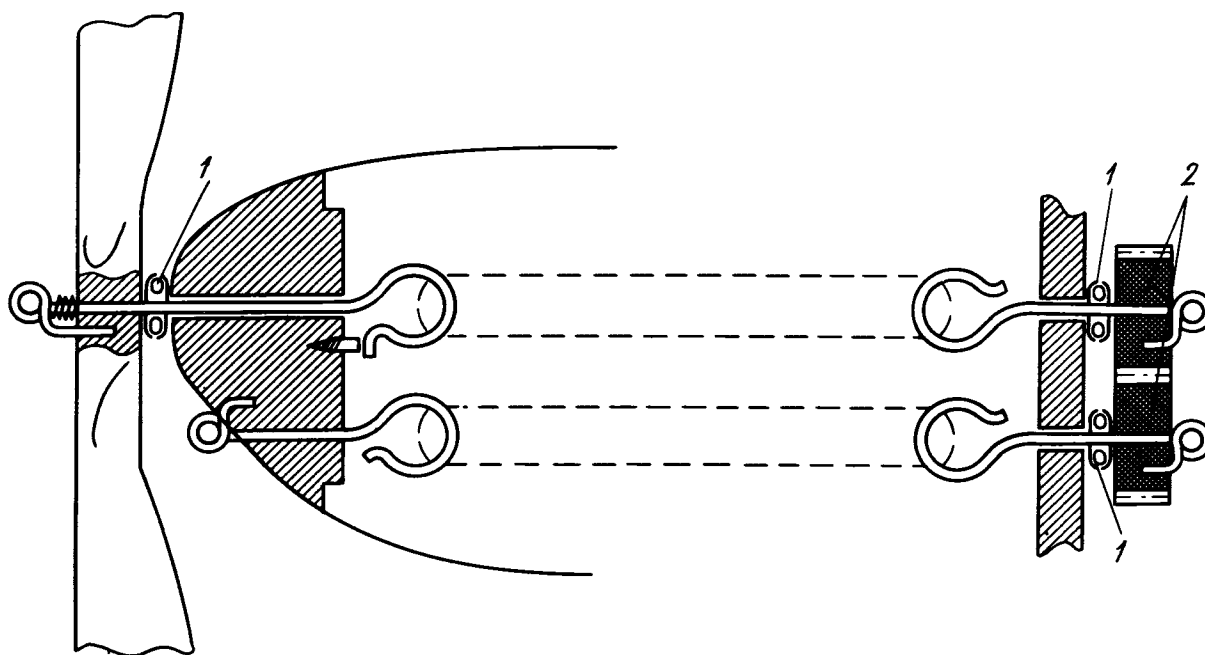


Рис. 179. Задняя шестеренчатая передача для двух резиновых шнуров:
1 — шариковые упорные подшипники; 2 — шестеренки

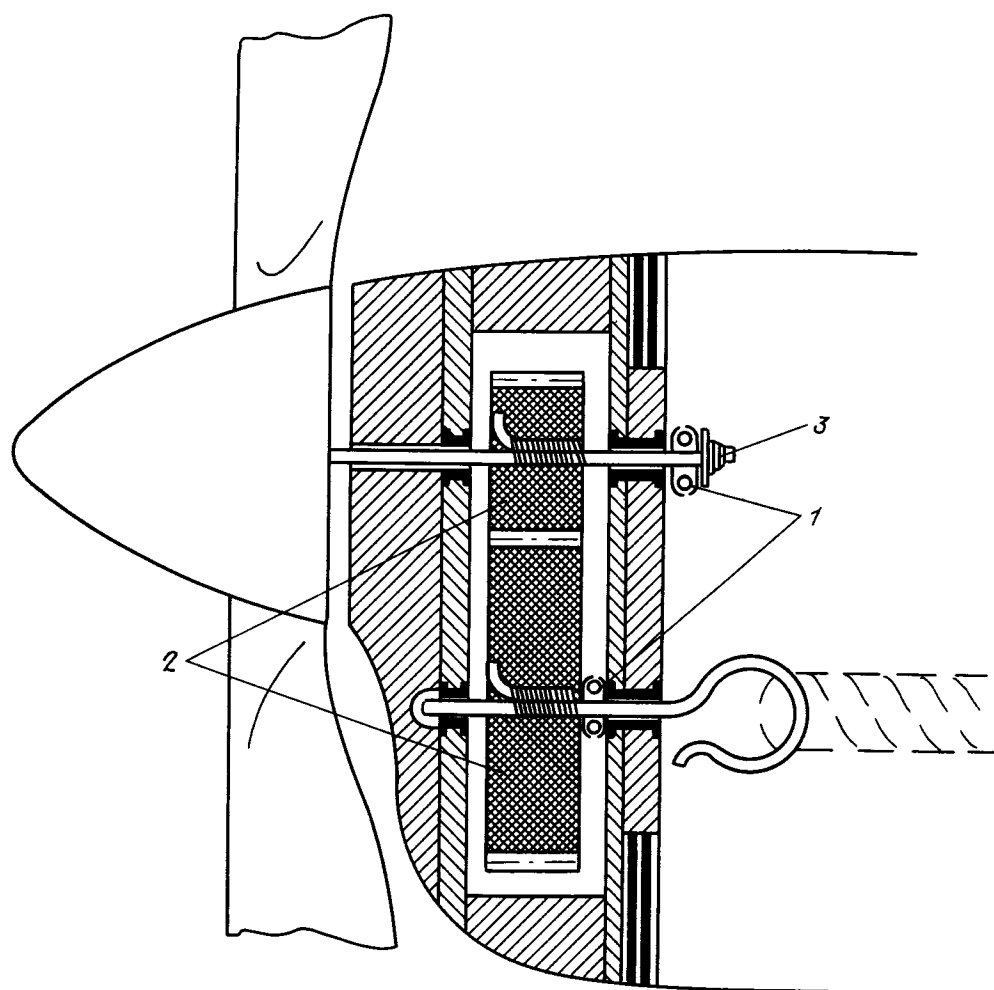


Рис. 180. Передняя шестеренчатая передача для увеличения оборотов винта:
1 — упорные шариковые подшипники; 2 — шестеренки; 3 — упор подшипника

Рис. 181. Передняя шестеренчатая передача на два резиновых шнура

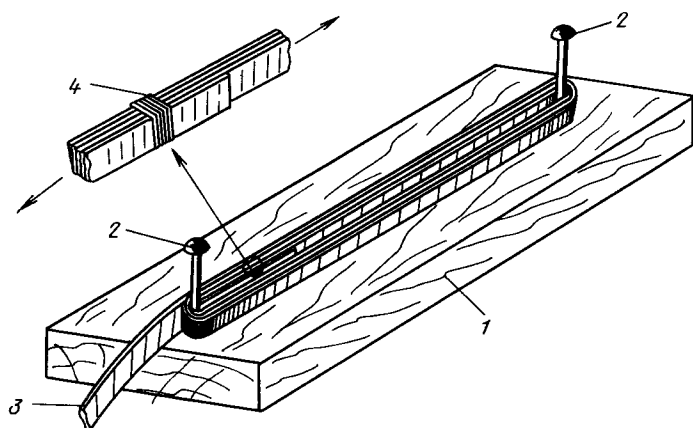
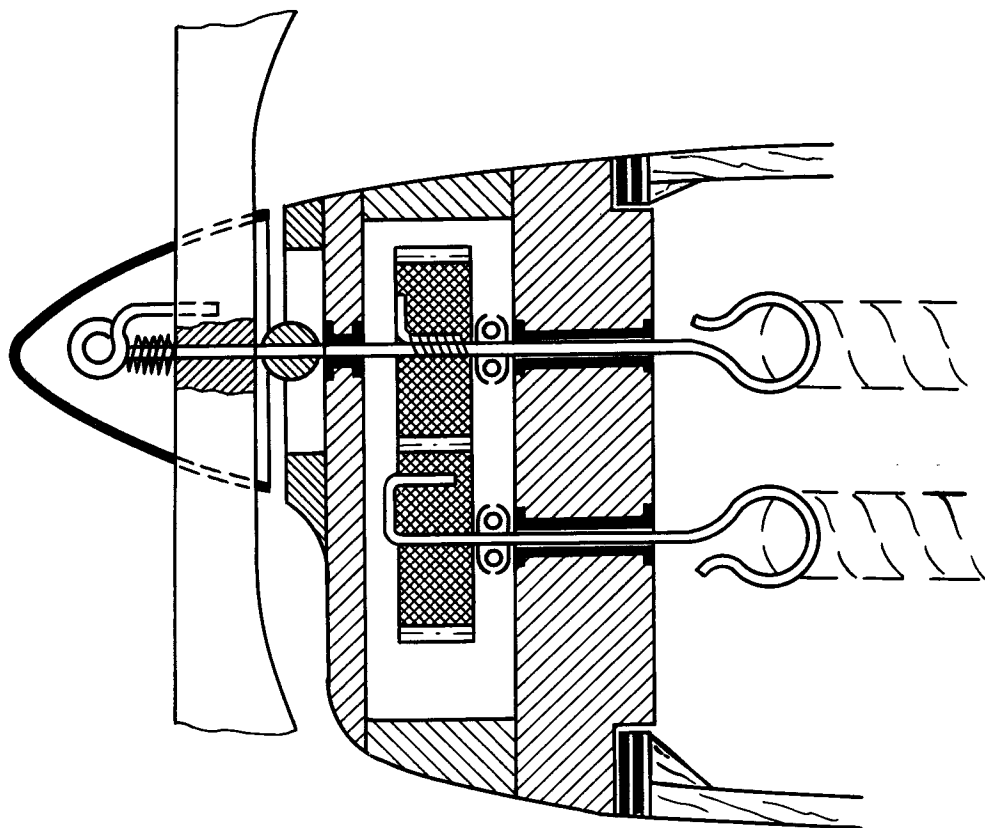


Рис. 182. Изготовление резинового шнура:

1 — доска; 2 — гвозди; 3 — резина; 4 — растянутая и туго перевязанная половина шнура

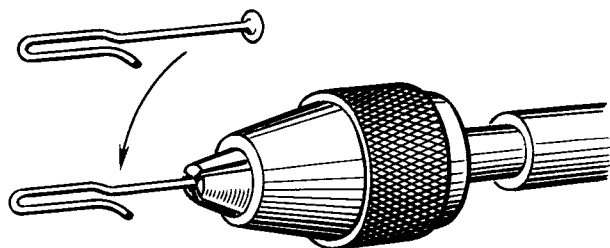


Рис. 183. Приспособление для закручивания резиномотора с помощью ручной дрели

этой схемы увеличивается частота вращения винта.

Схема с двумя шестеренками и одинаковым количеством зубьев (рис. 181) при ограниченной длине резиновых шнуров дает возможность в два раза увеличить общее сечение резиномотора, что, в свою очередь, позволяет использовать воздушный винт большего диаметра и шага.

Резиновый жгут не должен иметь заусенцев ни в одной из нитей. Для более продолжительной эксплуатации резиновый двигатель надо периодически промывать в мыльной воде и после просушивания слегка смазывать касторовым маслом. Чтобы крючки, за которые цепляют резиновый жгут, не рвали его, хорошо на эти крючки надеть тонкую хлорвиниловую трубочку (кембрик). Первоначальная длина жгута должна быть равна расстоянию между крючками крепления его в модели. Нити жгута должны быть уложены ровно, без перекручивания (рис. 182). Закручивать быстрее вытянутый из фюзеляжа жгут можно с помощью ручной дрели с вставленным в ее патрон крючком (рис. 183).

Надо обязательно знать степень редукции у ручной дрели. Если за один оборот ручки патрон дрели делает пять оборотов (степень редукции 5), то для того, чтобы закрутить резиномотор на 100 оборотов, ручкой дрели необходимо сделать всего 20 оборотов.

При закручивании резиномотора важно знать количество оборотов, максимально допустимых для данной резины, гарантированно обеспечивающих работу резиномотора без разрывов. Ориентировочные максимальные обороты закрутки в зависимости от длины шнура и его сечения показаны в табл. 16.

Сечение шнура, см ²	Количество оборотов закрутки шнура в зависимости от длины резинового шнура, мм											
	260	280	300	320	350	400	450	500	600	700	800	1000
0,30	190	204	218	233	255	290	327	364	436	510	582	730
0,35	176	190	203	217	237	271	305	340	408	475	540	680
0,40	165	178	190	203	223	254	286	317	380	443	505	635
0,45	155	167	179	191	209	240	269	298	358	417	478	600
0,50	146	158	170	180	198	226	254	281	340	395	452	565
0,60	134	145	156	165	180	207	232	258	310	360	413	515
0,70	125	134	144	153	168	194	215	239	288	334	380	475
0,80	—	125	134	143	156	178	200	223	268	314	356	445
0,90	—	—	126	135	148	168	190	211	253	295	336	420
1,00	—	—	—	128	140	160	180	200	240	280	320	400
1,10	—	—	—	—	133	152	172	190	229	267	304	380
1,20	—	—	—	—	—	146	164	182	219	256	292	367
1,30	—	—	—	—	—	—	158	176	210	246	281	351
1,40	—	—	—	—	—	—	—	170	203	237	270	338

Допустимая закрутка резинового шнура

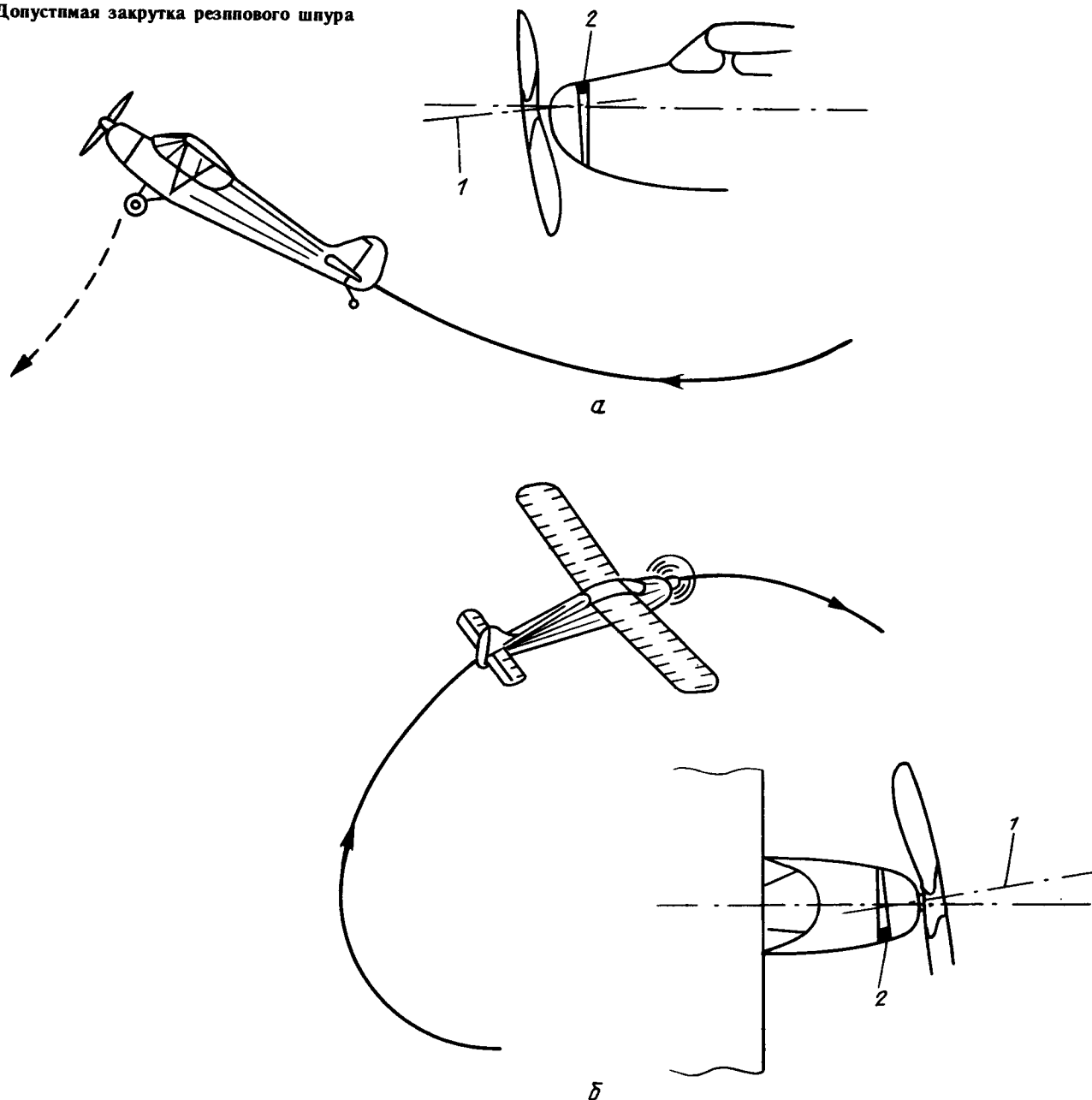


Рис. 185. Регулировка моторного полета:

а — крутой набор высоты; б — крутая правая спираль; 1 — изменение положения ося вращения вянтя; 2 — подкладка

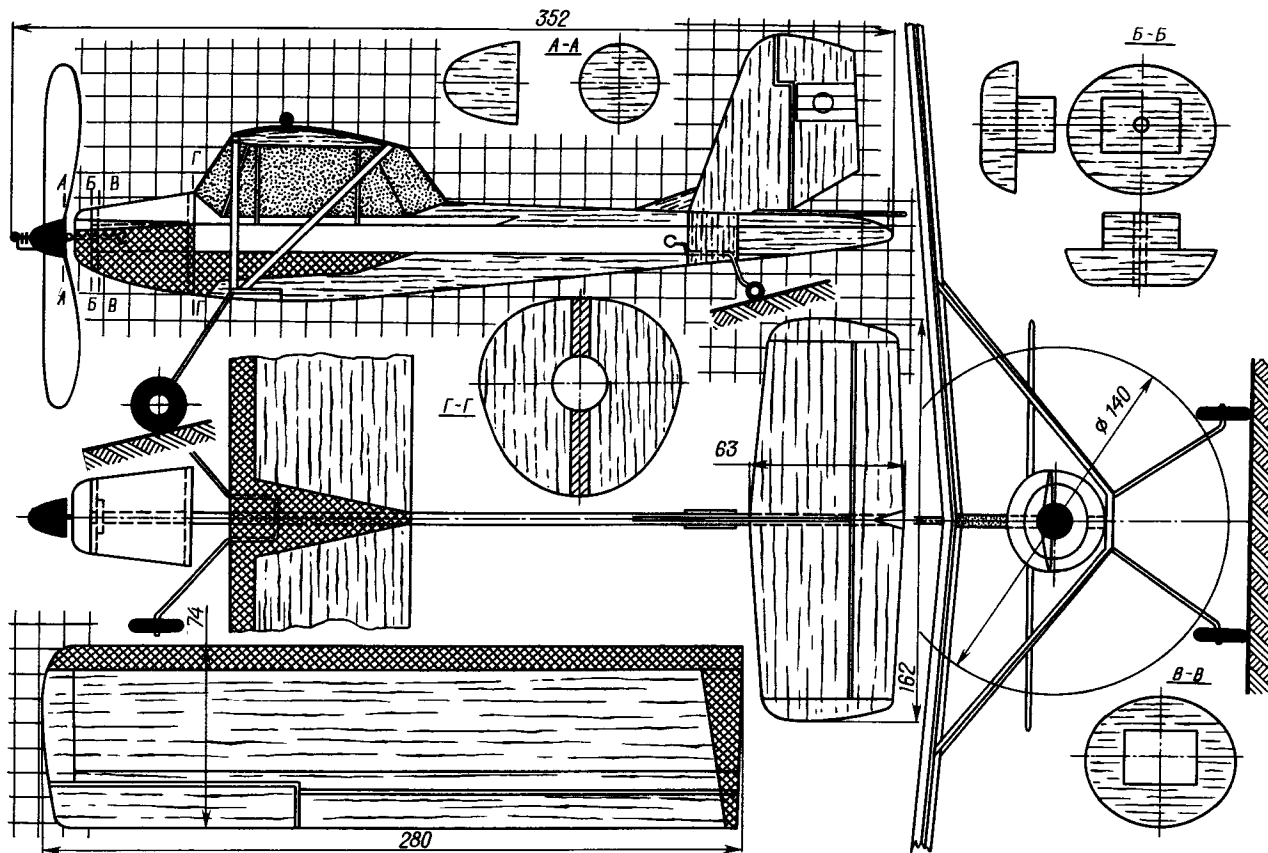


Рис. 186. Простейшая резиномоторная модель чехословацкого самолета «Бригадир»

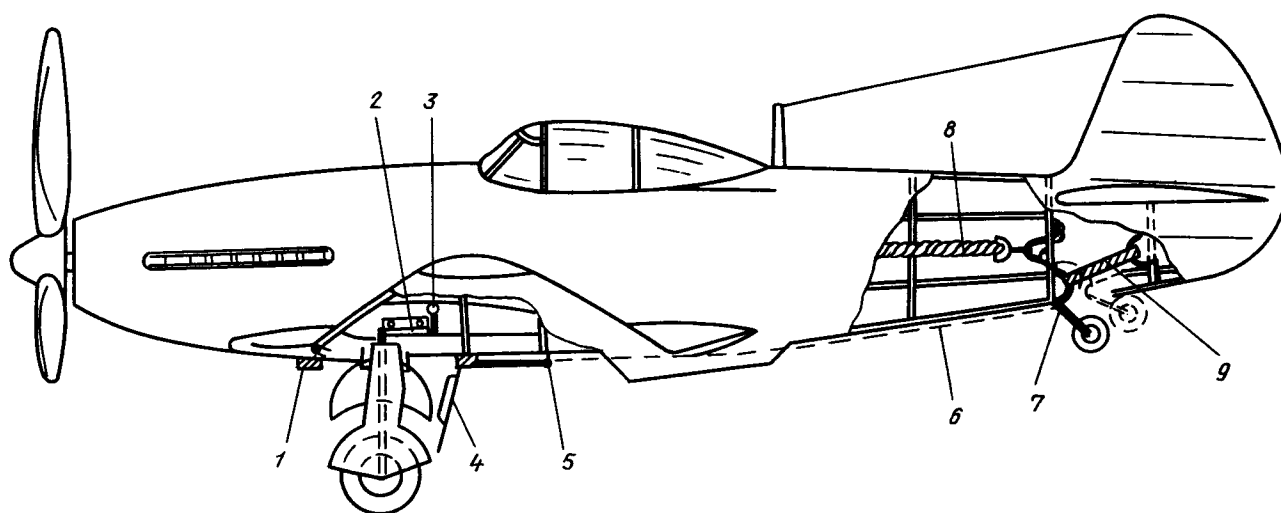


Рис. 184. Убирающееся шасси на резиномоторной модели:

1 — ушко для входа штырька; 2 — шарнир убирающейся стойки шасси; 3 — ушко зацепления пружины выпуска; 4 — стопор; 5 — ушко крепления тросика; 6 — тросик; 7 — стойка заднего колеса; 8 — резиномотор; 9 — резиновая растяжка

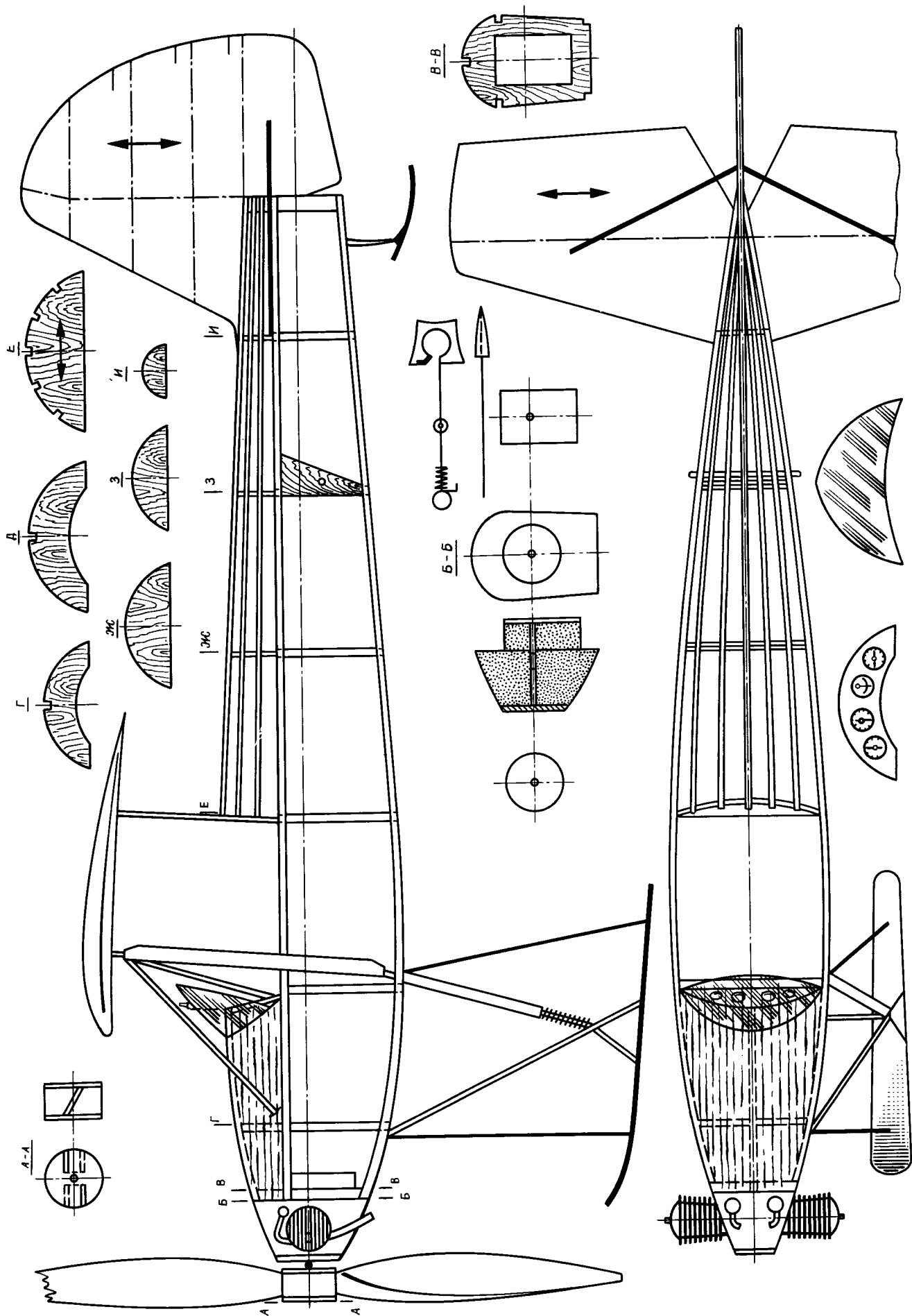


Рис. 187. Схема резиномоторной модели самолета «Малыш»

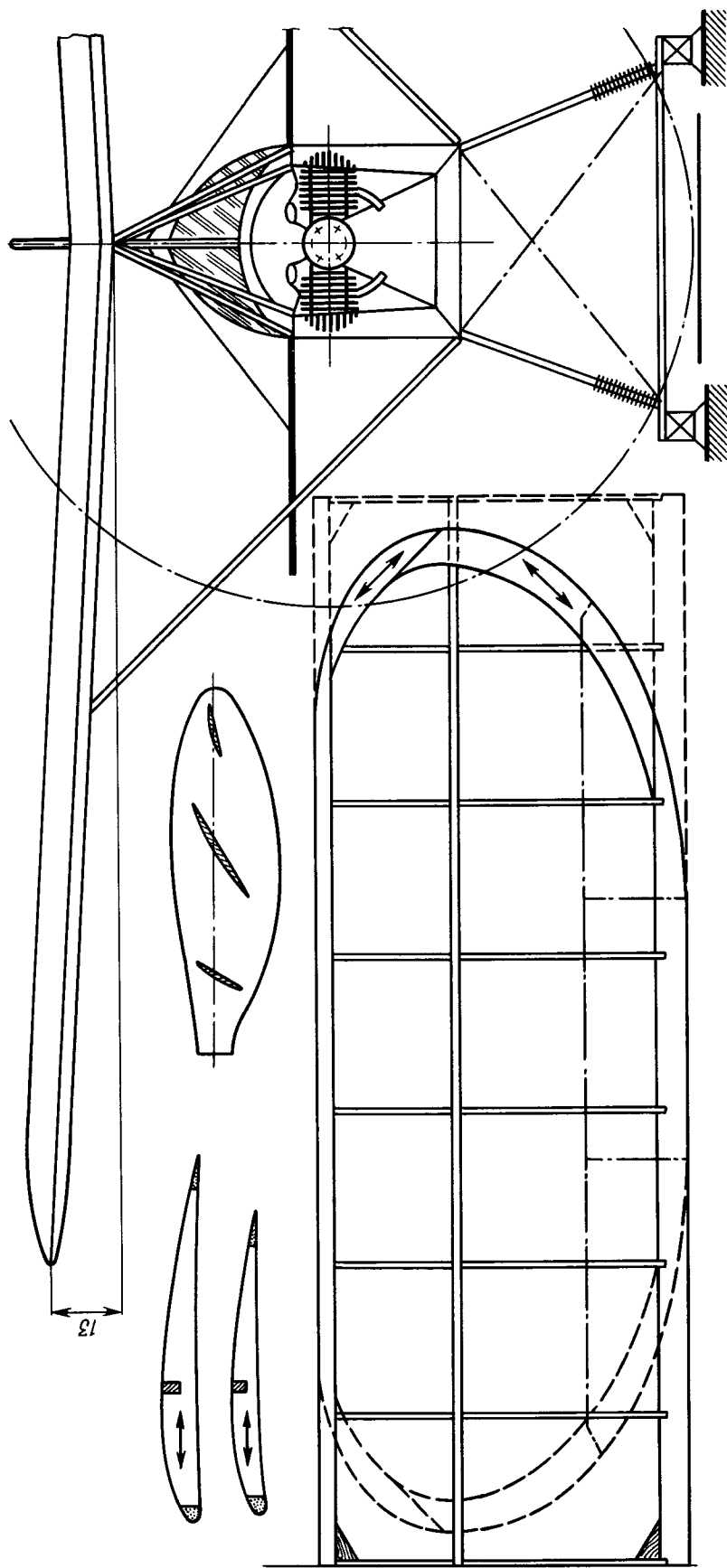


Рис. 188. Схема деталей модели «Малыш»

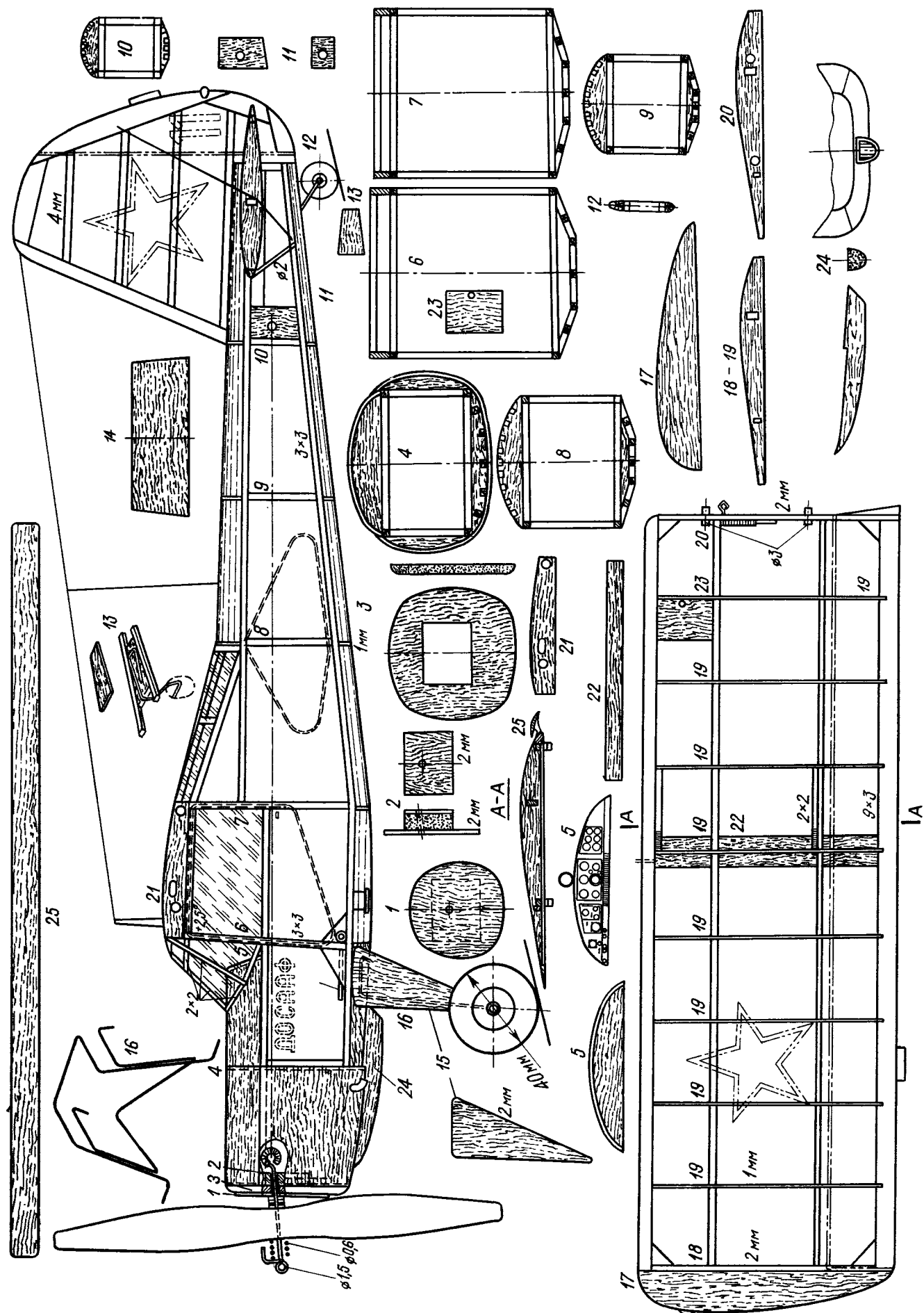


Рис. 189. Схема резиномоторной модели самолета Як-12Р

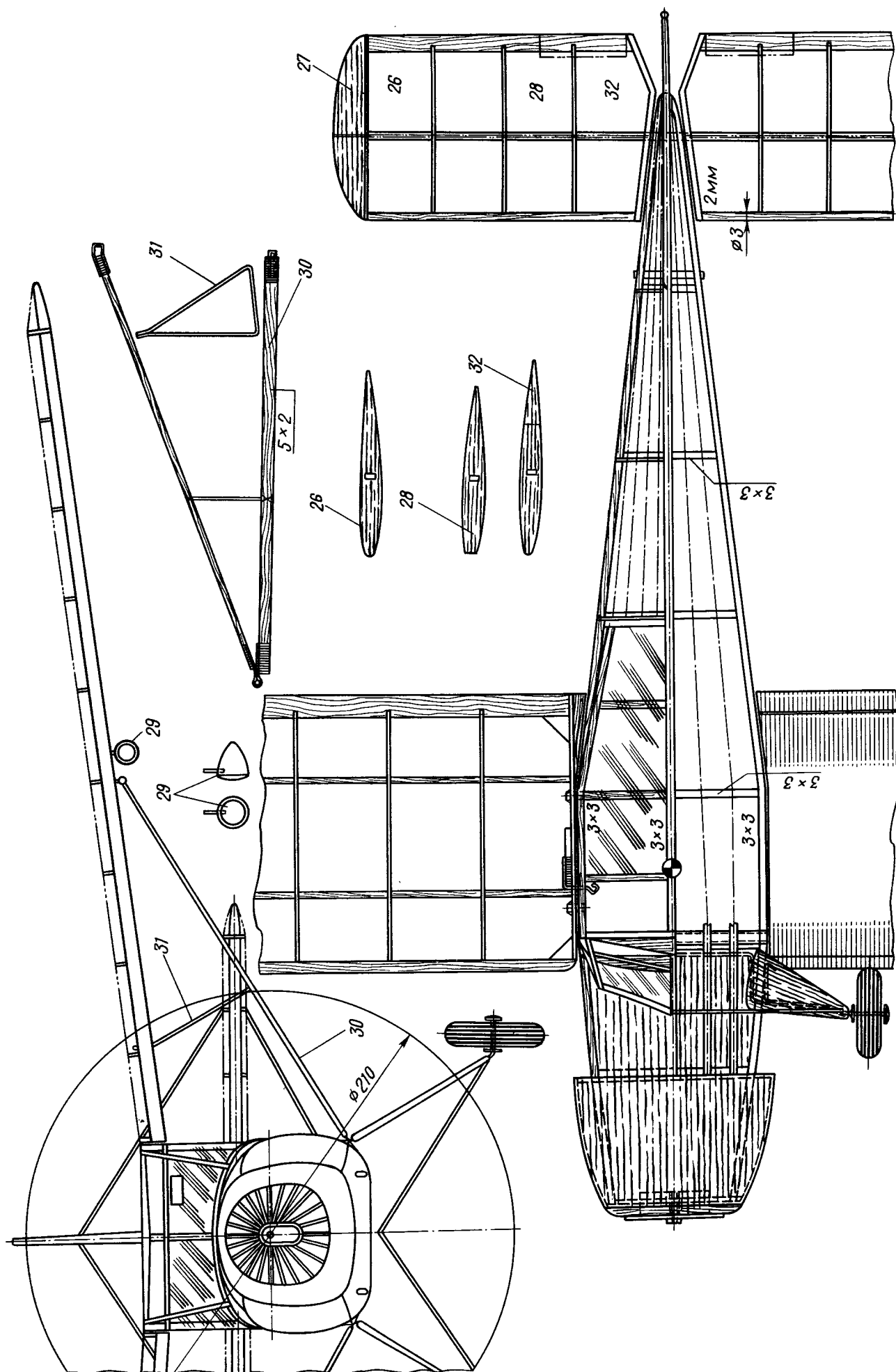


Рис. 190. Детали модели Як-12Р

Они могут быть больше или меньше в зависимости от резины, правильной ее подготовки, срока хранения и эксплуатации. Поэтому каждый сорт резины надо предварительно испытать, для чего подготовленный шнур закрутить до разрыва.

Часто копируют прототипы с убирающимися шасси. Существует много разработок механизмов, но при конструировании их необходимо учитывать то, что это будет дополнительная масса, значительно влияющая на летные качества модели. Поэтому любой механизм должен быть не только надежно работающим, но и легким. Если предполагают запускать модель с земли, то механизм должен обеспечивать уборку шасси после отрыва и выпускать шасси перед посадкой. Но чаще резиномоторные модели запускают с рук, а для этого необходим механизм только для выпуска шасси перед посадкой.

Один наиболее популярный такой механизм показан на рис. 184. При закрученном резиновом моторе, который задним концом прикреплен к подвижной стойке заднего колеса, освобождается тросик 6. Шасси располагают в убранном положении и закрепляют штырьком 4, вставив его в ушко 1. После раскручивания резиномотора в полете растяжка 9

переместит стойку заднего колеса назад, которая потянет тросик и выведет штырек из зацепления с ушком, освободив стойки шасси. Натянутая пружина (или резина) между ушками рычага 3 переведет шасси в выпущенное положение.

Регулировочные запуски начинаются также с запуска в планирующий полет с незакрученным резиномотором. Модель должна плавно снижаться без тенденции к крену и развороту. После этого можно запустить модель в полет с наполовину закрученным резиномотором.

Если модель круто набирает высоту и на работающем винте теряет скорость, переходя на нос, ось винта смещают вниз на $2-3^\circ$ (рис. 185, а). Если при правильной вертикальной траектории модель входит в спираль влево или вправо, ось винта отклоняют в сторону, противоположную развороту (рис. 185, б). При запуске модели в полет с полностью закрученным резиновым двигателем еще раз придется сделать корректировку отклонения оси винта. Добиться, чтобы модель плавно набирала высоту виражами большого радиуса и плавно переходила на планирование непросто, но сделать это необходимо.

Некоторое представление о конструкциях резиномоторных моделей-копий дают рис. 186—190.

РАДИОУПРАВЛЯЕМЫЕ МОДЕЛИ

Модели-копии, управляемые по радио, категории *F-4-C* (рис. 191 и 192) относятся к наиболее сложной категории летающих моделей и требуют не только опыта постройки моделей других категорий, но и хорошего знания аэродинамики и радиотехники. Для изготовления таких моделей и овладения техникой их пилотирования требуется продолжительное время. Большой объем работы над такой моделью порой порождает страх у моделиста загубить свой труд при первой же попытке поднять ее в воздух. Поэтому постройка и особенно овладение техникой пилотирования требуют коллективного труда.

Если моделист ни разу не поднимал в воздух радиоуправляемую модель, то ему не следует дебютировать самостоятельно. Целесообразно вначале построить простую по схеме модель и с помощью опытного товарища научиться пилотировать ее, а уж потом приступить к постройке модели-копии.

Лучше всего начать овладение пилотированием с произвольной схемы модели планера или мотопланера. Различных схем таких моделей в литературе опубликовано много. Все они хорошо летают. Надо лишь выбрать наиболее простую схему с применением недефицитных материалов и, затратив не слишком много времени на изготовление, научиться пилотировать ее.

В дальнейшем следует усложнить себе задачу — построить простую пилотажную модель и научиться выполнять хорошо взлеты и посадки, а также несколько фигур высшего пилотажа. И даже в этом случае не рекомендуется брать сразу за проектирование и изготовление очень сложной модели, начиненной всевозможной механизацией. От простого к сложному нужно двигаться постепенно.

Каковы же особенности проектирования и постройки радиоуправляемой летающей модели-копии?

Если для управления кордовой моделью вполне достаточно одного руля высоты, то для радиомодели этого мало. Если же и возможно построить модель с одним задействованным рулем (как правило, это руль поворота), то возможности хорошего полета будут весьма ограничены и выбирать для этого придется очень простой прототип, устойчивый и неприхотливый. При выборе более сложного прототипа появляется необходимость задействовать

не только все рули (руль поворота, руль высоты и элероны), но и управление оборотами мотора. А прототип с различной механизацией (уборка шасси, щитков) потребует применения дополнительных каналов управления.

Таким образом, при выборе прототипа для копирования под летающую модель, управляемую по радио, в первую очередь необходимо учесть свой опыт и возможности имеющейся радиоаппаратуры. Но не каждому интересно строить самые простые модели. Большинство моделистов мечтают построить модели, прототипы которых были бы скоростными и маневренными, выполняющими фигуры высшего пилотажа. Здесь явно необходимо иметь пропорциональную аппаратуру с возможностью задействовать все рули и управлять двигателем.

А если кто захочет построить более сложную модель, имеющую механизацию (убирающиеся шасси, работающие закрылки, сбрасывание «бомб»), то для управления каждой механизацией на аппаратуре должен быть задействован отдельный радиоканал. Поэтому первое, на что необходимо обратить внимание, это количество каналов управления у имеющейся аппаратуры. Именно каналов, а не команд, так как в современной пропорциональной радиоаппаратуре по одному радиоканалу можно управлять полным движением одного руля (или механизма) от крайних положений до любых промежуточных. Так, например, руль поворота может отклоняться влево или вправо, но управление им идет по одному радиоканалу, то есть при отклонении ручки управления на передатчике вырабатывается определенный сигнал, который в приемной части преобразуется в соответствующее направление движения рулевой машинки. Когда говорят о канале аппаратуры, имеют в виду действие, передаваемое по нему. Например, четырехканальная аппаратура обеспечивает управление элеронами (крен влево и вправо), рулем высоты (вверх и вниз), рулем поворота (влево и вправо) и оборотами двигателя (больше и меньше). При этом имеются в виду и любые промежуточные положения.

Каждая рулевая машинка после снятия команды возвращается в нейтральное положение, но такой возврат не является функцией самой рулевой машинки. Возврат происходит только потому, что ручка управления на передатчике, будучи отпущенной,



Рис. 191. Радиоуправляемая модель самолета По-2

под действием возвратной пружины возвращается в нейтральное положение. Иногда такие системы называют следящими. Практически комплекс приемник — рулевая машинка как бы отслеживает движение ручки на передатчике.

В управлении оборотами двигателя возврат в нейтральное положение нежелателен и поэтому ручка газа на передатчике не имеет возвратной пружины или имеет зубчатый сектор, позволяющий задерживать ручку в желаемом положении, а следовательно, через действие рулевой машинки устанавливать нужные обороты двигателя. Все типы пропорциональной аппаратуры имеют триммерные устройства. Триммер на передатчике — это отдельная ручка, электрически или механически связанная с основной ручкой и позволяющая изменять нейтральное положение рулевой машинки в полете для обеспечения необходимой балансировки модели.

Как уже говорилось выше, у модели есть свои особенности, отличающие ее от прототипа, без учета которых при разработке конструкции невозможно достигнуть хороших результатов.

Первое, на что надо обратить внимание, — это размеры модели. Радиомодели-копии всегда больших размеров, чем кордовые, а это приводит к увеличению массы. При определении массы и нагрузки на единицу площади для радиомодели надо учесть, что модель должна быть не только прочной, но и достаточно легкой, чтобы хватило мощности имеющегося двигателя для намеченного полета. Необходимо учесть и то, что на модели придется разместить радиоприемник, рулевые машинки и бортовое электропитание.

Если по предварительным расчетам полетная масса модели должна быть 4 кг при нагрузке 75 гс/дм², а масса бортовой радиоаппаратуры составляет 500 г, двигателя — 350 г, бачка с топливом — 400 г, то на конструкцию модели остается 2750 г. Поэтому при постройке моделей-копий на современном уровне обычно не обходятся без при-

менения такого материала, как бальза. Но это не значит, что без нее невозможно построить модель. При определенных навыках вполне можно разработать и изготовить модель без дефицитных материалов за счет увеличения времени и объема работ.

Какую схему прототипа предпочесть при выборе? Все зависит от вкуса, опыта, наличия аппаратуры, двигателя и материалов для изготовления. В последнее время на крупных соревнованиях можно видеть модели-копии очень разнообразных схем — бипланы и монопланы, одно- и двухмоторные, пилотажные и непилотажные. В условиях соревнований все моделисты находятся в равном положении и все модели оцениваются по одной системе, но есть в этой системе отдельные пункты, которые учитывают и сложности в изготовлении модели. Выбирая прототип для спортивной модели, необходимо хорошо знать систему оценок модели и пилотирования ее.

Для малоопытного моделиста предпочтительнее схема моноплана с верхним расположением крыла, а для опытного, построившего не одну модель и умеющего выполнять фигуры высшего пилотажа, практически подходит любая схема прототипа. При выборе прототипа надо точно знать и учитывать его летно-технические данные. Ведь при проектировании и изготовлении модели придется добиваться, чтобы она была такой же маневренной, выполняла такие же эволюции, ее скорость должна обеспечивать устойчивый и хорошо управляемый полет.

Одним из критериев оценки летных качеств модели может служить нагрузка на единицу несущих плоскостей. При нагрузке не более 75 гс/дм² на модели можно выполнить большинство фигур высшего пилотажа, если прототип — пилотажный самолет. При определении устойчивости и управляемости модели относительно прототипа необходимо учитывать, что модель всегда будет более устойчивой, но и более чувствительной к отклонениям рулей (более управляемой). Модель меньше прототипа и все



Рис. 192. Радиоуправляемая модель французского спортивно-пилотажного самолета Чап-21

моменты будут меньше и действуют на меньшем плече. Но угловая скорость перемещения модели вокруг центра вращения будет значительно больше. Зрительное восприятие отклонения модели и, следовательно, обработка информации и ответные действия имеют некоторое запаздывание. Значит, время реакции человека от момента, когда модель отклонилась, до поступления на борт сигнала и выполнения моделью команды, данной пилотом, должно быть очень кратким, чтобы выдержать заданный режим полета. Запаздывание приводит к усугублению отклонения (или неустойчивости), поэтому радиомодель должна быть более устойчивой, чем, скажем, кордовая модель, и овладение техникой пилотирования требует большего времени. Постоянные тренировки в пилотировании вырабатывают автоматизм и сокращают время реакции.

В то же время модель должна хорошо реагировать на отклонения рулей (хорошо управляться). Бывает так, что плечи рулевых качалок на модели сделаны такими же, как на прототипе, но рулевые машинки не обеспечивают отклонения рулей на нужный угол. Если эти качалки скрыты в конструкции, то есть не видны, можно изменить и конструкцию качалок, и плечи. Но если они видны, то приходится ставить скрытые переходные качалки. В современной радиоаппаратуре ход рулевых машинок при секторных конструкциях выходных качалок составляет $\pm 45^\circ$, а при реечных ± 15 — 17 мм. Учитывая это, системы рычагов на модели конструируют так, чтобы рули отклонялись на те же величины, что и у прототипа.

Особое значение для радиомоделей приобретает центровка. Ее необходимо сохранить такой же, как у прототипа, или изменить в сторону, улучшающую пилотирование. У исторических прототипов центровка часто была в пределах 40—45% САХ, а иногда и 50%. Такие самолеты неустойчивы и строги в управлении.

Имея значительную массу, бортовая радиоаппаратура не только увеличивает общую массу, но и влияет на расположение центра тяжести. В каком-то диапазоне размещением радиоаппаратуры можно регулировать расположение центра тяжести, если это позволяет объем модели. А чаще всего бывает так, что аппаратуру можно разместить лишь в одном определенном месте, иначе она или портит интерьер кабины, или мешает размещению других агрегатов.

Стоимость аппаратуры довольно высока и для сохранения от поломок во время аварий модели ее помещают в специальные усиленные отсеки.

Нельзя сильно разносить отдельные агрегаты (приемник, рулевые машинки, электропитание), так как это удлиняет соединительные проводники, ухудшает работу радиоаппаратуры, а иногда приводит и к отказу ее. Желательно располагать все агрегаты радиоаппаратуры компактно, ближе к центру тяжести.

Для радиоаппаратуры вредны вибрации, возникающие в результате работы двигателя. Поэтому приемник обычно обертывают поролоном и помещают в контейнер или отсек, а рулевые машинки размещают на эластичной основе, гасящей вибрацию. Один из способов крепления рулевой машинки — винтами, проходящими через резиновые подушечки-амортизаторы (рис. 193). Аппаратура требует частого осмотра и контроля, поэтому к ней должен быть свободный доступ без радикальной разборки модели. Необходимо исключить попадание на аппаратуру топлива и выхлопных газов от двигателя, а также влияние температуры работающего двигателя.

Фиюзеляж радиомодели в конструктивном отношении имеет очень много общего с кордовыми моделями, но есть и свои особенности. В связи с тем что радиомодели гораздо больших размеров, усложняется их транспортировка. Поэтому чаще всего их

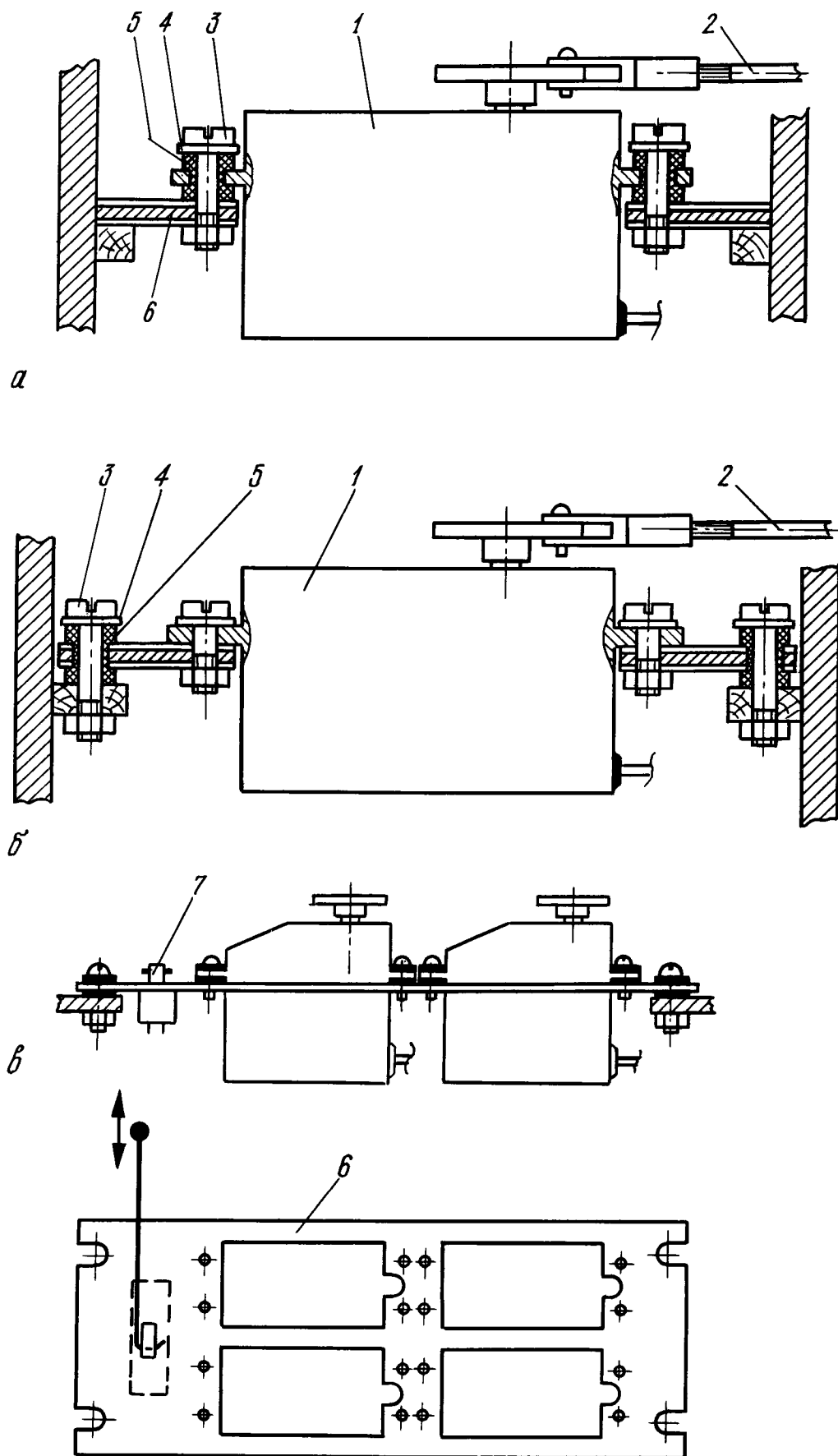


Рис. 193. Крепление рулевых машинок:

а — мягкое крепление машинки на жестко закрепленной площадке; *б* — жесткое крепление машинки на мягко закрепленной площадке; *а* — площадка (рама) для установки четырех машинок и выключателей; 1 — рулевая машинка; 2 — тяга к рулю; 3 — болт крепления; 4 — металлическая шайба; 5 — резиновая прокладка; 6 — площадка (рама) крепления машинок; 7 — выключатель электропитания

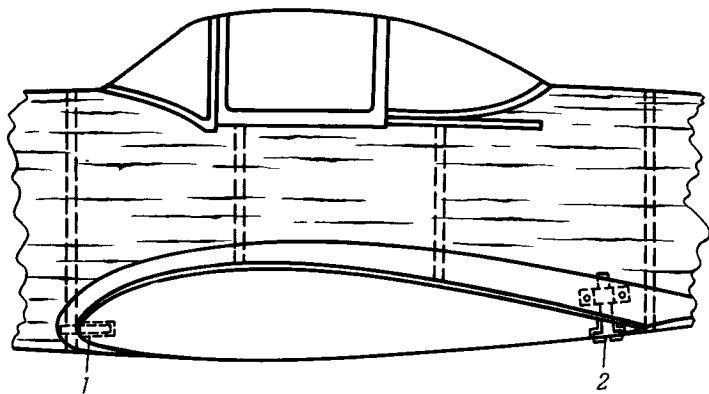
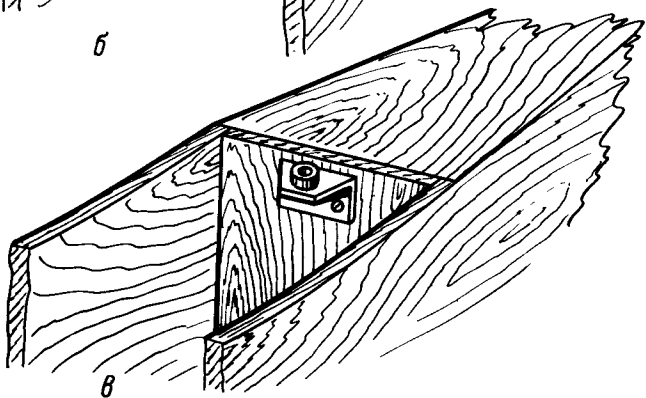
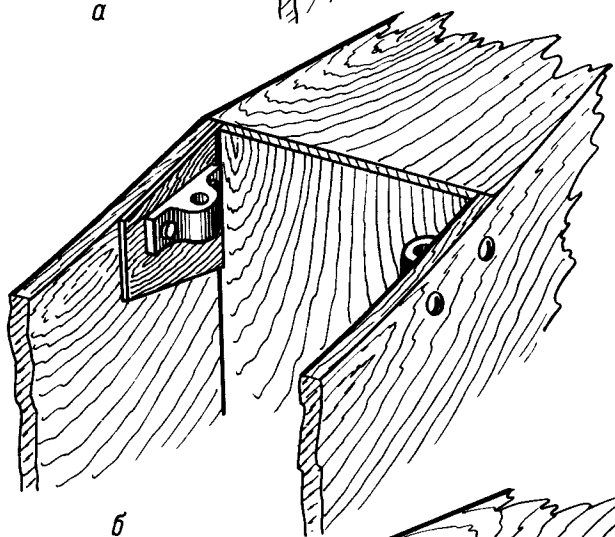
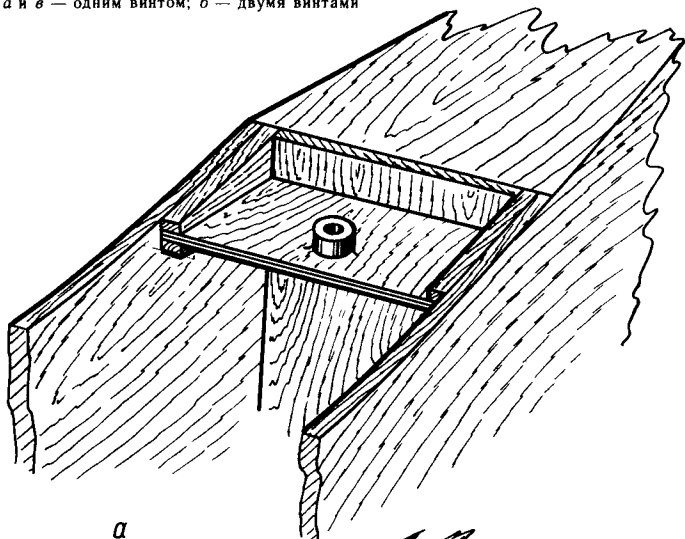


Рис. 194. Крепление крыла к фюзеляжу:

1 — деревянный штырек; 2 — пластмассовый винт

Рис. 195. Крепление крыла:

а и в — одним винтом; б — двумя винтами



делают разборными. Отъемным обычно делают крыло. При разработке и изготовлении надо обратить особое внимание на крепление отъемного крыла. При сборке и разборке система крепления не должна занимать много времени и в то же время должна быть надежной. Поскольку при поломках чаще всего страдает крыло, можно предусмотреть такое его крепление, которое при определенном ударе позволило бы ему отделиться от фюзеляжа с минимумом поломок. Наибольшее распространение, как отвечающее данному условию, получило крепление крыла одним-двумя деревянными штырьками в носке крыла, а в районе задней кромки — одним-двумя пластмассовыми винтами М6 (рис. 194 и 195).

При разработке и изготовлении фюзеляжа необходимо уделить внимание местам прохождения тяг управления рулями. При значительных размерах модели эти тяги могут быть довольно длинными. Но все равно они должны быть легкими и одновременно в достаточной мере прочными. Наибольшее распространение получили комбинированные тяги: в местах сочленения с качалками и рулевыми машинками используется металл (проволока 1—1,5 мм), а в промежутках — липа или плотная бальза квадратного или круглого сечения.

Предпочтение надо отдать бальзовым тягам. При ударе они чаще ломаются, но зато спасают от поломки рулевые машинки (рис. 196). Иногда не

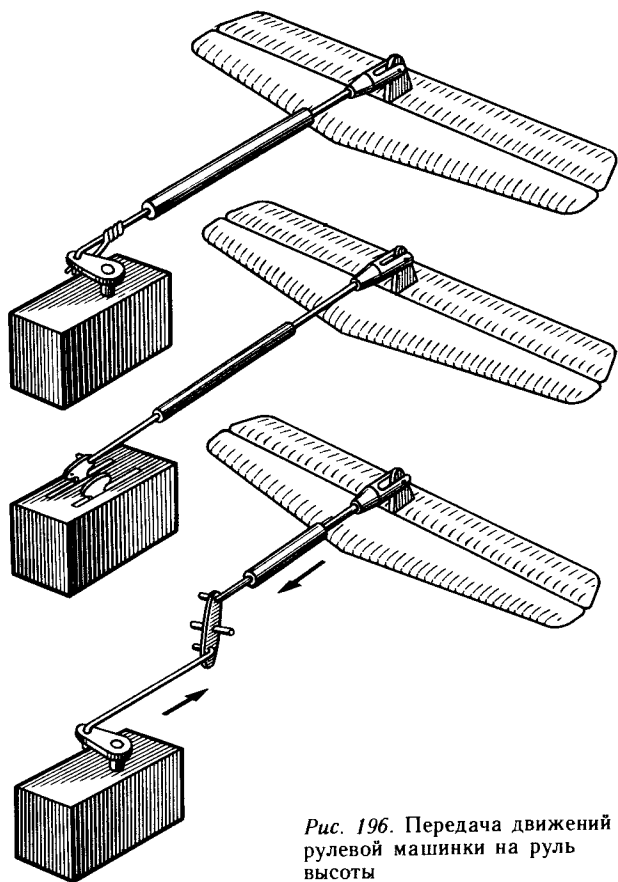
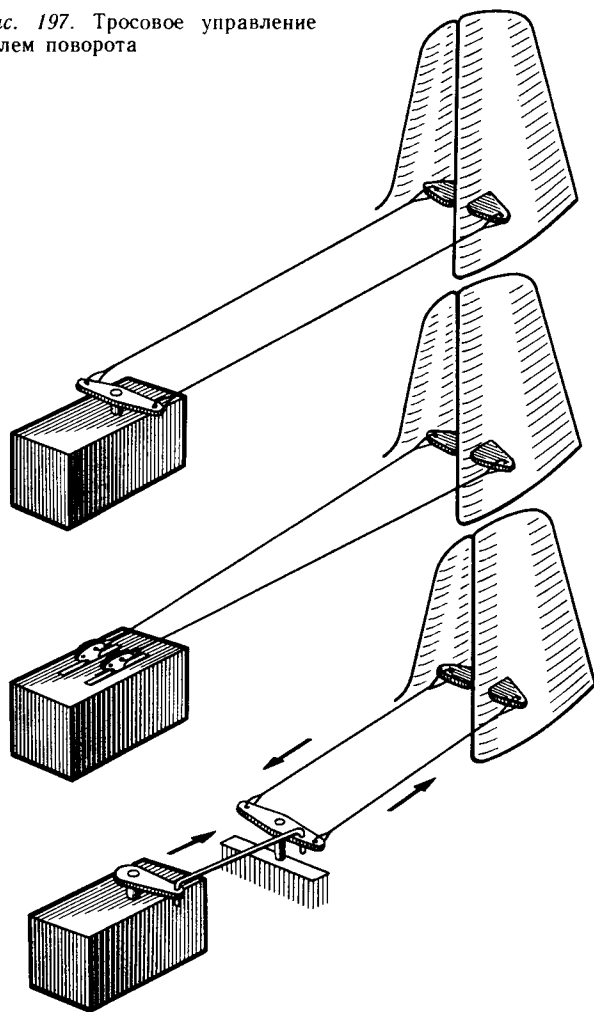


Рис. 196. Передача движений от рулевой машинки на руль высоты

Рис. 197. Тросовое управление
рулем поворота



удается сделать тяги напрямую от рулевой машинки до руля. В этих случаях делают переходные качалки, но надо помнить, чем больше шарниров, тем больше люфтов (рис. 197).

Тяги не должны тереться друг о друга и о конструкцию, перекрещиваться между собой и упираться во что-либо в крайних положениях, а во время движения они не должны изгибаться. Длинные тяги желательно пропускать в промежуточных скользящих опорах. Крепления тяг к рулевым машинкам и качалкам рулей должны обеспечивать легкий ход с минимумом трения, без заеданий и перекосов. Самопроизвольное отсоединение тяг должно быть исключено. В то же время эти крепления должны обеспечивать быстрое отсоединение тяг от рулевых машинок или от качалок при их замене. Длина тяг должна регулироваться в пределах ± 5 мм.

Наиболее сложна система тяг в управлении элеронами. Обычно не удается пропустить тяги напрямую и неизбежна установка переходных качалок (рис. 198). Здесь важно продумать такую конструкцию и установку переходных качалок, чтобы действие рулевой машинки было направлено на нужное отклонение элеронов. Современные рулевые машинки обладают довольно большим усилием на выходе. Тем не менее шарниры подвески рулей и все промежуточные шарниры должны иметь наименьшее трение. Наиболее рациональное размещение двигателя, бачка для топлива и радиоаппаратуры показано на рис. 199.

Особенность расположения двигателя и бачка для топлива на радиоуправляемой модели заключается в том, что возникает проблема подачи топлива для обеспечения бесперебойной работы двигателя. Требуется специальный, выработанный авиамодельной практикой, бачок для топлива (рис. 200). Такой бачок

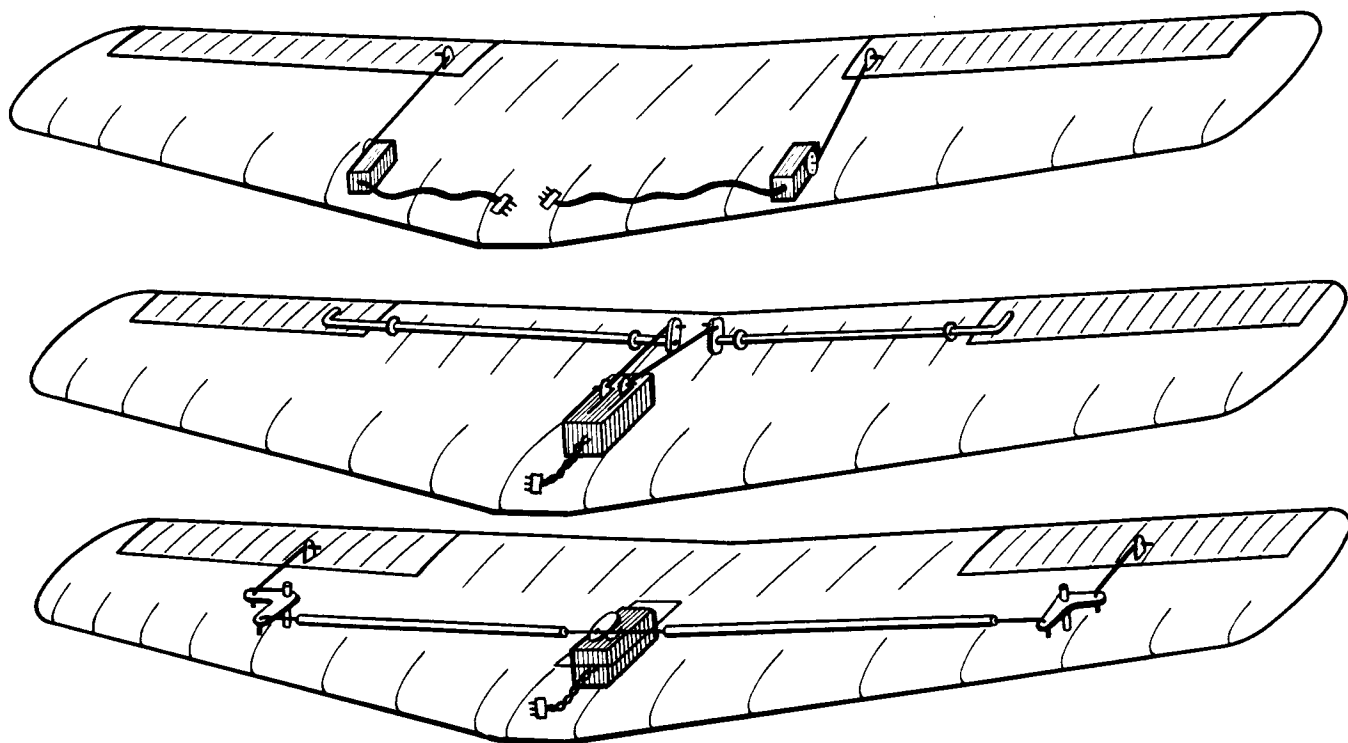


Рис. 198. Варианты управления элеронами

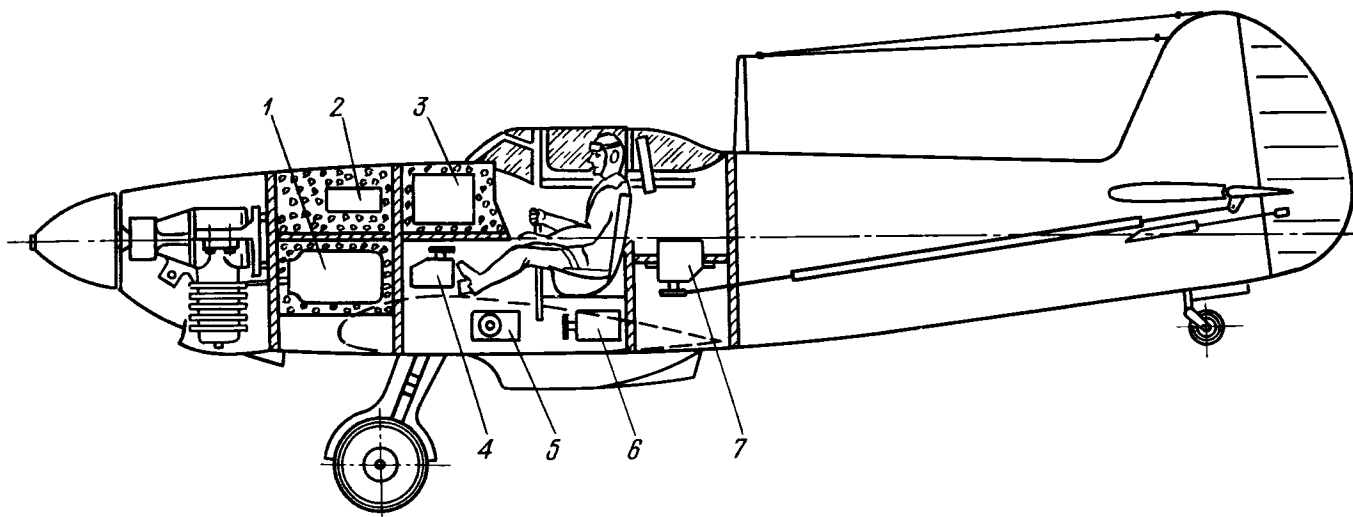


Рис. 199. Размещение оборудования на радиомодели:

1 — бак для топлива; 2 — бортовое электропитание; 3 — приемник; 4 — рулевая машинка газа; 5 — рулевая машинка уборки и выпуска шасси; 6 — рулевая машинка элеронов; 7 — рулевые машинки руля высоты и руля поворота

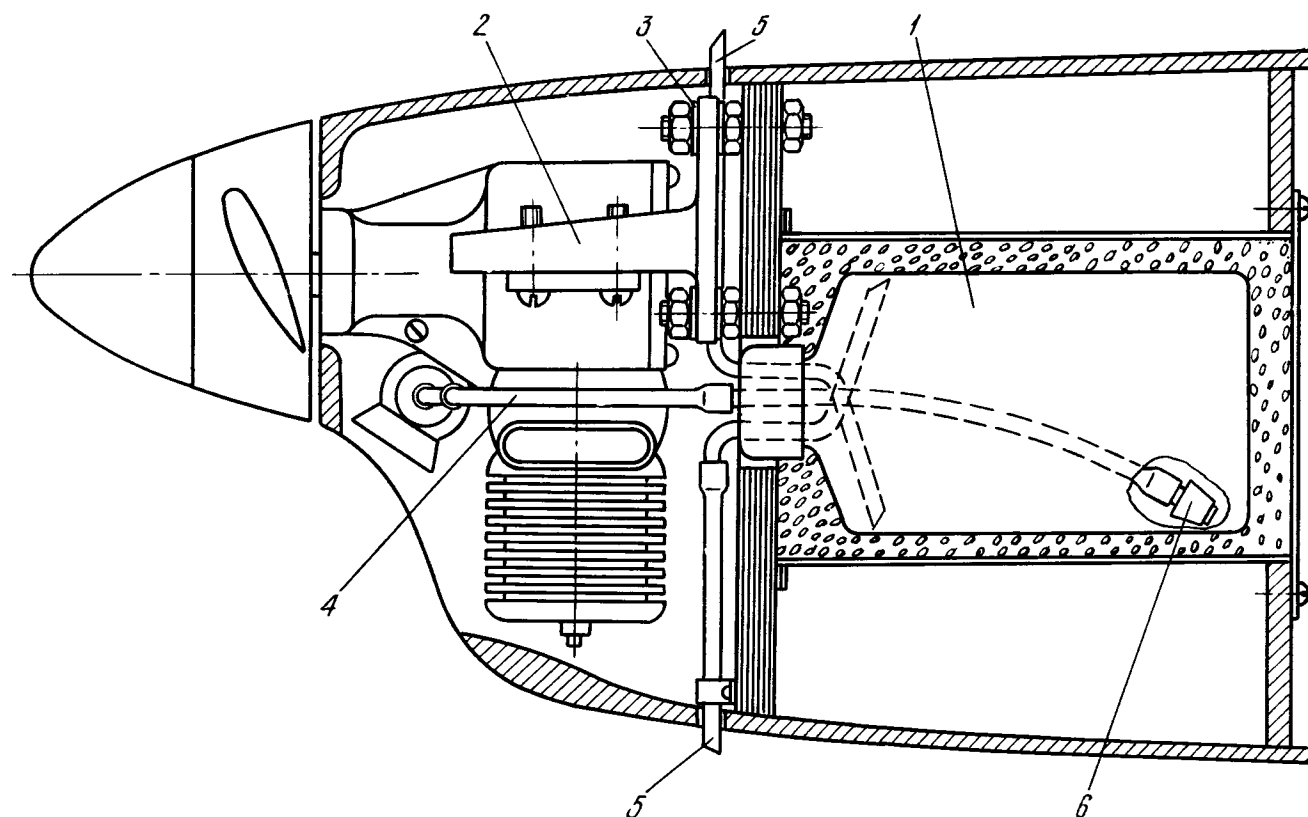


Рис. 200. Расположение бака для топлива:

1 — пластмассовый бак; 2 — металлическая регулируемая мотором; 3 — резиновые шайбы; 4 — трубка заборника топлива; 5 — дренажные трубочки; 6 — грузик

делают часто из пластмассового флакона. Заборник топлива располагается у задней стенки бачка и представляет собой гибкий шланг, не твердеющий от топлива, на конце которого имеется грузик весом 12—15 г с заборным отверстием. Этот заборник в силу инерции следует за топливом, всегда находясь в погруженном состоянии и обеспечивает непрерывное питание двигателя.

На пилотажных моделях такие бачки устанавливают по оси жиклера для того, чтобы столб топлива был одинаковым в прямом и перевернутом полетах и не влиял на режим работы двигателя. Но такой бачок — закрытая емкость, которая по мере выработки топлива должна заполняться воздухом. Для этого в бачке предусматривают две дренажные трубки. Одна из них является заправочной, через которую бачок заполняется топливом.

Часто моделисты не делают дренажных трубочек, а используют подачу через калиброванный штуцер незначительного давления от работающего двигателя. Это создает в бачке небольшое, но постоянное избыточное давление, которое обеспечивает равномерное поступление топлива к жиклеру двигателя.

В радиомодели имеет значение не только расположение двигателя, но и возможность изменения этого расположения, то есть возможность отклонения оси двигателя (винта) вниз и вправо. Для устранения разворачивающего момента винта приходится смещать ось его вращения вправо при правом вращении. А для того чтобы не изменять установочных углов крыла и стабилизатора при регулировках модели в полете, изменяют установочный угол двигателя, то есть отклоняют ось двигателя (винта) вниз.

Специальные металлические подмоторные рамы позволяют изменить углы установки двигателя. Двигатель на таких рамах закрепляют неподвижно, а саму раму на установочных винтах можно наклонять в ту или другую сторону.

Капот, закрывающий двигатель, должен обеспечивать свободный доступ к двигателю и его агрегатам.

Нелишне еще раз напомнить об отводе выхлопных газов от двигателя и его обдувке для охлаждения. Хороший эффект создают выхлопные патрубки прототипа, когда на модели они используются по прямому назначению.

Крыло и хвостовое оперение при разработке и изготовлении радиомодели требуют особого внимания и точности. В отношении силового набора действует принцип подобия прототипу, но особое значение приобретает весовая и аэродинамическая симметрия. Несоответствие профиля или установочных углов правого и левого крыла (или стабилизатора), а также разница в их массе могут привести к тому, что не хватит рулей для нормального полета, все время могут появляться крен и тенденция к разворотам.

Не только фюзеляж, но и крыло со стабилизатором собирают на специальном стапеле, следя за тем, чтобы после обтяжки, покрытия и окраски они не покособились. При разъемном крыле предусматривают надежные разъемы системы управления, лючки для периодического осмотра ответственных мест в управлении.

Наличие механизации на крыле (закрылки, щит-

ки, предкрылки, убирающиеся шасси) требует дополнительных рулевых машинок, каналов управления и системы механизмов исполнения. Надо обратить внимание не только на разработку конструкции механизмов, но и на их аэродинамическое действие. Щитки, закрылки, предкрылки, шасси расположены симметрично на обеих половинках крыла, и работать они должны синхронно не только в чисто механическом, но и в аэродинамическом отношении, создавая одинаковые моменты. А это требует очень тщательного их изготовления. Поэтому на радиомодели чаще приходится применять различные шаблоны и приспособления для точного изготовления и сборки двух одинаковых элементов. Так, при изготовлении набора крыла и стабилизатора нервюры, кромки, лонжероны и законцовки изготавливают обязательно попарно, одновременно для обеих половинок.

При окончательной доводке собранного крыла или стабилизатора профиль проверяют контршаблонами четырех-пяти сечений. Поперечное V крыла и установочные углы контролируют на стапеле (равной площадке типа разметочной плиты) тоже по шаблонам. В полете на крыло действует много сил — от подъемной до различных сил, вызывающих изгиб и скручивание. Крыло с большим размахом и удлинением может довольно значительно изгибаться. Необходимо обратить внимание на разнос грузов по размаху крыла. Консоли не должны быть тяжелыми. Центр масс крыла должен быть как можно ближе к фюзеляжу. При тяжелых концах крыла, когда центр масс смещен к концу, в полете выход модели из крена может под действием сил инерции происходить с опозданием, несмотря на своевременные действия элеронов.

В бипланных схемах крыльев надо тщательно изготавливать узлы крепления различных стоек, подкосов, раскосов и расчалок. Хорошо, если узлы крепления позволяют регулировать эти детали по длине, чем можно исправлять перекосы крыла и углы установки, как, впрочем, всегда делалось на прототипах таких схем.

Шасси радиоуправляемых моделей должно быть более прочным, так как часто посадки бывают грубыми и на неровной поверхности. Если на модели должно быть убирающееся шасси, то потребуются дополнительный канал и дополнительная рулевая машинка, непосредственно убирающая шасси или включающая специально сконструированный механизм уборки и выпуска.

Наиболее распространены две схемы исполнения системы уборки и выпуска шасси. По одной из них, при наличии рулевой машинки с выходным усилием 0,3—0,5 Н·т (≈ 3 —5 кгс·см), шасси убираются и выпускаются непосредственно от рулевой машинки через систему тяг и шарниров.

Когда же усилий обычной машинки не хватает, ее задействуют как переключатель полярности электродвигателя специально сконструированного механизма. Как правило, применяют малогабаритные низковольтные электродвигатели постоянного тока и к ним пристраивают шестеренчатые редукторы, повышающие усилие на выходе до величины, достаточной для уборки и выпуска шасси. Использование дополнительного электродвигателя и редуктора утяжеляет систему и требует размещения в модели дополнительного электропитания.

При использовании в механизме коллекторных электродвигателей надо иметь в виду, что они при искрении на токопередающих щетках создают магнитное переменное поле, которое может воздействовать на чувствительный приемник управления моделью. Возникает необходимость предусмотреть экранизацию двигателя, устраняющего это поле. Предпочтение обычно отдают системе воздействия непосредственно от рулевой машинки.

При выборе прототипа надо продумать, целесообразно ли выбирать тот, который имеет убирающееся шасси, учитывая большую сложность изготовления самого шасси и механизма уборки и выпуска, а также значительную их общую массу. Немаловажное значение имеет и схема шасси. Модели с носовым колесом (трехколесное шасси) гораздо легче пилотировать при взлете и посадке, но у них сложнее система уборки шасси. Если у прототипа двухколесное шасси с хвостовым колесом или костылем, то модели имеют плохие капотажные качества, их труднее пилотировать на взлете и посадке, но у них может быть простой система уборки.

Колеса шасси должны одинаково легко и свободно вращаться на оси. Если одно из них притормаживает или располагается не по оси фюзеляжа, то выдержать прямолинейность движения модели при взлете и посадке невозможно, а иногда это может привести к капотированию и поломке модели.

Система торможения колес на радио моделях применяется редко, так как при довольно большой массе и малом газе двигателя (частота вращения в пределах 2,5—4 тыс. мин⁻¹) модель спокойно стоит на месте. Большее значение, чем для кордовых моделей, приобретает система амортизации шасси. Конечно, можно ограничиться колесами-пневматиками (баллонами), но не будут лишними и амортизационные стойки, хотя бы с пружинной амортизацией.

Многомоторность на радио моделях — довольно проблематичный вопрос. Хотя в последнее время появляются и многомоторные модели, но создатели

их большие оптимисты, так как возлагают при этом большие надежды на хорошую, устойчивую работу всех моторов. А надежды эти оправдываются не часто. Проблема заключается в том, как предотвратить аварию при отказе одного или группы двигателей с одной стороны.

Такого вопроса не может быть, если двигатели расположены тандемом — один впереди, другой сзади фюзеляжа. Но таких прототипов мало. Большинство двигателей расположены на крыле. При таком расположении, если отказал один двигатель или группа двигателей, то сразу возникает вопрос — хватит ли рулей, чтобы удерживать модель в прямолинейном полете, хватит ли реакции (времени) на то, чтобы успеть среагировать пилоту рулями для удержания модели?

Пусть даже по поводу рулей сомнения окажутся неосновательными, так как любой самолет рассчитан на возможный отказ двигателя, и рулей в принципе должно хватить, но вот насчет реакции моделиста многое неясно. Во всяком случае, когда такие ситуации происходили на практике, у моделистов не хватало времени, чтобы удерживать модель в прямолинейном полете. По-видимому, здесь не обойтись без специального автоматического устройства, не только регулирующего синхронность работы двигателей, но и реагирующего на отказ одного или группы двигателей.

Появление пропорциональной радиоаппаратуры дистанционного управления моделями все больше привлекает желающих заняться этим видом творчества и спорта. Но следует заметить, что в разработке и изготовлении радиоуправляемой модели копии нет второстепенных деталей. Все так же, как и в настоящем самолете, должно быть хорошо продумано. Радиоуправляемая модель, как никакая другая, требует точных расчетов по аэродинамике, массе и прочности конструкции, так как она, как и настоящий самолет, зависит от многочисленных факторов. Поэтому человеку, не знакомому с основами аэродинамики и не умеющему сделать элементарные расчеты, трудно сконструировать и построить модель-копию самолета без серьезных ошибок.

МОДЕЛИ-КОПИИ ГИДРОСАМОЛЕТОВ

На протяжении всей истории существования моделей-копий не ослабевал интерес к гидросамолетам и амфибиям. Эти прототипы притягательны как в конструктивном, так и в полетном отношении. Многие моделисты сходятся во мнении, что проще найти водоем для запуска радиоуправляемой гидро модели, чем подходящую площадку для сухопутной.

По своему техническому решению модели гидросамолетов схожи с другими моделями и имеют общие конструктивные элементы. Зачастую было и так, что самолеты, сконструированные как сухопутные, устанавливали на поплавковые шасси, превращая их в гидросамолеты (рис. 201). Но есть среди гидросамолетов летающие лодки и амфибии, которые уже существенно отличаются от сухопутных.

Летающая лодка имеет фюзеляж типа лодки, на него она опускается на воду и взлетает с воды (рис. 202). Амфибия — это как бы гибрид летающей лодки и сухопутного самолета. Имея дополнительно к гидрофюзеляжу колесное шасси, убираемое при посадке на воду, амфибия может взлетать и садиться как на водную поверхность, так и на землю (рис. 203).

Гидросамолеты с поплавковыми шасси бывают одно- и двухпоплавковые. Для большей устойчивости при маневрировании по водной поверхности могут быть дополнительные, меньшие по размерам, поплавки, укрепленные на крыле (рис. 204). У летающих лодок тоже часто бывают дополнительные поплавки. Но иногда их не бывает, а на фюзеляже в единой конструкции предусматривают по бокам дополнительные поплавки, увеличивающие устойчивость на воде.

Вода — более вязкая среда, чем воздух. Площадь соприкосновения взлетных приспособлений (поплавки, гидрофюзеляж) с водой гораздо большая, чем колесного шасси сухопутных самолетов, да и миделево сечение тоже гораздо большее. Поэтому сопротивление на взлете и посадке, а также и в воздухе у гидросамолетов больше. Для преодоления его требуется большая мощность двигателя, увеличивается взлетная дистанция. Поэтому, разрабатывая модель-копию гидросамолета, необходимо учесть, что двигатель тоже потребует более мощ-

ный, чем для сухопутной модели тех же характеристик.

Кроме того, надо помнить, что дело здесь приходится иметь с водой, которая будет смачивать поверхность поплавков или гидрофюзеляжа. Не исключена возможность ее попадания и внутрь конструкции. Поэтому придется применять конструкционные материалы, клеи и покрытия, стойкие против влаги. Надо учесть, что масса поплавков будет значительно больше, чем масса колесного шасси того же самолета.

Изготавливая модель-копию гидросамолета, делают поплавковое шасси, такое же как и у прототипа. Но предварительно следует запомнить несколько требований, которые предъявляются к поплавковому шасси.

Они должны обеспечивать:

устойчивое положение как в покое, так и в движении модели;

как можно более быстрый отрыв от водной поверхности и прямолинейность при разбеге;

надежную посадку на водную поверхность;

по возможности наименьшее сопротивление при полете.

Если взять несколько прототипов и исследовать поплавковое шасси, то обнаружится, что масса вытесняемой воды при полном погружении поплавков примерно в 2,5—3 раза больше максимальной взлетной массы самолета, а длина поплавков составляет примерно 0,7—0,8 длины фюзеляжа. Таким образом, поплавки должны быть погружены в период покоя всего на одну треть объема.

Если поплавки по объему соответствуют норме, но по длине короче, самолет на воде будет неустойчив. При увеличении тяги двигателя поплавки будут зарываться в воду и взлет обычно оказывается невозможным. А если он и состоится, то, наоборот, при посадке хвостовая часть может оказаться в воде.

Наиболее правильное расположение поплавкового шасси показано на рис. 205. Центр тяжести должен проходить через редан поплавков. Объем поплавков от редана вперед должен быть несколько большим, чем от редана назад, и угол установки поплавков (угол между осью самолета и поверхностью воды при покое) должен быть в пределах



Рис. 201. Самолет на поплавковом шасси

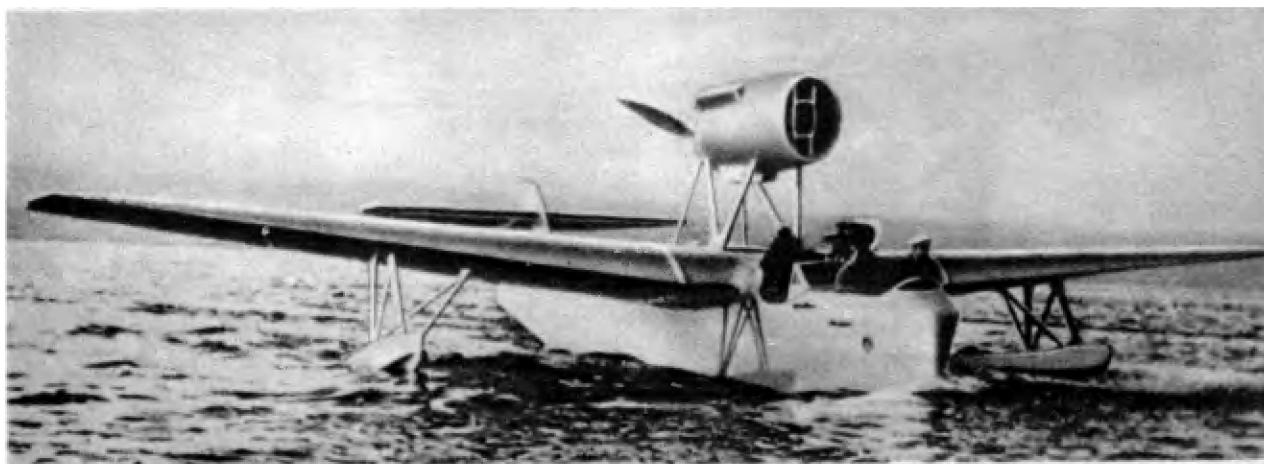


Рис. 202. Летающая лодка

3—5°. Для поперечной устойчивости на воде расстояние между осями поплавков должно быть не менее 0,2—0,25 размаха крыла.

Наиболее часто встречающиеся конструкции поплавкового шасси — реданного типа, прикрепляемые к фюзеляжу подкосами, распорками и расчалками. На рис. 206 показан наиболее часто встречающийся поплавок с некоторыми значениями пропорций элементов относительно длины поплавка.

По конструкции внутреннего силового набора и изготовлению поплавки моделей имеют много общего с фюзеляжем. Они могут быть как наборными, состоящими из ряда перегородок (шпангоутов) и продольных стрингеров с концевыми носками-бобышками, так и изготовленными с наполнителями (рис. 207). Могут быть также выклеенными из стеклоткани на эпоксидной смоле в матрицах, подобно фюзеляжу. По форме, обводам и способам

крепления они должны быть такими же, как у выбранного прототипа. Вся поверхность поплавков после отделки должна быть водонепроницаема и покрыта водостойкими красками и лаками.

У летающих лодок и амфибий такое внимание уделяют фюзеляжу. Особенно обращают внимание на герметичность различных лючков, ниш убирающихся шасси и фонарей кабин.

Чрезвычайно важное значение герметичность приобретает для радиомodelей. При поломке или при случайном проникновении воды бортовая аппаратура может выйти из строя. Для того чтобы этого не случилось даже при значительных поломках и падении модели в воду, надо предусмотреть защиту бортовой радиоаппаратуры. Приемник, рулевые машинки, аккумуляторы помещают в специально предусмотренные герметические отсеки или упаковывают в полиэтиленовые мешочки. Тяги управле-

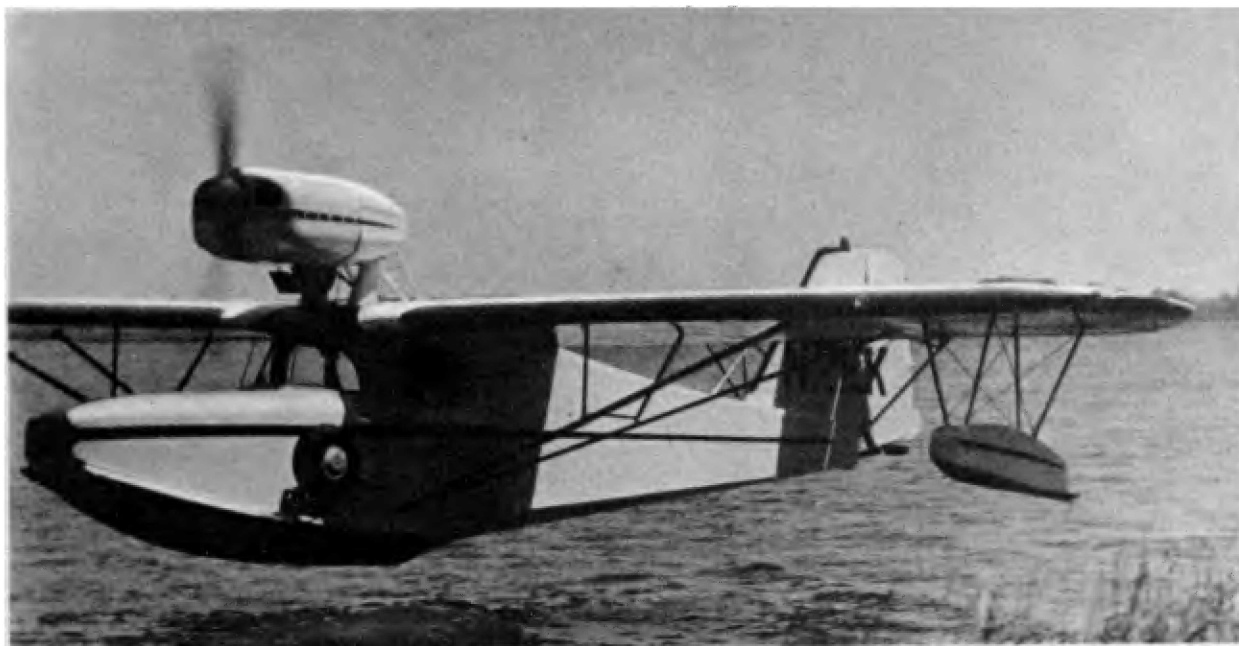


Рис. 203. Самолет-амфибия

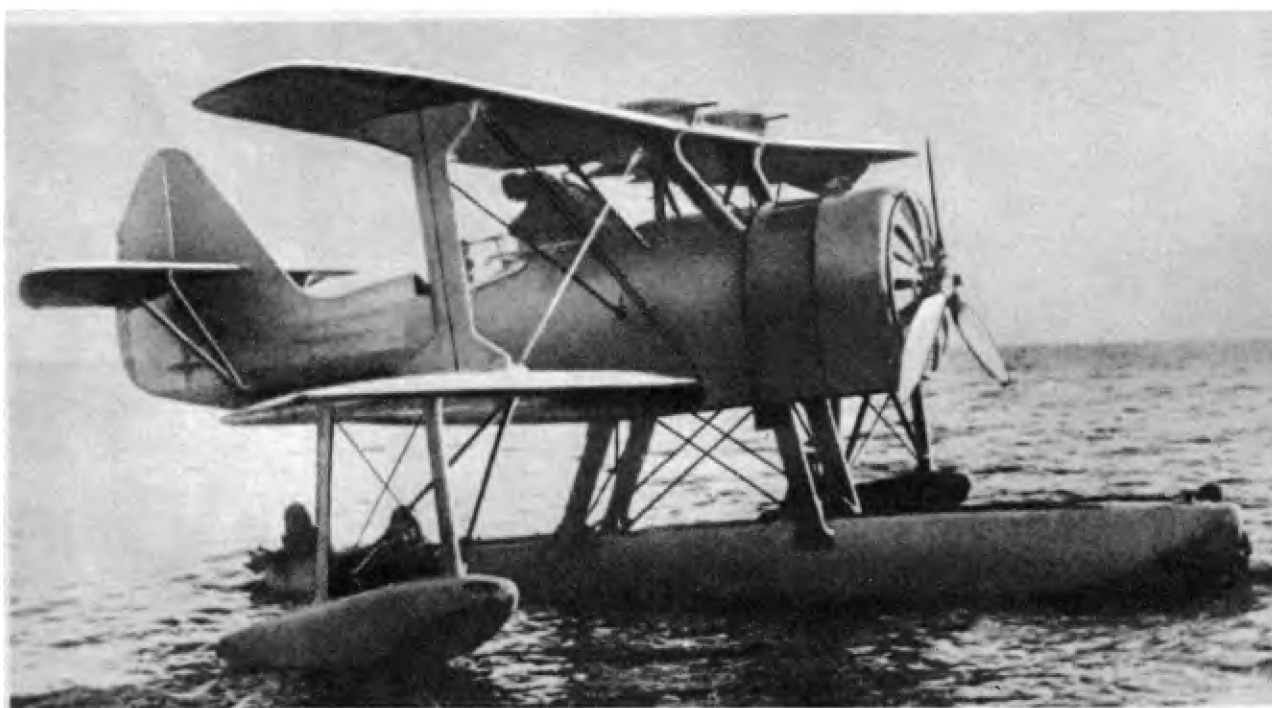


Рис. 204. Гидросамолет с одним поплавком под фюзеляжем и двумя вспомогательными на крыльях

ния проводят через другие отсеки в уплотнительных направляющих втулках. Модель должна быть непотопляема даже при значительных поломках, для чего в конструкции фюзеляжа, поплавков и крыльев предусматривают изолированные герметичные переборки, образующие герметичные отсеки.

С появлением надежной аппаратуры радиоуправляемые гидро модели становятся все популярнее. В свое время строились кордовые гидро модели, но они не получили распространения лишь пото-

му, что для их запуска необходим специальный водоем.

Ввиду того что площадь соприкосновения гидрошасси гораздо больше, чем колесного, сопротивление из-за большей вязкости среды тоже значительно, то и моменты относительно центра тяжести тоже больше. Ось тяги воздушного винта на гидросамолетах всегда выше точки приложения сопротивления взлетного приспособления и, как результат, создается пикирующий момент. Чтобы компенсиро-

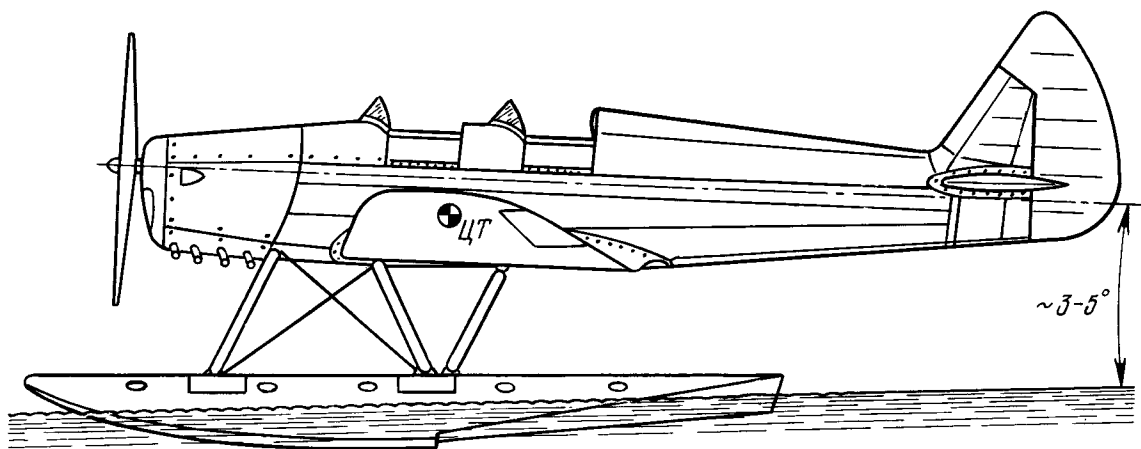


Рис. 205. Установка поплавков на гидросамолете

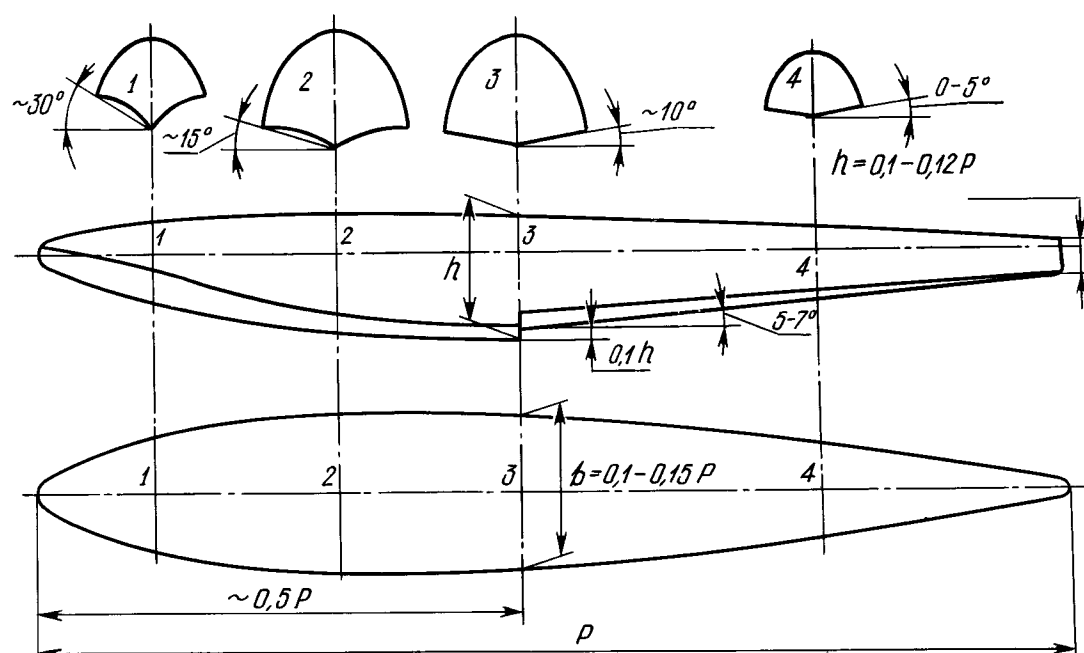


Рис. 206. Поплавок гидросамолета и некоторые соотношения параметров его элементов

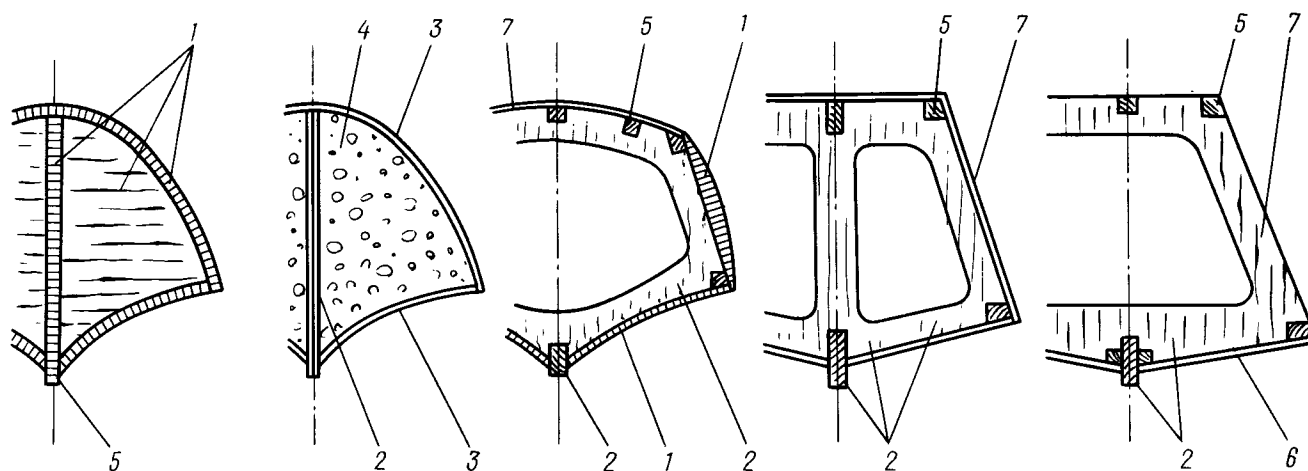


Рис. 207. Конструкция поплавков моделей:

1 — бальза; 2 — фанера; 3 — стеклопластик; 4 — пенопласт; 5 — сосна; 6 — картон; 7 — бумага

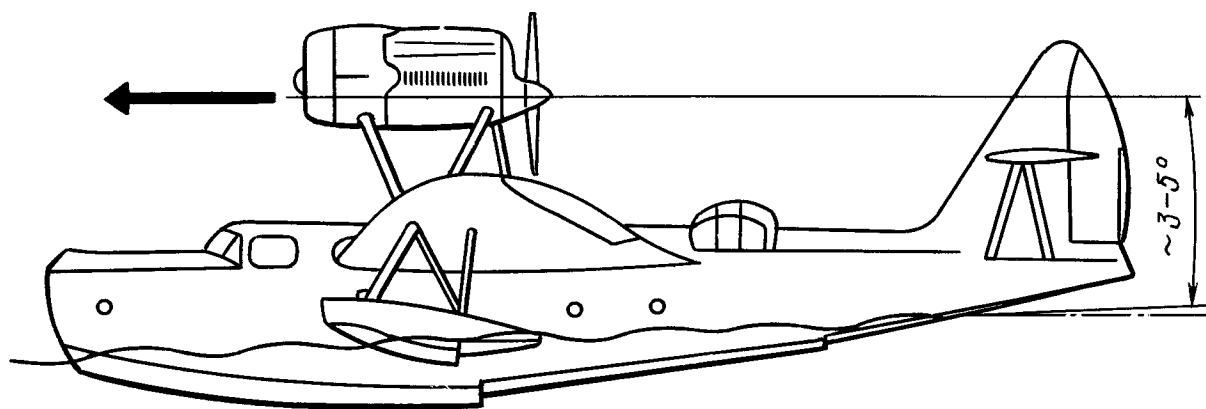


Рис. 208. Смещение оси тяги на летающей лодке

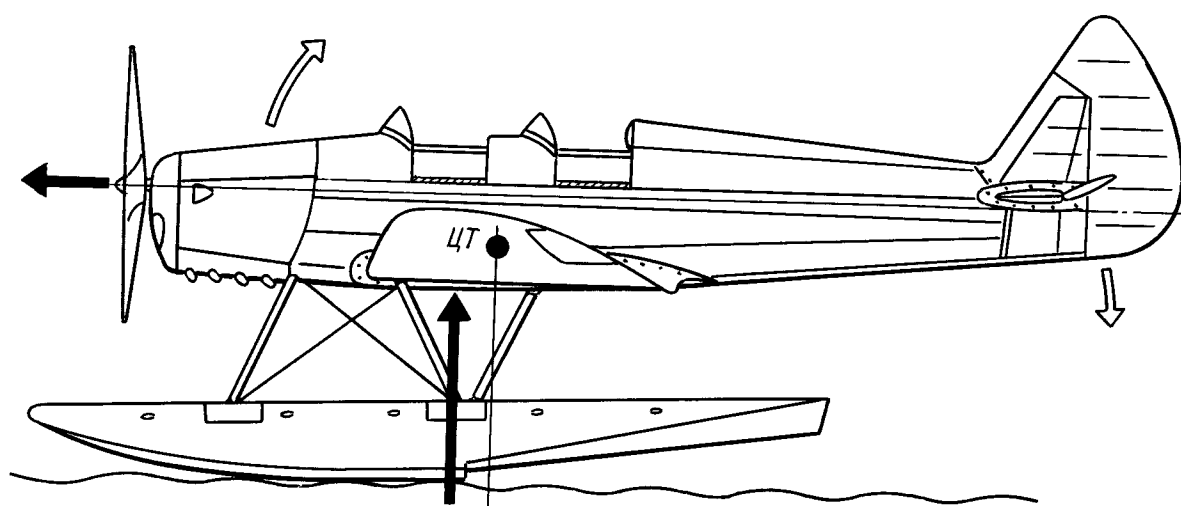


Рис. 209. Центр тяжести позади редана

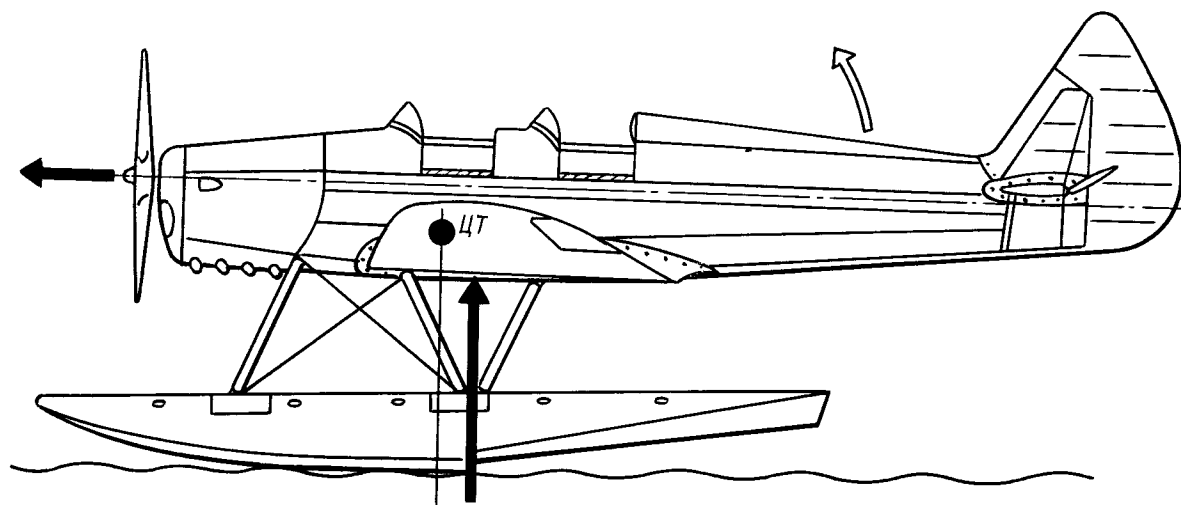


Рис. 210. Центр тяжести впереди редана

вать в какой-то мере этот момент, поплавки размещают под некоторым углом к оси тяги, а ось тяги винта (ось двигателя) на летающих лодках устанавливают под некоторым углом к строительной оси фюзеляжа-лодки — вверх (рис. 208).

Для улучшения взлетных характеристик на поплавках и фюзеляже летающей лодки делают один или несколько реданов — специальных уступов на днище, которые помогают быстрому выходу поплавков или фюзеляжа на поверхность воды, тем самым уменьшая сцепление с водой и, как следствие, ускоряя отрыв от воды. При взлете скорость нарастает медленно, а сопротивление поплавков не идеально равномерно. Да и корпус лодки обтекается неравномерно. И появляются разворачивающие моменты. Рули управления самолетом на малых скоростях малоэффективны. Поэтому для сохранения прямолинейного движения при взлете и посадке, а также при маневрировании на воде, на поплавках и гидрофюзеляже устанавливают дополнительные рули управления по курсу.

В процессе разработки конструкции модели большое внимание уделяют расположению центра тяжести модели относительно поплавков, так как это очень влияет на взлетные качества модели.

Обычно на самолете центр тяжести на взлете находится на вертикальной оси, проходящей через основной редан (центр) на поплавках. Но здесь важен еще один фактор. Водоизмещение поплавков вперед от редана и назад должно быть одинаковым, тогда модель на воде будет стоять в нужном взлетном положении. Поплавки устанавливают так, чтобы ось тяги винта (а иногда она совпадает со строительной осью фюзеляжа) была под некоторым положительным углом к водной поверхности, а поплавки погруженными равномерно в воду.

Лучше, когда центр тяжести проходит по вертикальной линии немного сзади основного редана, тогда на взлете создается кабрирующий момент, улучшающий отрыв от водной поверхности

(рис. 209). Если центр тяжести проходит впереди редана, создается пикирующий момент, способствующий зарыванию поплавков и ухудшающий отрыв от водной поверхности. При слишком переднем смещении центра тяжести относительно редана взлет может быть невозможным даже при большом отклонении руля высоты (рис. 210).

Необходимо обратить внимание на жесткость крепления поплавков. Если поплавки в результате слабого крепления будут иметь возможность хотя бы немного смещаться относительно друг друга и фюзеляжа, то будет возникать их вибрация, а в результате — неравномерное сопротивление и разворачивающие моменты.

Для уменьшения трения воды поверхность поплавков (гидрофюзеляжа) тщательно отделяют и полируют.

Не допускается наличие поперечных выступов ребер в результате просадки обтяжки.

Для улучшения прямолинейности движения модели на разбеге перед взлетом и пробеге после посадки на поплавках и гидрофюзеляже делают одно или несколько продольных ребер от носка до редана.

Техника пилотирования гидромodelей примерно такая же, как и сухопутных. Надо лишь учитывать более сложные взлет и посадку, а также балансировку в полете. При разбеге модели перед взлетом, а также при пробеге после посадки нельзя допускать резких движений рулями, особенно рулем поворота, так как при этом создается боковое скольжение, сопротивление поплавков (гидрофюзеляжа) сильно возрастает, что может привести к опрокидыванию модели.

Механизация на гидромodelях бывает такая же, как и на всех остальных моделях. Чаще строят модели многомоторные, так как получили распространение прототипы с двумя двигателями, установленными тандемом (друг за другом), что исключает появление нежелательных моментов во время отказа одного двигателя.

МОДЕЛИ-КОПИИ РЕАКТИВНЫХ САМОЛЕТОВ

Сразу же с наступлением эры реактивных самолетов появился и интерес к постройке их летающих моделей-копий (рис. 211). Иногда строители летающих моделей других классов (кордовых пилотажных, радиоуправляемых пилотажных) придают своим моделям вид, напоминающий современный реактивный самолет. Привлекает совершенство аэродинамических форм и стремительность полета. В истории развития моделизма нашли применение и реактивные силовые установки — прямоточные двигатели, пульсирующие реактивные двигатели, а в последнее время даже турбореактивные, которые еще очень сложны по конструкции и технологии изготовления.

А вот относительная простота конструкции некоторых авиамодельных реактивных двигателей часто привлекает внимание строителей малой авиации. Но применение таких двигателей связано со значительными трудностями. Факторами, сдерживающими

распространение этих двигателей, являются высокий температурный режим работы, высокая температура выхлопных газов, сложность запуска и эксплуатации и повышенный шум, из-за которого прежде всего к ним на соревнованиях предъявляются особые технические требования. В связи с высоким температурным режимом при изготовлении моделей применяется больше металла, а это утяжеляет конструкцию. Двигатели расходуют довольно большое количество топлива, возникают затруднения с его размещением на модели. Увеличенная нагрузка на единицу площади ухудшает пилотажные качества.

Однако моделисты — народ пытливый и изобретательный. В своих поисках они нашли такие схемы реактивных самолетов, в которых, почти не меняя их внешнего вида, можно использовать поршневые двигатели с воздушным винтом. Схемы таких самолетов позволяют носовую часть фюзеляжа превратить в обтекатель винта, а двигатель спрятать в фю-



Рис. 211. Модель-копия реактивного самолета

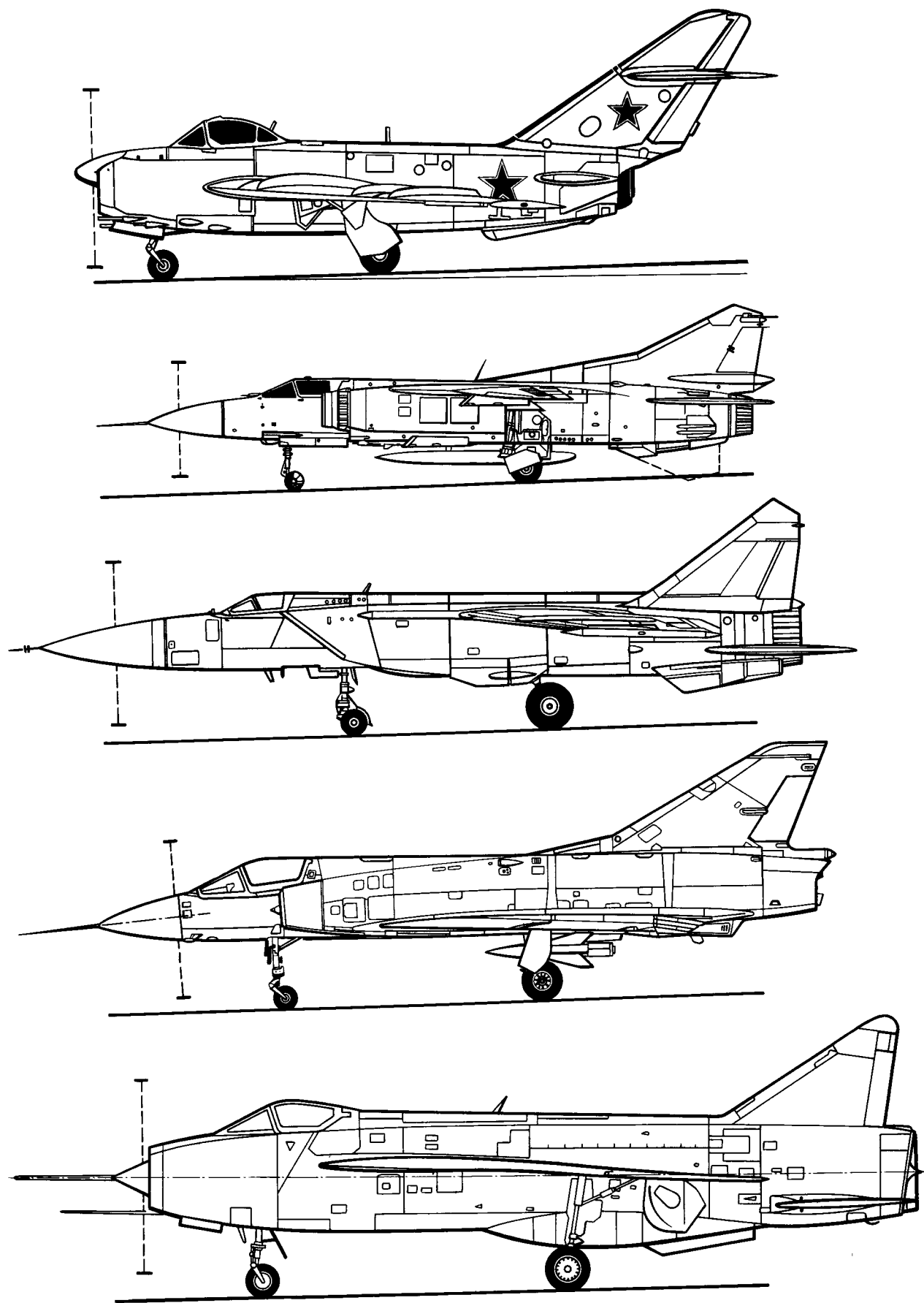


Рис. 212. Схемы самолетов, пригодных для использования под модели с воздушным винтом

Рис. 213. Размещение импеллерной установки:

1 — импеллер; 2 — двигатель; 3 — спрямляющее устройство; 4 — кок импеллера

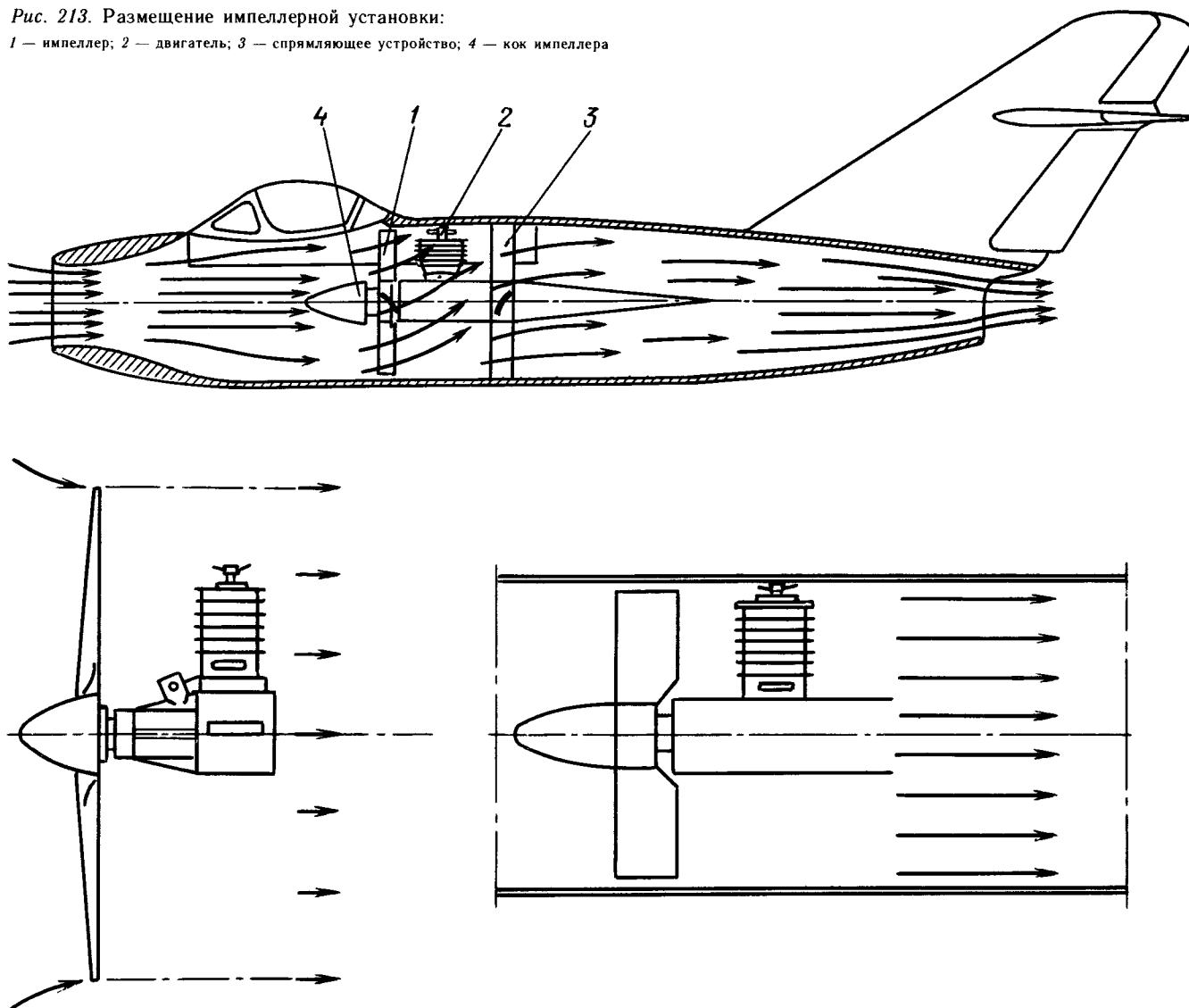


Рис. 214. Сравнение обычной винтовой установки с импеллерной

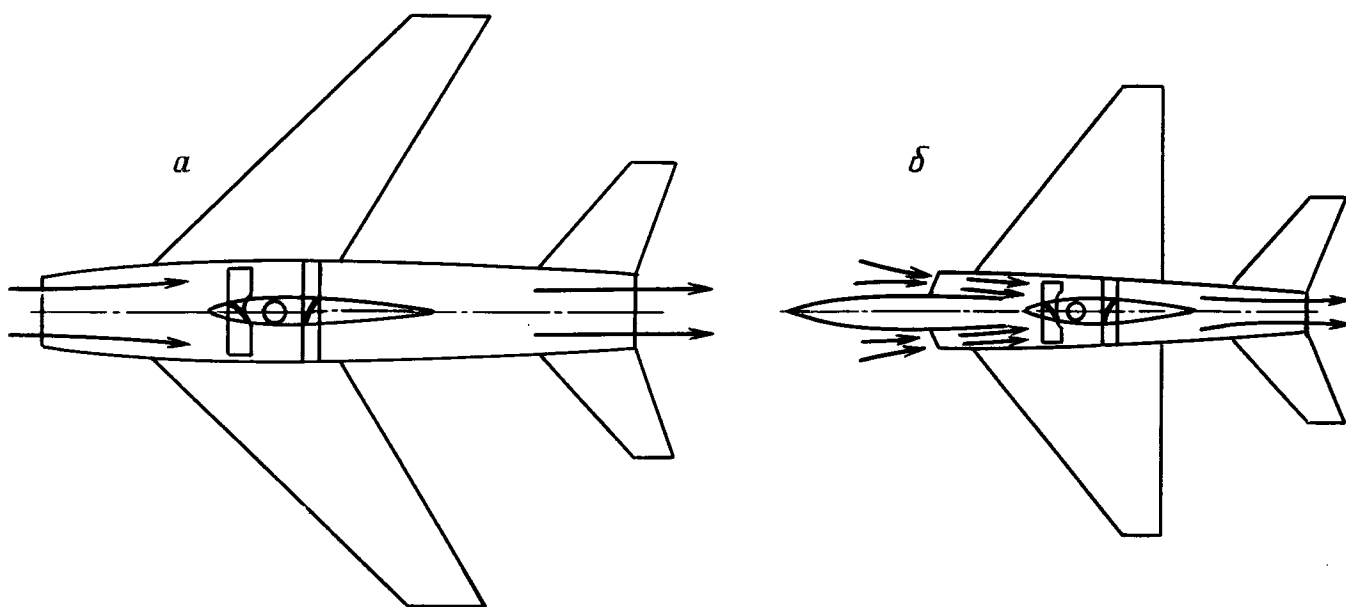


Рис. 215. Различные входные тоннели:

а — носовой входной тоннель; б — боковые входные тоннели

зеляже или мотогондоле. Вращающийся воздушный винт не виден, и создается зрительный эффект реактивного самолета в полете. Такая компоновка модели позволяет сохранить ее внешнее подобие прототипу и добиться неплохих летных характеристик (рис. 212)

Но в разработке и изготовлении летающих моделей-копий реактивных самолетов есть еще и другие трудности. Главная из них — это трудность добиться соответствующих скоростей полета. Ограниченные возможности воздушного винта в свое время привели к разработке в авиации реактивных двигателей. Увеличение скорости полета повлекло за собой изменение аэродинамических характеристик, что в свою очередь привело к существенному изменению схем компоновки самолета, формы и соотношения несущих плоскостей, профилей крыльев, нагрузочных и других характеристик. Площадь крыльев резко уменьшилась, профили стали более тонкие, вид в плане — стреловидный и треугольный, появились изменяемая в полете геометрия крыла и стреловидность, нагрузка на единицу площади резко возросла. Все эти новшества сказываются и на возможности изготовления летающих моделей-копий.

Чтобы модель-копию реактивного самолета тех же примерно параметров, что и винтового, заставить летать, потребуется двигатель гораздо большей мощности. Очень часто высота шасси исключает применение воздушного винта, а отступление от точности копирования за счет удлинения стоек нежелательно.

Творческая мысль модельстов привела еще к одному направлению в разработке силовых установок для моделей-копий реактивных самолетов — это так называемая импеллерная, или тоннельная схема. Конструкция, состоящая из тоннеля, в котором расположена силовая установка с воздушным винтом, напоминает вентиляторы, часто применяемые для нагнетания или отсоса воздуха в некоторых установках.

Использование импеллерных схем имеет то преимущество, что дает возможность вписать в конструкцию выбранного прототипа двигатель с воздушным винтом и не испортить внешний вид. Но недостаток в ней пока много. Само размещение двигательной установки ограничено конструкцией и сечением места расположения. Если уменьшить диаметр вентилятора, потребуется увеличить количество лопастей и оборотов, а это приведет к возрастанию вредных сопротивлений и моментов, снижающих коэффициент полезного действия. Дело в том, что двигатель, вращающий вентилятор, тоже находится в струе воздуха и создает дополнительное сопротивление: за вентилятором поток закручен, и моменты, возникающие от закрутки потока, довольно значительны (рис. 213). Для уменьшения этих моментов делают устройства, спрямляющие поток, но они сами представляют дополнительное сопротивление потоку. Если коэффициент полезного действия винта достигает 0,75, то самая совершенная импеллерная схема пока не дает коэффициент более 0,5, причем мощность для вращения импеллера требуется большая. Но постройка летающих моделей-копий реактивных самолетов возможна и с такими характеристиками при условии применения мощных двигателей, легких конструкционных материалов, а иногда и за счет прочности.

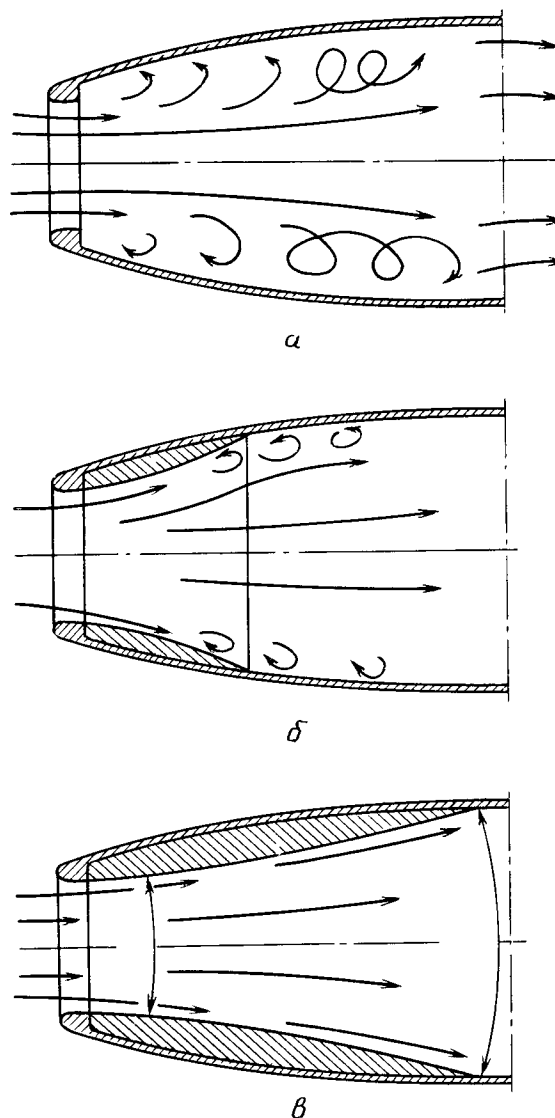


Рис. 216. Оформление входного тоннеля:
а — плохое; б — приемлемое; в — наилучшее

Сравнительные параметры воздушного винта и импеллера наглядно показаны на рис. 214. Размещение импеллерной силовой установки сильно зависит и от входных отверстий тоннелей на самолете-прототипе. На рис. 215 представлены две наиболее распространенные схемы входных тоннелей. Поток воздуха в тоннеле движется с довольно большой скоростью и коэффициент трения приобретает особо важное значение. Чтобы поток воздуха не имел больших завихрений, входное сечение тоннеля должно быть особым образом профилировано. Из различных форм входного тоннеля, показанных на рис. 216, наиболее приемлем последний (рис. 216, в). Стенки всего тоннеля должны быть хорошо обработаны и отполированы для уменьшения коэффициента трения. Представление о простейшем вентиляторе и его размерностях относительно диаметра дает рис. 217. Для двигателей рабочим объемом 2,5—3 см³ возможно изготовление таких вентиляторов из древесины (липа, береза), для больших объемов необходимо подбирать материал (пластмасса, композитные материалы) с учетом каждого конкретного случая.

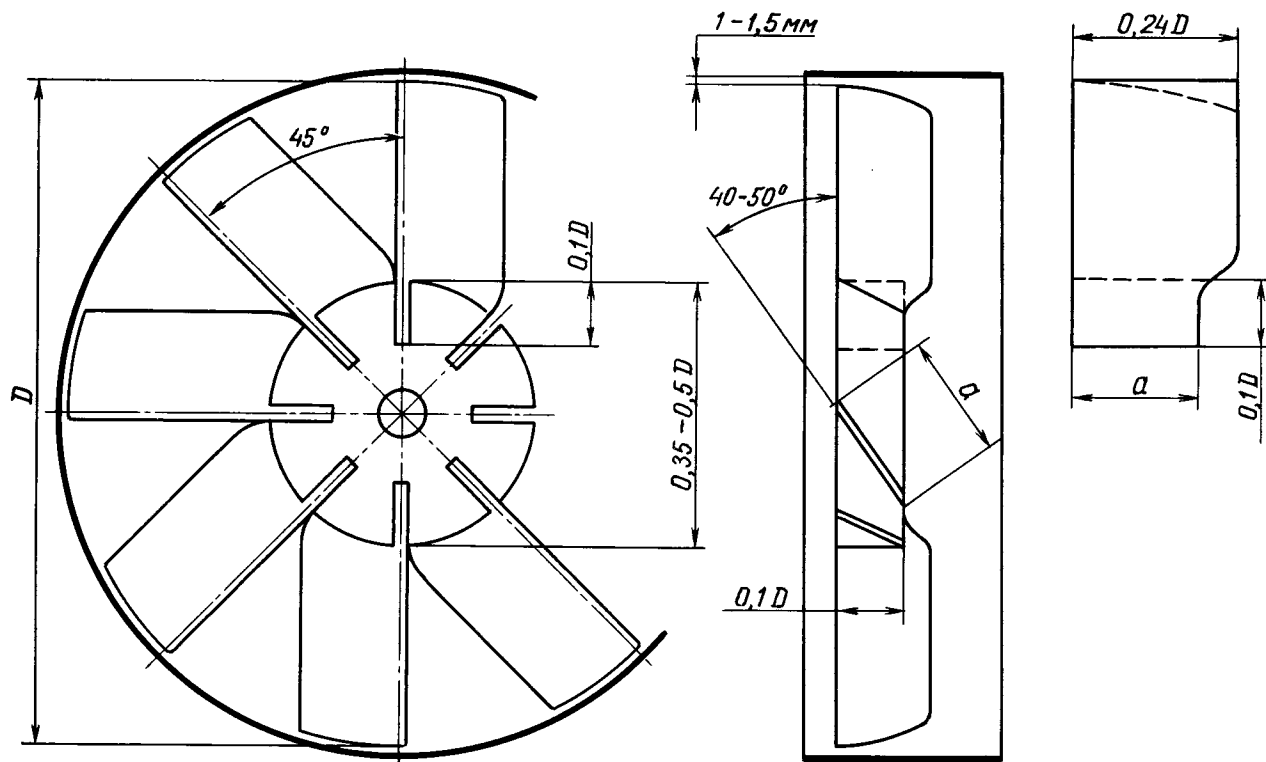


Рис. 217. Конструкция и пропорции простейшего импеллера

Важное значение имеет и соотношение сечений входного и выходного отверстий. Выходное отверстие не должно создавать поджатия после вентилятора, иначе возникнет дополнительное сопротивление, которое резко уменьшит скорость потока воздуха.

Статистика показывает, что нагрузка у сравнительно хорошо летающих моделей-копий реактивных самолетов лежит в следующих пределах: у свободнолетающих моделей — 30—40 гс/дм², у радиоуправляемых — 40—60 гс/дм², у кордовых — 50—90 гс/дм².

Масса двигательной установки импеллерной схемы довольно значительна и сильно влияет на центровку модели. Часто при выбранной схеме прототипа двигатель удается расположить в нужном месте, но подход к нему для запуска оказывается затрудненным, и приходится часть конструкции модели делать быстроразъемной. Для запуска двигателя

шнуром пользуются специальным приспособлением (по способу, применяемому судомоделистами) или стартером с электропитанием от переносного аккумулятора.

Пилотирование данных моделей-копий осложняется тем, что при существующих двигательных установках пока не удается достичь нужных скоростей для устойчивого и высокоманевренного полета модели. С ростом скорости увеличиваются радиус выполняемых фигур и посадочная скорость. Это требует осторожного пилотирования модели, недопущения потери скорости и управляемости. На кордовых моделях увеличение скорости может привести к невозможности демонстрации вертикальных фигур.

Тип моделей-копий реактивных самолетов находится в бурном развитии, особенно в радиоуправляемом исполнении. Появляются все более мощные двигатели и совершенные импеллерные двигательные установки.

ПИЛОТИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ-КОПИЙ

Конечным результатом работы над моделью-копией является ее полет. Стремление увидеть результат работы тем больше, чем ближе окончание изготовления. Но не надо спешить поднять свое изделие в воздух. Результат поспешности обычно бывает сломанная модель и вместе с ней иногда надламывается и уверенность в себе. Восстановить уверенность зачастую значительно труднее, чем склеить обломки пострадавшей модели.

Любую модель желательно опробовать в полете еще до окончательной окраски и отделки.

Если строят модель для участия в соревнованиях, самым лучшим вариантом было бы иметь две модели, одинаковые по массе и летным характеристикам. Одну из них (без окончательной отделки и детализовки, даже с упрощенным шасси) используют для тренировки и отработки всех элементов полета и фигур высшего пилотажа. Тогда для другой, отделанной модели потребуется меньшее количество полетов, и она будет более «чистой» для стеновой оценки.

Для того чтобы запустить модель в полет, требуется специальное оборудование. Так, для заправки бачка топливом на моторных моделях с двигателем внутреннего сгорания необходимо заправочное приспособление, например, в виде мягкого пластмассового флакона, в пробке которого укреплен штуцер с кембриком, надеваемым на заправочную трубочку бачка. Для резиномоторной модели нужно иметь специальную рейку для заправки резиномотора внутрь фюзеляжа и ручную дрель для быстрого закручивания резиномотора. Для любой модели понадобятся несколько запасных воздушных винтов на случай поломки, минимальный набор инструментов для сборки модели, открытия лючков, крепления агрегатов и производства мелкого ремонта.

Для запуска калильного двигателя следует подготовить пусковой аккумулятор напряжением 1,5 В с проводом и вилкой для соединения со свечой мотора. Желательно на аккумуляторе укрепить ампервольтметр, по которому можно контролировать степень зарядки аккумулятора, исправность проводки и свечи двигателя.

Чтобы облегчить запуск поршневых двигателей, моделисты часто применяют стартеры, представляющие собой механическую конструкцию из набора шестерен, раскручиваемых ручкой, или электрическую, состоящую из довольно мощного (до 100 Вт)

электродвигателя постоянного тока, питаемого от переносного аккумулятора.

Для всех стартовых принадлежностей лучше сделать небольшой чемоданчик (ящичек), удобный при переноске. В этом ящичке необходимо иметь чистые тряпки для протирки модели, немного бензина Б-70 для удаления остатков горючего и запас топлива для двигателя на несколько полетов. В ящичке все принадлежности должны быть размещены в строго определенном порядке, удобном для пользования.

Также надо подумать о транспортировке модели до места запуска. Если модель разбирается на несколько частей, хорошо предусмотреть специальный ящик для ее упаковки, в котором все части модели должны закрепляться, чтобы они не тряслись и не терлись друг о друга. Часто вместо ящика для каждой части делают специальный чехол из плотного картона или других материалов, но в этом случае перевозить модель надо с большей осторожностью.

Пилотирование кордовых моделей

Если у начинающего моделиста нет опытного наставника, то на «аэродроме» ему придется столкнуться с немалыми трудностями, которые можно разделить на три вида:

- отказы техники;
- неизвестность динамических характеристик модели и ее балансировка;
- неумение пилотировать модель.

Когда эти трудности существуют одновременно, выпутаться из них, не разбив модель, практически невозможно. Лучше их преодолевать последовательно, а не все сразу.

В первую очередь рекомендуется начать борьбу с опасностью отказа техники. Работоспособность и надежность модели должны быть неоднократно проверены. Перед выходом на запуски модели в воздух не должно оставаться сомнений в том, что есть что-то недоделанное или что-то работает не так, как хотелось бы. Обязательно нужно проверить: правильность изготовления модели, отсутствие перекосов, правильность установочных углов крыла и стабилизатора, надежность крепления отъемных частей, легкость движения управляемых рулей и агрегатов, отсутствие заеданий в крайних положениях;

правильность установки двигателя, прочность его крепления и контровки, надежность закрепления воздушного винта и кока, если таковой имеется, отсутствие перегибов трубки, по которой топливо поступает от бака к двигателю, и других причин, препятствующих поступлению топлива.

Двигатель должен быть обкатан еще до установки на модель, но работу силового комплекса (мотор-система питания) необходимо опробовать на модели до полетов. Двигатель может иметь свои особенности при запуске и регулировке режима и их надо хорошо освоить. Полетный режим работы двигателя регулируется таким образом, чтобы он выходил на полные обороты при поднятом вертикально фюзеляже носом вверх и немного снижал обороты при нормальном горизонтальном положении фюзеляжа.

Каждому запуску модели в воздух предшествует определенная подготовка. Двигатель (двигатели) опробуют на модели за 5—10 мин до полета. Перед каждым полетом обязательно проверяют систему управления рулем высоты и всеми работающими агрегатами. Лучше всего двигатель для полета запускать и регулировать самому, но если с этим хорошо справляется помощник, можно доверить и ему.

Моделист, имеющий опыт пилотирования других кордовых моделей, сравнительно легко может поднять в воздух и модель-копию. Если же такого опыта нет или в пилотировании был большой перерыв, надо сначала потренироваться на простой модели.

Последовательность освоения запуска модели в воздух и первых навыков пилотирования должна соответствовать следующим рекомендациям:

- растянуть корды, подсоединить к модели, протереть мягкой тряпочкой, следя, чтобы не было перекручивания, проверить правильность отклонения руля высоты.

- запустить двигатель, подрегулировать его работу, и если предусмотрен полет на спине, то работу двигателя проверить в этом положении модели;

- разбег модели должен начинаться по ветру;

- выполнять фигуры в подветренной зоне, так, чтобы ветер дул запускаящему в спину;

- для ровного полета модели управлять движением вытянутой руки, а не кистью;

- при провисании корд быстро отойти назад или прижать к себе руку и больше этого не допускать;

- делать горки и пикирования с каждым разом все круче, хорошо чувствуя модель при полностью натянутых кордах.

Самый ответственный момент — это взлет и первые круги полета, когда моделист начинает чувствовать модель «на руке». Это чувство будет определяющим в интенсивности движения рукой при управлении моделью. Нельзя насильно отрывать модель от земли, она должна набрать скорость и сама оторваться. Если же этого не происходит, необходимо остановить разбег (при наличии управления газом), выяснить и устранить причины плохого взлета.

После отрыва от земли модели дают плавно набрать высоту 1,5—2 м над землей, а затем рекомендуют поводить ее на этой высоте, чтобы почувствовать реакцию модели на действия ручки управления. При наличии на модели механизации

(система регулирования газа, убирающееся шасси, щитки) в первом полете желательно осуществлять только регулирование газа. Затем, убедившись в течение трех—пяти полетов, что модель летит и управляется нормально, можно опробовать работу остальных механизмов. И лишь когда моделист достигнет уверенного и стабильного управления моделью, можно начинать отрабатывать фигуры пилотажа.

Некоторую сложность представляет подготовка и запуск в полет многомоторной модели. Двигатели на такой модели должны работать в воздухе надежно, устойчиво, без перебоев. Если в полете отказывает один или несколько двигателей, надо очень быстро оценить обстановку и принять соответствующее решение. По правилам соревнований все двигатели на многомоторной модели должны работать в течение пяти кругов с момента взлета; в этом случае упражнение «многомоторность» считается выполненным. При отказе двигателей до выполнения пяти кругов необходимо решить, будет ли продолжение полета безопасным для модели. Лучше (при наличии регулирования газом) прекратить полет и постараться учесть все ошибки в следующем полете, чем разбить модель и потерять возможность дальнейшего выступления.

Наиболее сложным элементом демонстрации полета модели является посадка. Как и все другие элементы полета, посадка должна быть выполнена так, как ее выполнял прототип. Особое внимание при посадке надо обратить на четкие и плавные действия ручкой управления, не допуская резких движений, приводящих к взмываниям модели и потери скорости. При наличии плавного регулирования газа, надо постепенно уменьшать его и по мере приближения к земле создавать модели посадочное положение. Когда модель уверенно покатится по земле, газ должен быть минимальным. В крайнем положении управления газом двигатели должны остановиться.

После выполнения тренировочных полетов или очередного выступления на соревнованиях аккуратно сматывают корды, отсоединяют их от модели, протирают модель, а все стартовые принадлежности укладывают в специальный ящик. Модель постоянно содержат в полной готовности к полету.

Пилотирование радиоуправляемых моделей

Прежде всего надо отметить, что копии самолетов — высшая ступень радиоуправляемых летающих моделей. Порой моделист не в состоянии сделать две одинаковые модели: одну — для тренировки, другую — для участия в соревнованиях. Данный класс моделей доступен лишь моделистам, имеющим опыт пилотирования простых и сложных пилотажных радиомоделей самолетов. Поэтому моделисту, построившему копию самолета, необходимо обратиться к более опытному товарищу, а при умении пилотировать необходимо поддерживать технику пилотирования и тренироваться на более простой пилотажной модели. Но нельзя допускать и другую крайность — тренироваться только на пилотажной модели.

Как правило, у моделей-копий нагрузка на несущую поверхность гораздо больше, чем у пилотажных моделей. В результате этого заметнее стано-

вится тенденция к запаздыванию при выводе из фигур, а также инерция при вводе, а порой и нехватка площади рулей на малых скоростях, что требует энергичных действий ручками.

Модели, у которых имеется дополнительная механизация (убирающееся шасси, щитки), требуют особой техники пилотирования. Например, при закрылках, отклоненных на взлете на 15° , разбег сокращается почти вдвое, скорость отрыва гораздо меньше, эффективность рулей тоже соответственно уменьшается и требует более энергичных движений ручками. Угол планирования с закрылками или щитками, выпущенными на $30\text{--}45^\circ$, значительно круче, скорость планирования с убраным газом тоже меньше, посадка происходит на больших углах атаки и характер движения ручками будет тоже иным.

Убирающееся шасси также значительно меняет характер полета. С убраным шасси увеличивается скорость полета при том же газе. В зависимости от конструкции шасси и способа его уборки меняется и центровка модели. Это ведет к изменению чувствительности модели на отклонение рулей.

Управление шасси, закрылками и другой механизацией требует от пилота дополнительного времени и внимания при пилотировании.

Большая нагрузка на единицу несущей площади требует установки на модель более мощного двигателя для обеспечения нужной скорости перемещения модели, а это приводит к увеличению действия моментов от винтомоторной установки, что, в свою очередь, требует дополнительной регулировки модели.

Первые полеты модели являются регулировочными, но любой регулировочный полет начинается с полной проверки готовности модели к полету. Описанная выше подготовка к полету кордовой модели полностью приемлема и для радиомодели с теми особенностями, которые присущи только радиомодели. К проверке правильности изготовления модели, опробованию двигателя и механизации добавляется проверка аппаратуры радиоуправления. Необходимо проверить правильность установки бортовой аппаратуры, включая источник питания, рулевые машинки, выключатели, антенну и тяги к рулям. Источники бортового питания и электропитания на пульте управления должны быть свежезаряженными. Все тяги от рулевых машинок к рулям должны быть надежно подсоединены и не теряться о детали конструкции.

Функционирование радиоаппаратуры проверяется дважды — с неработающим и работающим двигателем. В обоих случаях необходимо убедиться в том, что управление рулями и механизмами осуществляется в соответствии с отклонением ручек управления на пульте.

Ход рулевых машинок и отклонение управляющих органов модели проверяют на всю амплитуду отклонения ручек на пульте передатчика. Каждый канал контролируют как отдельно, так и в комплексе с другими отклонениями, следя за пропорциональностью отработки. Не должно быть заеданий хода, машинка не должна выходить на механический упор. При выходе на упор возрастает потребляемый ток и машинка начинает «зудеть». Если все работает правильно, надо проверить даль-

ность управления, которая должна быть не меньше указанной в паспорте аппаратуры.

В такой же последовательности делают проверку с включенным двигателем. Все должно работать так же, как и с невключенным. Если при работающем двигателе наблюдаются какие-либо отклонения или вибрация, выясняют и устраняют их причины.

Для первых полетов желательно установить несколько переднюю центровку и иметь запас грузиков для ее изменения. Если моделист не имеет практики управления моделью, то для первого облета и регулировочных полетов надо привлечь уже опытного пилота и учиться у него действиям ручками на пульте управления.

В основном в авиамоделизме принята самолетная система координации движений ручками на пульте управления. Наиболее рациональным считается такое расположение ручек управления:

управление левой рукой газом и рулем поворота;

управление правой рукой — рулем высоты и элеронами;

управление механизацией — дополнительными ручками, если таковые на пульте имеются.

При движении ручки управления газом вперед — большой газ, назад — малый. В отличие от других ручек, снабженных возвратными пружинами, ручка газа не должна самостоятельно возвращаться в нейтральное положение. Ручка газа является одновременно и ручкой руля поворота. При отклонении этой ручки влево руль поворота должен отклониться тоже влево, и наоборот. При отклонении правой ручки вперед руль высоты должен опуститься, при движении ручки на себя — отклониться вверх. При движении этой же ручки влево элерон на левом крыле должен отклониться вверх, а на правом — вниз; при движении вправо должен подняться элерон на правом крыле и опуститься на левом. При работе дополнительными ручками, например, уборки и выпуска шасси, выпуска и уборки щитков, надо исходить из того положения, что если ручка находится в положении «вперед», то выпущены шасси или щитки, и наоборот. Для других систем механизации положения ручек могут быть иными.

Моделист не может видеть отклонение рулей на модели в полете и его действия должны быть согласованы со зрительным восприятием положения модели в воздухе. Все вышеизложенные манипуляции ручками соответствуют взгляду на модель, когда она летит от пилота. При полете модели на него проявляется так называемый обратный эффект, и часто неопытные моделисты путают правильность действия ручкой управления.

Для того чтобы приобрести элементарные навыки в пилотировании радиоуправляемой модели и особенно отработать взаимодействие зрительного восприятия положения модели в воздухе с двигательной реакцией рук на пульте управления, необходимо начинать с простой модели, которая прощает многие ошибки пилота.

В большой авиации учебные самолеты имеют двойное управление, что дает возможность обучающему (инструктору) вмешиваться в управление, исправлять ошибки и показывать правильные приемы. К сожалению, в авиамоделизме еще нет в широкой практике такой радиоаппаратуры, которая

позволяла бы более опытному пилоту вести обучение с параллельного пульта. Это и регламентирует систему обучения, так как обучающий может помочь только личным показом и своевременной подсказкой.

Как бы ни усвоил обучающийся приемы пилотирования модели тренировкой на земле, когда модель в воздухе, он забывает многое из того, что знал. В силу вступает его личное зрительное восприятие и осмысление положения модели в зависимости от его реакции и действий. Но тренировку на земле нельзя совсем исключать. Еще до первых учебных полетов будущий пилот должен четко представлять реакцию модели на действия ручками пульта управления.

Очень хороший эффект дает следующая тренировка: включается аппаратура и помощник берет модель в руки, отходит на 15—20 м. Пилот начинает отклонять ручки управления на пульте, имитируя, к примеру, левый разворот, а помощник, смотря на отклонения рулей, создает модели положение разворота. При действии пилота помощник может передвигаться с моделью, но каждый раз изменяя положение в зависимости от отклонения рулей и их интенсивности. Так можно проиграть почти все элементы полета. Эти тренировки помогут начинающему пилоту быстрее освоиться с пилотированием модели в воздухе и сократить время обучения. Но только в результате многочисленных тренировочных запусков модели вырабатывается автоматизм в пилотировании.

Помощь начинающему моделисту должно оказывать ознакомление с простейшим вариантом пилотирования простой радиомодели-копии, оборудованной всего двумя каналами управления, один из которых предназначен для воздействия на руль направления, другой — на регулятор оборотов двигателя (регулировку газа). Это, как правило, должна быть модель с верхним расположением крыла.

Необходимо провести полную предполетную подготовку модели и только тогда выходить на старт.

Первый планирующий полет следует выполнить с выключенной аппаратурой. Если моделист не уверен в нормальном планировании модели, не следует ставить аппаратуру на модель, а лучше на ее месте для сохранения центровки укрепить соответствующий грузик. При нагрузке на крыло до 45 гс/дм² модель легко запускается с руки. Если модель планирует по прямой под углом примерно 10—15° и без кренов, то следующий запуск на планирование надо произвести с включенной аппаратурой и посмотреть реакцию модели на отклонения ручек управления. Нужно сохранять угол планирования модели, не допуская взмывания и потери скорости.

Первый моторный полет выполняют тоже стартом с руки. Лучше, когда первый полет осуществляет опытный пилот. Ну а если такой возможности нет и приходится рассчитывать только на свой собственный опыт, тогда поступают следующим способом: придерживая левой рукой передатчик, а правой рукой над головой модель с работающим двигателем, надо бежать как можно быстрее против ветра, не выталкивая, а удерживая модель свободно, чтобы она сама смогла отделиться от руки и не зацепилась за антенну. Две-три секунды самостоятельного полета модели после отрыва от руки решат ее судьбу.

Конечно, модель может сразу полететь более или менее удачно, но чаще всего наблюдаются какие-либо отклонения. Из них наиболее характерны следующие отклонения модели от нормального полета:

резко задирает нос, теряет скорость и сваливается на землю;

не набирает высоту, а круто, хотя и не опасно, планирует;

начинает стремительно входить в спираль.

При наличии опыта и выработанного рефлекса в управлении модель можно еще спасти. Энергичными действиями ручкой руля направления в сторону, обратную крену, можно удержать модель в прямолинейном полете и, выключив двигатель, дать ей приземлиться.

Причинами неудачного полета могут быть:

неточная центровка (для моделей с верхним расположением крыла центр тяжести рекомендуется в пределах 28—30% САХ);

неправильные установочные углы крыла и стабилизатора (на моделях с верхним расположением крыла и симметричным профилем стабилизатора разница в установочных углах должна быть 2—4°).

ошибки при установке наклона оси воздушного винта вниз и вправо (при правом вращении винта на моделях в пределах: вниз — 3—6°, вправо — 2—4°).

Когда все эти элементы установлены правильно, модель при полете против ветра должна на больших оборотах двигателя плавно набирать высоту, на средних — лететь горизонтально, на малых — плавно снижаться. Если модель круто набирает высоту не только на больших, но и на средних оборотах двигателя, а на малых оборотах зависает в горизонтальном положении, необходимо выключить двигатель и дать модели приземлиться. Перед следующим полетом увеличивают наклон двигателя вниз на 1—2°.

Если наблюдается тенденция к пикированию при полных и средних оборотах двигателя и зависание модели на малых оборотах, нужно уменьшить наклон двигателя вниз на 1—2°.

После устранения этих недостатков опять выпускают модель в полет против ветра. Теперь ей не грозят серьезные неполадки, и можно спокойно наблюдать за полетом, управляя короткими плавными движениями ручкой руля направления, хотя может понадобиться дополнительная регулировка. Модель способна разворачиваться влево и вправо, подниматься слишком быстро и зависать или не подниматься. Необходимо методом последовательных действий устранить все эти недостатки, но ни в коем случае не следует одновременно вводить два изменения в регулировку модели.

Если модель летит прямо, это свидетельствует о том, что руль направления находится в нейтральном положении и смещение двигателя вбок установлено правильно. В противном случае нужно регулировать модель как боковым смещением оси тяги двигателя, так и отклонением руля направления. Эти два элемента регулируют поочередно. Если модель на малых и больших оборотах разворачивается влево, увеличивают смещение оси тяги вправо. Если модель на малых и больших оборотах разворачивается вправо, уменьшают смещение оси тяги винта. Если модель с работающим двигателем летит пря-

мо, а с выключением имеет тенденцию к разворотам, значит, неправильно установлено нейтральное положение руля направления. В этом случае руль ставят в нейтральное положение, а затем производят повторную регулировку путем изменения отклонения оси тяги винта.

Модель регулируют, запуская ее с рук, а затем приступают к регулировке взлета с земли.

Прямолинейность разбега на взлете во многом определяется взаимной параллельностью плоскостей вращения колес, а также одинаковым трением на их осях. Газ прибавляют плавно, а тенденцию к развороту на разбеге энергично парируют рулем направления в первой половине разбега и плавно перед отрывом от земли. При трехколесной схеме шасси с носовым колесом особое внимание обращают на параллельность плоскостей вращения переднего колеса и остальных колес. На ровном месте с неработающим двигателем толкают модель вперед. Если модель при движении стремится отвернуться в какую-либо сторону, переднее колесо выправляют так, чтобы модель катилась прямо без тенденции к развороту. Высота стойки переднего колеса должна быть таковой, чтобы угол между плоскостью поверхности земли и горизонтальной осью фюзеляжа был в пределах $\pm 1^\circ$.

Если модель при взлете отрывается рано и внезапно, укорачивают переднюю стойку; если же модель долго бежит до отрыва от земли — ее удлиняют.

Модель, имеющая двухколесное шасси с задней опорой, при плавной подаче газа сначала должна приподнять хвост почти до положения горизонтального полета, а затем с передних колес оторваться от земли и перейти в набор высоты. Прямолинейность разбега удерживают рулем направления в момент подъема хвоста, так как в этом случае проявляется себя гироскопический эффект вращающегося винта.

При слишком энергичной (резкой) реакции модели на отклонение руля направления при моторном полете модели его отклонение уменьшают. Если модель реагирует слишком вяло, отклонение руля увеличивают. Хорошо отрегулированная модель должна сама взять старт, плавно набирать высоту, устойчиво лететь в горизонтальном полете, выполнять необходимые эволюции с минимальным зависанием, плавно переходить на планирование, а заканчивая полет, приземляться без подскоков и разворотов.

После каждого полета желательно записывать в тетрадку свои действия, поведение модели, работу двигателя и все исправления и регулировки. Это поможет быстрее находить и исправлять ошибки в модели и в технике пилотирования. Необходимо всегда помнить три положения:

никогда не вводить сразу более одного элемента в регулировку;

при каких-либо неясностях в поведении модели немедленно выключать двигатель (убирать газ);

создавать достаточный запас высоты модели над землей.

В той же последовательности разберем подготовку, регулировку и пилотирование сложной модели-копии, имеющей все рули управления и некоторую механизацию. Подготовка проводится такая

же, как описана ранее, с той лишь разницей, что объем ее будет гораздо большим.

Первые полеты такой модели тоже являются регулировочными и тем более требуют привлечения опытного пилота, так как эта модель, конечно, скоростная и маневренная, способная выполнять фигуры высшего пилотажа, с убирающимися шасси и с взлетно-посадочными щитками (закрылками).

Разворачивающий момент от действия вращающегося воздушного винта здесь стараются компенсировать смещением оси тяги винта вправо. При правильном смещении и при плавном увеличении газа модель разбегается и взлетает прямолинейно, почти не требуя вмешательства рулем направления. Но так как у земли не бывает ламинарного потока воздуха и всевозможные турбулентные потоки после отрыва модели от земли могут накренить модель, необходимо быть готовым в любой момент исправить крен элеронами. При отрыве на малых скоростях действия ручкой элеронов будут более энергичными, а по мере нарастания скорости — более плавными и короткими.

После набора нужной высоты модель разворачивают и проводят впереди себя справа-налево (или наоборот) против ветра. Убавив газ в горизонтальном полете и не трогая ручек управления, наблюдают за поведением модели. Если модель имеет тенденцию к снижению или набору высоты, тенденцию к крену и развороту, приступают к регулировке ее сначала триммерами.

Немного подробнее остановимся на вопросе триммирования. В авиации **т р и м м е р о м** называется небольшая управляемая поверхность на рулях, предназначенная для снятия усилия с ручки управления. При отклонении руля воздушный поток стремится вернуть руль в исходное положение. Для удержания руля в заданном положении пилот прилагает к ручке определенное усилие. Если длительное время прилагать это усилие, то наступит быстрое утомление пилота. Для того чтобы разгрузить пилота, надо уравновесить этот момент обратным моментом, для чего и служит триммер, отклоняемый в сторону, обратную отклонению руля. Таким образом, триммирование на самолете есть не что иное как его балансировка на заданном режиме без расходования мускульной энергии пилота на сохранение этого режима.

Этот же смысл вкладывается и в триммирование радиоуправляемой модели, хотя здесь имеются свои особенности. Если в самолете пилот непосредственно от ручки воспринимает усилие, то пилот модели такое усилие ощущает от возвратной пружины на ручке пульта управления. Да и специальный руль (триммер) на моделях не делают, а балансировка достигается соответствующим отклонением основных органов управления, о чем было рассказано ранее.

Рассмотрим, как практически производится триммирование модели. Для большинства моделей основным полетным режимом является горизонтальный полет. Начать триммирование надо с тенденцией модели к набору высоты или снижению. Если есть одна из этих тенденций, моделист вынужден для того, чтобы удержать модель в горизонтальном полете, отклонить ручку управления рулем высоты в ту или другую сторону — от себя или на себя. Отпустив ручку руля высоты в нейтральное положение,

надо перенести руку на ручку триммера, которая находится рядом с основной ручкой. Действие ручки триммера по направлению соответствует основной ручке. Триммером восстанавливают горизонтальный полет.

В горизонтальном полете можно сбалансировать модель и по крену, воспользовавшись триммером элеронов, ручка которого тоже рядом с основной ручкой управления. Поступают аналогичным образом. К примеру, если с отпущенной основной ручкой модель стремится войти в левый крен, то, перемещая ручку триммера вправо, восстанавливают полет без крена. Чтобы сбалансировать модель по этим двум позициям моделист делает несколько пролетов вблизи себя, так как за один пролет этого не сделать. В данных пролетах руль поворотов ни в коем случае нельзя регулировать триммером.

Следует отметить, что триммирование относится к вполне определенной скорости полета; при значительных изменениях скорости в большую или меньшую сторону, балансировка модели нарушится. Поэтому в последующих полетах проводят дополнительную балансировку триммированием в наборе высоты, снижении и других нужных режимах, запоминая положение ручки триммера на этих режимах и делают пометки на пульте около ручки триммера.

После триммирования в полете не следует после посадки поспешно выключать аппаратуру. Надо посмотреть, на какую величину отклонены от нейтрального положения руль высоты и элероны. В конкретном случае наблюдаются несовпадение нейтрального положения на рулевой машинке и рулях или аэродинамическая неточность левого и правого крыла, а также неточная центровка модели. Значит нужно выключить сначала бортовую аппаратуру, отсоединить тяги от элеронов и руля высоты и, регулируя длину тяг, установить рули в нейтральное положение. Затем поставить ручки триммеров на пульте в нейтральное положение и включить бортовую аппаратуру. Рули должны отклониться в ту же сторону и на ту же величину. Это будет аэродинамическая нейтраль модели по этим параметрам.

В следующем полете нужно повторить регулировку, добиваясь большей точности. После этой регулировки можно приступить к регулировке смещением оси тяги винта и триммером руля поворотов.

Отклонение оси тяги винта зависит от схемы модели. Если это верхоплан, то регулировку проводят так, как это описано выше; если же низкоплан, то надо твердо знать, где проходит ось тяги, — выше или ниже центра тяжести. Если ось тяги проходит выше центра тяжести то, возможно, не придется смещать ось тяги вниз. Если же ось тяги проходит ниже центра тяжести, то регулировка будет такая же, как на верхоплане.

Регулируя положение двигателя, следует помнить о том, что в ряде случаев требуется смещение оси тяги вбок. Правильность бокового смещения тяги можно проверить довольно энергичным переводом модели в крутой набор высоты. Если модель, теряя скорость, не меняет курс, то все в порядке. Отклонение модели от курса в ту или иную сторону говорит о том, что надо сместить ось тяги в противоположную сторону. Величина поворота двигателя вбок обычно значительно меньше, чем вниз.

В последнюю очередь регулируется триммером руль направления. Если руль направления не в нейтральном положении, то при резком увеличении газа в горизонтальном полете модель начинает немного рыскать по курсу с последующим разворотом в сторону отклоненного руля направления. Тогда триммером руля направления устанавливают полет без рысканий и разворотов, а на земле, так же как делали с другими рулями, устанавливают руль направления с отклонением на величину поправки при триммировании. В последующих трех-четырех полетах уточняют регулировку модели.

В одном из полетов необходимо уточнить регулировку установки двигателя. В горизонтальном полете с немного убавленным газом на короткое время дают полный газ. Если модель летит горизонтально или очень мало теряет высоту, все в порядке. Если она задирает нос или переходит в пикирующий полет, значит, нужна дополнительная регулировка смещения оси тяги винта. Хорошо отрегулированная модель должна лететь горизонтально в довольно значительном диапазоне скоростей и оборотов двигателя. Если ось тяги винта смещена в пределах 5° , а в сторону в пределах 3° , и при этом все еще имеет тенденцию к изменению траектории полета, горизонтальный полет вновь регулируют триммированием. В том же случае, когда всеми предыдущими регулировками не удалось добиться горизонтального полета, надо найти причины и устранить их — налицо перекосы, неправильная центровка, несоответствие установочных углов крыла и стабилизатора.

Коробление крыла, к примеру, очень ясно выявляется на таких фигурах, как прямая и обратная петли. При вводе в прямую петлю модель уходит в одну сторону, а при выполнении обратной петли — в другую. Если же при выходе из петли каждый раз проявляется тенденция к опусканию одного и того же крыла, то налицо асимметрия крыла по массе, которую можно исправить закладкой грузика в противоположную консоль.

Рассмотрим некоторые моменты по обучению пилотированию уже отрегулированной и хорошо управляемой моделью.

Любой полет складывается из основных элементов — взлета, набора высоты, горизонтального полета, снижения, разворотов, посадки. Эти элементы отрабатываются в первую очередь. Несколько полетов при обучении необходимо сделать, чтобы взлет и посадку совершал опытный пилот, а обучаемый брал управление только в воздухе, отрабатывал прямолинейный полет, левые и правые развороты.

Очень важно научиться делать одинаково левые и правые развороты, так как часто в условиях соревнований, а порой и в вынужденных условиях, заход на посадку требуется произвести с правыми разворотами. И если пилот будет уметь делать только левые развороты, заход на посадку с правым разворотом будет почти невозможным. При пилотировании нет необходимости поворачиваться всегда за моделью. Надо стоять на месте, не поворачиваясь, а модель водить перед собой на небольшом удалении слева направо и наоборот. Повернуться моделисту необходимо лишь в том случае, если он допустил залет модели за себя (за спину).

Все пилотажные модели хорошо выполняют развороты с помощью элеронов и руля высоты. Ввод в

разворот начинают действием ручки элеронов в сторону разворота, и когда крен доведен уже до заданного, взятием ручки руля высоты на себя создают вращательное движение модели. Модель и дальше стремится увеличить крен, но пилот должен обратным движением ручки элеронов как бы зафиксировать его величину. Как правило, даже хорошо отрегулированные модели с правым вращением винта на левом развороте имеют тенденцию к опусканию носа и снижению, а при правом — к подъему носа и набору высоты. Пилот должен быть готов парировать это действие небольшим отклонением руля направления в обратную сторону. Надо отметить, что движения ручками должны быть координированными — вслед за движением ручки элеронов сразу же начинается движение ручкой руля высоты, а так как это одна правая ручка, то движение ее будет по диагонали. И только с появлением отклонения по высоте должно начаться движение ручкой направления, которая в левой руке.

При разворотах модели с креном до 15° тенденция к снижению или набору проявляется очень незначительно и можно обойтись работой элеронами и рулем высоты. При разворотах с креном от 15° до 30° отклонение по высоте уже обязательно придется подправлять рулем направления. Развороты с креном более 30° требуют энергичного вмешательства рулем направления, так как тенденция к снижению или набору высоты более энергична.

Таким образом, начинающий пилот в первых 10—15 полетах отрабатывает развороты и заходы на посадку. Только после этого можно начинать тренировку во взлете и посадке. Не включая двигателя в одном полете, практически можно сделать 10—15 взлетов и посадок.

Взлет начинается плавной подачей газа и прямолинейным разбегом модели до набора нужной скорости и отрыва от земли. Задача пилота — показать взлет, свойственный прототипу его модели. Самолеты, имевшие двухколесные шасси с хвостовой опорой, начинали разбег с трехточечного положения, а затем с набором скорости плавно поднимали хвост до положения горизонтального полета и с колес плавно отделялись от земли. Нескоростные самолеты после отрыва удерживались над землей на небольшой высоте, набирали скорость и затем переводились в режим набора высоты. Более скоростные самолеты, имевшие достаточный запас мощности двигателя, переводились сразу же после отрыва в режим набора высоты под небольшим углом.

Самолеты, имевшие трехколесное шасси с носовым колесом, взлетали иначе. Плавно прибавлялись обороты двигателя, и самолет на трех колесах разгонялся до определенной скорости. Когда рули становились эффективными, пилот движением руля высоты на себя переводил самолет на большие углы атаки. В это время переднее колесо отрывалось от земли, самолет с приподнятым носом продолжал разбег и отрывался от земли с основных колес. Набор высоты в этом случае производился сразу же после отрыва.

Если на модели имеется убирающееся шасси и взлетно-посадочные щитки (закрылки), то они должны действовать так же, как на прототипе. На самолетах шасси убиралось сразу же после перевода самолета в режим набора высоты после отрыва от земли и набора необходимой скорости. Выпус-

калось шасси при заходе на посадку по «коробочке» на прямой между вторым и третьим разворотами.

Щитки (закрылки) обычно перед взлетом выпускались на $15\text{—}20^\circ$ и убирались после уборки шасси в режиме набора высоты. Выпускались в один-два приема на прямых участках снижения от третьего до четвертого разворотов или после четвертого разворота. Убিরались после окончания пробега.

Самым сложным элементом в пилотировании модели является посадка. Статистика свидетельствует о том, что больше всего поломок происходит на посадке. А точность приземления, и как следствие, качество посадки зависят от правильного построения захода на посадку. Заход на посадку строится по системе «коробочка», представляющей собой прямоугольный маршрут с четырьмя разворотами на 90° с поправкой на ветер и посадкой против ветра. Все развороты выполняются в горизонтальной плоскости, за исключением четвертого разворота, который часто выполнялся на некоторых прототипах в режиме снижения. Последний, четвертый разворот является расчетным. От него зависит точность приземления. Для того чтобы сделать на определенном месте четвертый разворот, необходимо запомнить угол планирования модели с убран-ным газом, расстояние до точки выравнивания примерно в метре от земли и расстояние от точки выравнивания до точки касания на земле. Если пилот уловит зрительно эти элементы, то посадка модели всегда будет на одном месте, останется только сделать поправку на изменение силы ветра, а для этого у него в распоряжении есть газ.

При усилении ветра или слишком ранней точке выравнивания необходимо немного увеличить газ с постепенным уменьшением при приближении к точке посадки. Когда же ветер стал меньше, то планировать на посадку надо с меньшим газом, точка выравнивания должна быть дальше.

На моделях с двухколесным шасси и хвостовой опорой посадка должна быть трехточечной. После выравнивания модели над землей движение ручки управления на себя задерживают и дают модели приблизиться к земле на расстояние 15—20 см. После этого продолжают движение ручки на себя в таком темпе, чтобы модель не взмывала вверх, а по мере приближения к земле опускала хвост и коснулась земли всеми тремя точками опоры.

Модель перед касанием земли находится на критических углах атаки, поэтому надо следить за отсутствием крена, а при необходимости исправлять энергичными движениями ручки элеронов. После приземления за счет трения посадочных приспособлений о землю скорость уменьшается, резко падает подъемная сила крыла, и модель замедляет движение до полной остановки.

Но может случиться так, что модель коснется земли сначала колесами. Хвост, опускаясь, поставит модель на большие углы атаки, а так как еще сохраняется достаточно высокая скорость, то увеличится подъемная сила и модель оторвется от земли. В этом случае прекращают движение ручки на себя, а при дальнейшем приближении модели к земле более энергично придают модели трехточечное положение, следя за кренами и энергично их исправляя.

На моделях с трехколесным шасси с носовым колесом посадка должна быть с несколько припод-

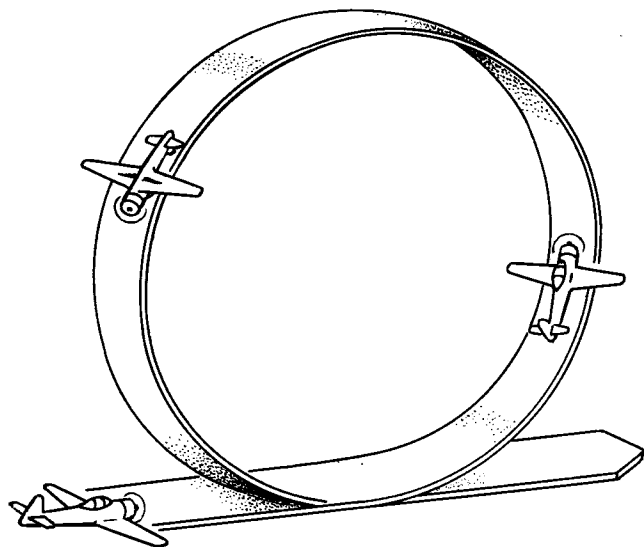


Рис. 218. Нормальная петля

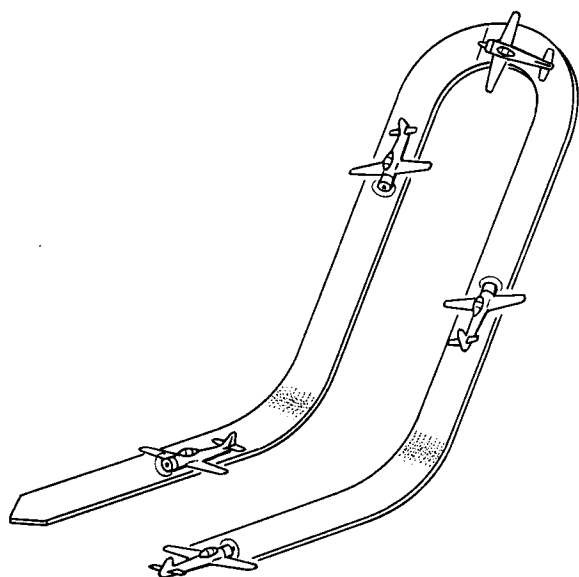


Рис. 219. Поворот на горке

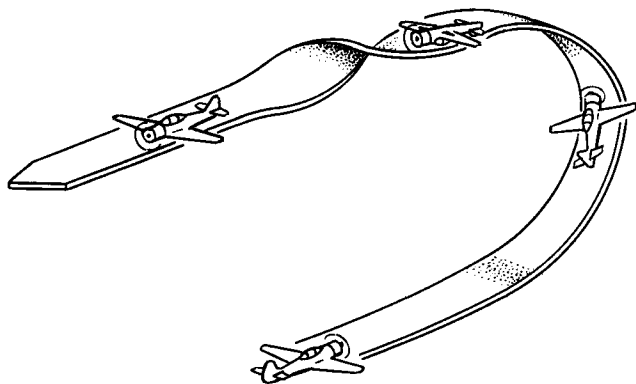


Рис. 220. Полупетля (иммельман)

нятым иосом на основные колеса. Модель при соприкосновении с землей резко опустит нос, коснется носовым колесом земли и устойчиво пробежит до полной остановки. Не страшно, если модель коснется земли и всеми тремя колесами одновременно, но если в первой половине пробега после касания под переднее колесо попадет какая-либо неровность и нос поднимется, модель может отделиться от земли. Если еще сохраняется значительная скорость, а модель отделилась примерно на 1 м, можно немного отдалить ручку от себя с последующим энергичным движением на себя по мере приближения к земле. Если же при повторном касании земли модель опять отделилась, не остается ничего, кроме как задержать движение ручкой и ждать следующего касания, не допуская кренов.

Действующие на модели взлетно-посадочные щитки (закрылки) вносят свои коррективы как во взлет, так и посадку. После отработки взлетов и посадок без применения этих щитков необходимо хорошо отработать их уже с применением этих средств.

Перед первым полетом с применением механизации еще раз на земле убеждаются в ее четкой работе. Для уточнения балансировки модели при работе с механизацией желательно производить взлет без щитков (закрылков); на высоте 40—50 м в горизонтальном полете убирают и выпускают шасси, а затем выпускают щитки (закрылки), уточняют характер поведения модели и регулировку с помощью триммирования. Для уточнения глиссады планирования и точки выравнивания, а также режима двигателя (количества газа) делают несколько имитаций захода на посадку с выпущенными щитками (закрылками).

После того как моделист научится уверенно делать взлеты, развороты, заходы на посадку и посадку, можно приступить к отработке выполнения отдельных фигур высшего пилотажа. Отработку фигур ведут последовательно, начиная с одной в течение одного-двух полетов. Освоив выполнение нескольких фигур, соединяют их в некоторую последовательность (комплекс) и в одном полете отработывают все освоенные фигуры. Конечной целью тренировки должен быть комплекс фигур и демонстраций механизации, с которыми моделист собирается выступить на соревнованиях.

Разберем, как правильно выполнить отдельные фигуры пилотажа, которые можно включить в свой комплекс на соревнованиях.

Нормальная петля (рис. 218) особой сложности не представляет. Поэтому многие моделисты начинают выполнять фигуры именно с нее. Ввод в фигуру начинают с горизонтального полета против ветра на максимальном газу плавным движением ручки руля высоты на себя. Во время петли не допускают появления крена. Петля должна быть круглой, а для этого надо учитывать силу ветра и, соответственно, менять интенсивность движения ручкой. При сильном ветре интенсивность взятия ручки в первой половине петли будет меньше, а во второй половине — больше. Вывод из фигуры должен быть на высоте ввода в нее.

Восьмерка состоит из двух разворотов на 360° в разные стороны. Из горизонтального полета модель вводят в левый или правый вираж с постоянным креном и на постоянной высоте. Величина кре-

на должна соответствовать характеру полета прототипа. У пилотажных самолетов вираж выполнялся с креном до 80° , а у непилотажных не превышал 45° . После выполнения полного разворота на 360° , не фиксируя модель, переводят в разворот в другую сторону с тем же креном и на постоянной высоте. По выполнении полного разворота модель переводят в горизонтальный полет с курсом ввода в фигуру.

Поворот на горке (рис. 219). Из горизонтального полета на максимальной скорости модель энергично переводят в крутой набор высоты с углом $70-80^\circ$. Набрав почти максимально возможную высоту, энергичной работой ручки поворотов модель разворачивают в обратном направлении, не допуская кренов, и переводят в режим снижения с тем же углом с последующим переводом в горизонтальный полет на высоте ввода и в обратном направлении.

Иммельман состоит из полупетли и полубочки (рис. 220). Из горизонтального полета на максимальной скорости выполняют половину нормальной петли. В верхней точке петли, в положении на спине, модель фиксируют в течение $0,5-1$ с, после чего элеронами ее переводят в нормальный горизонтальный полет в обратном направлении.

Одинарный переворот (рис. 221) выполняется с потерей высоты. Поэтому начиная его, необходимо иметь запас высоты, гарантирующий выход из фигуры на высоте $20-30$ м. Из горизонтального полета действием ручки элеронов модель переводят полубочкой в положение полета на спине и сразу же, взятием на себя ручки руля высоты, в полупетлю со снижением. Заканчивается фигура выводом модели в горизонтальный полет в обратном направлении.

Бочка (рис. 222) в большой авиации выполнялась в двух вариантах:

на самолетах с малым запасом мощности двигателя выполнялась штопорная бочка, получившая свое название за режим ее выполнения от штопора, но в горизонтальном положении;

на самолетах с большим избытком мощности двигателя выполнялась управляемая бочка, получившая свое название за замедленное управляемое вращение вокруг продольной оси. Модель должна выполнять такую бочку, которую мог выполнять прототип.

Штопорную бочку выполняют энергично с большим расходом движения рулей из горизонтального полета на максимальной скорости. Для начала фигуры ручку руля высоты берут на себя на небольшой угол и тут же энергично ручкой элеронов и руля поворотов создают вращательное движение вокруг продольной оси. Для прекращения вращения рули отдают в исходное положение и горизонтальный полет фиксируют в том же направлении.

Управляемую бочку выполняют плавными движениями рулей на максимальной скорости. Небольшим отклонением элеронов создают плавное вращение модели вокруг продольной оси. В положении модели на спине надо быть готовым небольшим движением от себя ручки руля высоты предотвратить стремление модели к снижению и тут же при дальнейшем вращении поставить ее в нейтральное положение. В конце полного оборота, возможно, придется немного взять на себя ручку руля высоты,

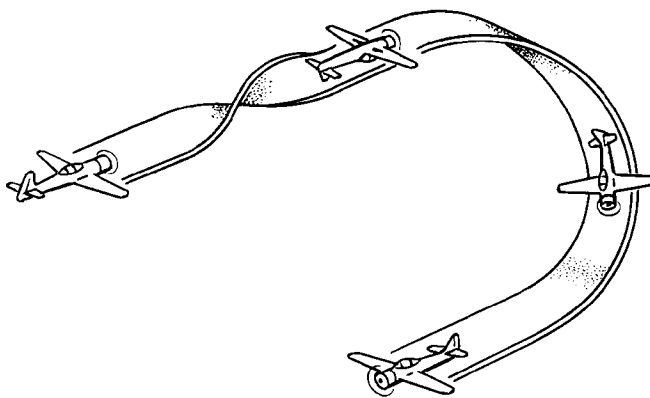


Рис. 221. Одинарный переворот

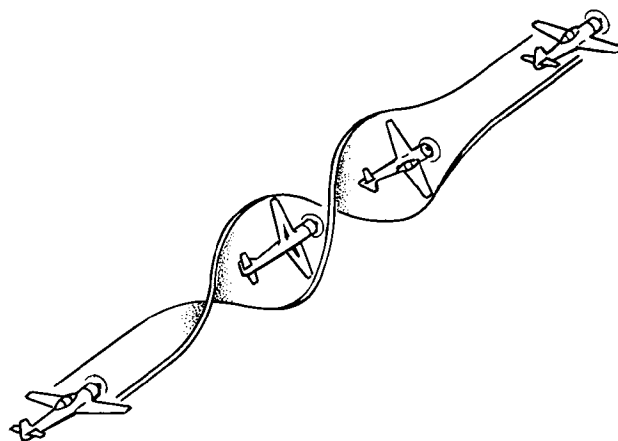


Рис. 222. Бочка

так как к этому времени модель потеряет скорость и появится тенденция к снижению. Фигура заканчивается выводом в горизонтальный полет на высоте ввода в том же направлении.

Имитация захода на посадку. Производят нормальный заход на посадку по «коробочке». После четвертого разворота модель переводят на планирование до высоты $0,5-1$ м, но не сажают модель, а, прибавив газ, вновь начинают набор высоты. Наименьшая высота должна быть в зоне, предназначенной для посадки.

Конвейер выполнялся всеми прототипами при обучении взлету, расчету на посадку и посадке. Поэтому эти действия можно демонстрировать на любой модели. Эта практика очень пригодится при вынужденном уходе на второй круг или в результате неудачного расчета на посадку, или в иных критических ситуациях, когда только уход на второй круг может спасти модель.

Сделав правильный заход на посадку, производят ее в предназначенной для этого зоне. После приземления и небольшой пробежки прибавляют газ и выполняют нормальный взлет.

Штопор (рис. 223) необходимо освоить не только потому, что он существует как отдельное упражнение, а и потому, что модель в результате ошибок в пилотировании может оказаться в штопоре и ее нужно уметь вывести из этого состояния. Выполнение штопора очень сильно зависит от центровки модели. Хорошо входят в штопор и выводятся из него модели, имеющие центровку в пре-

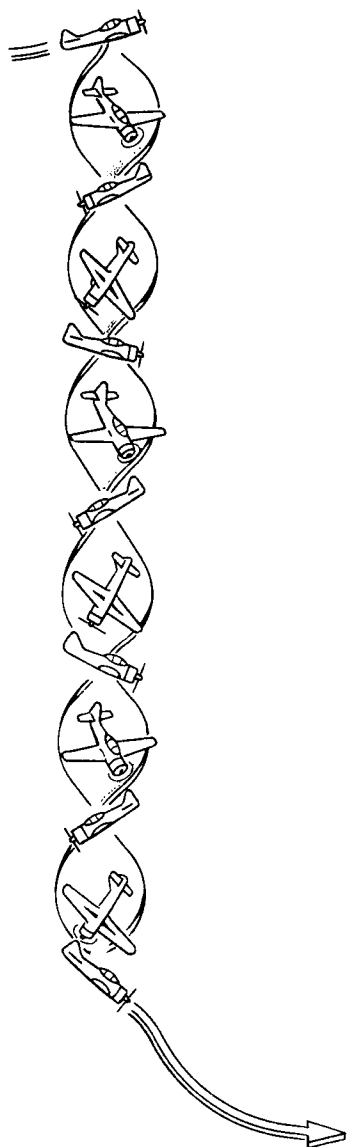


Рис. 223. Штопор

делах 30—35% САХ. При более задней центровке модель хорошо входит в штопор, но имеет тенденцию к уменьшению угла штопорения и переходу в плоский штопор, с запаздыванием реагирует на действия рулей при выводе. Модели с более передней центровкой с трудом вводятся в штопор, требуют энергичных действий всеми рулями, но хорошо выводятся почти без запаздывания на действия рулями.

Для выполнения штопора необходимо иметь запас высоты. В горизонтальном полете полностью убирают газ и по мере потери скорости берут ручку руля высоты на себя до момента зависания модели. Если модель сама не сваливается на крыло, ручку руля высоты и элеронов берут полностью на себя и в сторону желаемого вращения. Если модель вновь не сваливается на крыло, войдя в штопор, то он больше похож на крутую спираль, чем на штопор. Тогда в следующей попытке к действиям ручкой руля высоты и элеронов добавляют отклонение ручки руля поворота в сторону желаемого вращения.

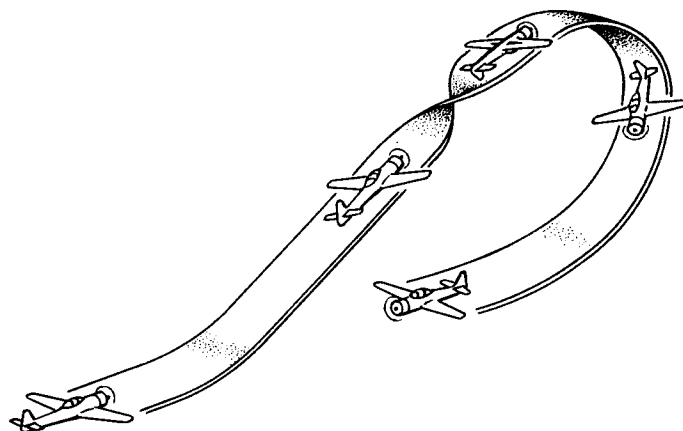


Рис. 224. Разворот на 180° полубочкой с полупетлей

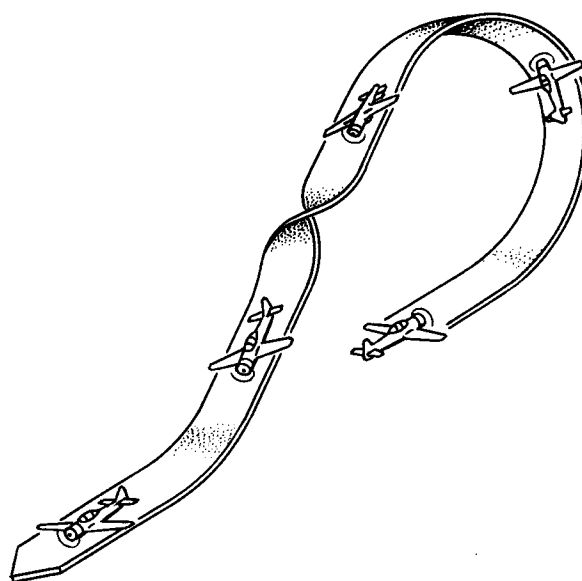


Рис. 225. Разворот на 180° полупетлей с полубочкой

К третьему витку модель приобретает какую-то инерцию вращения, которую учитывают при выводе, то есть действуют ручками управления рулями с некоторым опережением. При подходе модели к окончанию третьего витка рули отдают в обратную сторону, прекращают вращение модели, зафиксировав крутое пикирование, плавно прибавляют газ и переводят модель в горизонтальный полет.

Следует отметить, что работа газом при выполнении фигур должна быть такой же, как и на прототипе. К примеру, при вводе в нормальную петлю должен быть максимальный газ, в верхней точке он должен быть сбавлен и при переходе в горизонтальный полет опять должен быть увеличен до необходимого.

Во время тренировочной отработки отдельных фигур необходимо все время возвращать модель к себе. Существует несколько фигур, после которых модель должна лететь в обратном направлении, но наиболее распространены четыре фигуры:

поворот на горке (описан выше);

полупетля — иммельман (тоже описана выше); разворот полубочкой с последующей полупетлей;

разворот полупетлей с последующей полубочкой на снижении.

Разворот на 180° полубочкой с полупетлей (рис. 224) производится из горизонтального полета переводом в набор высоты. В наборе элеронами модель переводят в полет на спине и сразу же взятием ручки руля высоты на себя полупетлей со снижением ее выводят в горизонтальный полет на той же высоте, что и перед разворотом.

Разворот на 180° полупетлей с полубочкой (рис. 225) производят из горизонтального полета переводом модели в нормальную петлю с фиксации на спине с небольшим углом снижения и последующим исполнением полубочки. На высоте ввода модель

переводят из положения снижения в горизонтальный полет.

Для моделей непилоажного типа пригоден лишь один способ перевода модели для полета в обратном направлении — так называемый стандартный разворот. При этом в горизонтальном полете делают разворот влево (вправо) на 90° и тут же, не фиксируя, переключают в обратный крен и разворачивают модель на 270°, выведя в горизонтальный полет в обратном направлении и на той же высоте. Может оказаться, что прототип выполнял и другие фигуры, но в перечне соревнований их нет. Тогда вместо демонстрации фигуры по выбору можно заявить и выполнить произвольную демонстрацию. В комплексе фигуры выполняют последовательно одна за другой в определенном, заранее заявленном в письменном виде порядке.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ И СХЕМЫ САМОЛЕТОВ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ КОПИРОВАНИЯ

Самолет Як-3

Прошло уже много лет, но моделисты до сих пор возвращаются к копированию самолета Як-3 (рис. 226) в виде макета или летающей модели. Привлекает аэродинамическое совершенство этого самолета, его тактико-технические данные, характеризующие его как один из лучших истребителей периода второй мировой войны. Серийный Як-3 появился в разгаре летних сражений 1943 года и сразу же завоевал признание, как самый легкий, маневренный и простой в управлении боевой истребитель, способный в умелых руках летчика побеждать самые лучшие истребители фашистов. Самолет Як-3, представлявший собой дальнейшую модификацию выпускавшегося самолета Як-1, был технологичен в производстве, поэтому серийное производство его было освоено в очень короткий срок без кардинального изменения технологии. Самолет неоднократно модифицировался, изменялись двигатели и вооружение, но все изменения сопровождались дальнейшей работой по снижению массы. К концу войны истребитель Як-3 с двигателем ВК-107А уверенно перешагнул рубеж скорости 700 км/ч.

Последняя модификация самолета с двигателем ВК-108 превысила скорость 740 км/ч, то есть практически был достигнут предел для поршневых самолетов. Модификация с двигателем ВК-105 ПФ и трехлопастным металлическим винтом имела ферменный фюзеляж, сварной из стальных труб, с обшивкой из дюралюминия в носовой части и фанеры в хвостовой (рис. 227). Моторама выполнена как единое целое с фермой фюзеляжа. Сдвижная средняя часть фонаря летчика имела аварийное сбрасывание. Двухлонжеронное крыло с силовой фанерной обшивкой снабжено посадочными щитками. Бензобаки — протектированные, элероны — дюралюминиевые с полотняной обшивкой, хвостовое оперение — свободнонесущее. Киль и стабилизатор — деревянные с фанерной обшивкой, а рули — дюралюминиевые с полотняной обшивкой.

Главные стойки шасси с телескопическими масляно-воздушными амортизаторами убирались в вырез перед передним лонжероном крыла, а хвостовое колесо назад в фюзеляж.

Оборудование самолета обеспечивало полет ночью и в сложных метеоусловиях (рис. 228). Самолет имел камуфляжную окраску сверху и светло-голубую снизу. Красные звезды с окантовкой наносились с боков фюзеляжа и снизу крыла. Винт имел черный матовый цвет. Окраска внутренних поверхностей кабины летчика темно-серая, а приборной доски черная.

Более всего самолет подходит для копирования под макет, установленный на декоративной подставке с убранными шасси на стреле или с выпущенными шасси на имитации земли с травяным покрытием. Хорошие результаты дает и копирование под кордовую модель, но трудно полностью закапотировать двигатель модели, который приходится располагать вниз цилиндром. При желании это сделать придется увеличить вал двигателя. Если же модель проектируется не для участия в соревнованиях и отступления от копийности не имеют особого значения, то можно построить модель как с двигателем внутреннего сгорания, так и с резиновым двигателем, исходя из рекомендаций, описанных в соответствующем разделе.

На схеме рис. 228 цифрами обозначены следующие детали:

1 — кислородный баллон; 2 — кран управления посадочным щитком; 3 — электрощиток; 4 — штурвал управления триммером руля высоты; 5 — кран уборки и выпуска шасси; 6 — рычаги управления системами двигателя; 7 — зеркало заднего обзора; 8 — прицел; 9 — кислородный прибор; 10 — поручни; 11 — рукоятки перезарядки пулеметов; 12 — ручка механической перезарядки пушки; 13 — вентилятор; 14 — штурвал управления шторками маслорадиатора; 15 — щиток управления радиостанцией; 16 — ручка управления самолетом; 17 — бронезаголовник; 18 — бронестекло; 19 — электрооборудование; 20 — тяга управления рулем высоты; 21 — ручка управления вентиляцией; 22 — привязные ремни; 23 — бронеспинка сиденья; 24 — приборы контроля работы двигателя; 25 — указатель скорости; 26 — высотомер; 27 — компас; 28 — указатель поворота и скольжения; 29 — часы; 30 — вариометр; 31 — радиостанция; 32 — левая бортовая панель управления; 33 — правая бортовая па-

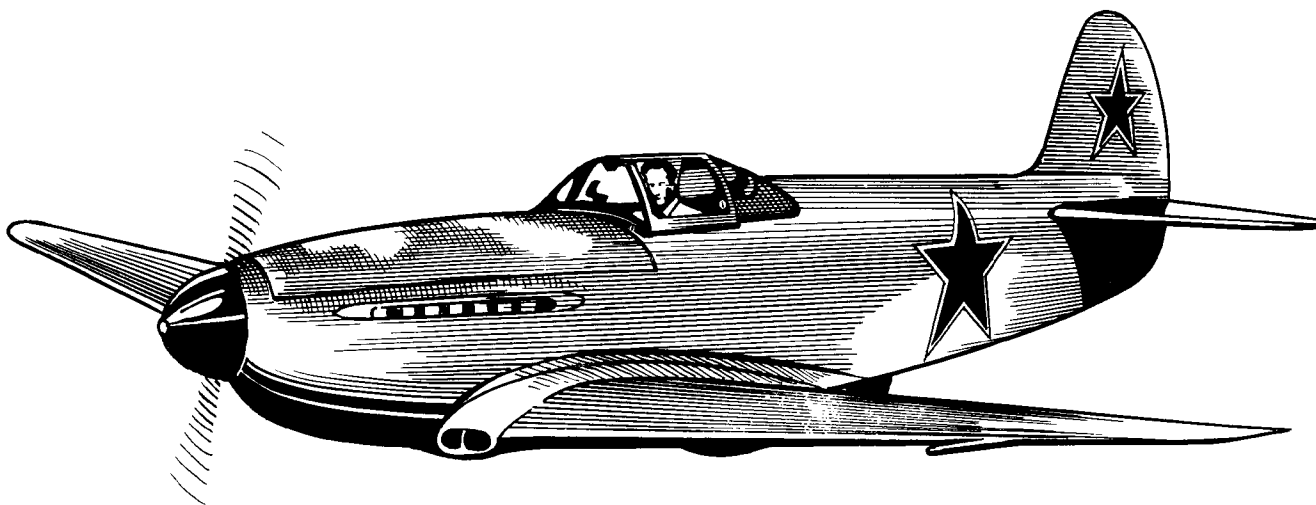


Рис. 226. Самолет Як-3

нель управления; 34 — узел подвески элеронов; 35 — качалка элеронов; 36 — узел подвески руля высоты; 37 — узел подвески руля направления; 38 — качалка руля направления; 39 — триммер руля высоты; 40 — тяга триммера руля высоты; 41 — выхлопные патрубки двигателя; 42 — указатель горючего на правом крыле.

Самолет Як-18

Первым массовым учебным самолетом сразу же после окончания Великой Отечественной войны стал самолет Як-18 (рис. 229) с двигателем М-11 ФР (рис. 230), который пришел на смену известному учебному самолету УТ-2. Носовая часть фюзеляжа, имевшего ферменную конструкцию из стальных труб, закрывалась крышками больших эксплуатационных люков, а хвостовая обтягивалась полотном. Крыло — двухлонжеронное, разъемное, с центропланом, на котором крепился посадочный щиток. Центроплан полностью имел жесткую обшивку, отъемные консоли до первого лонжерона тоже, остальное — полотняную. Киль и стабилизатор — из дюралюминия с жестким профилированным носком с полотняной обшивкой. Рули и элероны — дюралюминиевые с полотняной обшивкой. Основное шасси — одностоечное, амортизационное, убиралось назад в центроплан не полностью. Хвостовое колесо — не убирающееся. Кабины летчика-инструктора и курсанта — стандартного истребительного типа, с приборным и радиооборудованием, позволяющим выполнять полеты днем, ночью и в сложных метеоусловиях (рис. 231). Его максимальная скорость — 257 км/ч, скороподъемность — 3,5 м/с, посадочная скорость — 86 км/ч, потолок — 4000 м, максимальная дальность полета превышала 1000 км. К началу 1953 года был разработан вариант с трехколесным шасси, получившим обозначение Як-18У.

Введение носового колеса несколько упростило первоначальную подготовку курсантов и облегчило им переход в дальнейшем к полетам на реактивных учебно-боевых самолетах. Практически самолетом Як-18 было положено начало целой серии модификаций вплоть до современного учебно-пилотажного самолета Як-52.

Самолет Як-18 и его модификации очень хорошо подходят для постройки моделей-копий любого назначения от макетов до радиоуправляемых моделей. Довольно значительная площадь несущих поверхностей позволяет создать летающие модели с малыми нагрузками на единицу площади и применить недефицитные материалы. Так как самолет применялся и в армии, и в аэроклубах ДОСААФ, а также эксплуатировался во многих социалистических странах, раскраска его очень разнообразная. На схеме (рис. 231) пилотские кабины имеют следующие обозначения:

1 — высотомер; 2 — компас; 3 — часы; 4 — указатель скорости; 5 — указатель поворота и скольжения; 6 — вариометр; 7 — указатель оборотов; 8 — температура масла, количество масла и горючего; 9 — термометр; 10 — манометр; 11 — авиагоризонт; 12 — манометр; 13 — амперметр; 14 — манометр; 15 — ручка управления радиостанцией; 16 — белые лампочки сигнализации между кабинами; 17 — кнопки лампочек сигнализации между кабинами; 18 — стартер; 19 — красные контрольные лампочки убранных шасси; 20 — зеленые контрольные лампочки опущенных шасси; 21 — кнопка контроля исправности красных лампочек; 22 — кнопка контроля исправности зеленых лампочек; 23 — управление шасси; 24 — переключатель управления запуском на первую или вторую кабины; 25 — переключатель магнето; 26 — стартер; 27 — управление триммером; 28 — управление интенсивностью ламп подсветки; 29 — регулятор воздуха; 30 — освещение кабины (приборной доски); 31 — управление посадочными щитками; 32 — управление газом двигателя; 33 — высотный корректор двигателя; 34 — бензокран; 35 — управление подогревом воздуха; 36 — контровка хода рукоятки газа; 37 — управление воздушной системой; 38 — аварийное управление шасси; 39 — ручной бензонасос; 40 — переключатель радиостанции; 41 — место расположения телефона и микрофона; 42 — переключатель бензобаков; 43 — таблица поправок компаса; 44 — сигнальные ракеты; 45 — управление тормозами колес; 46 — отключение управления тормозами.

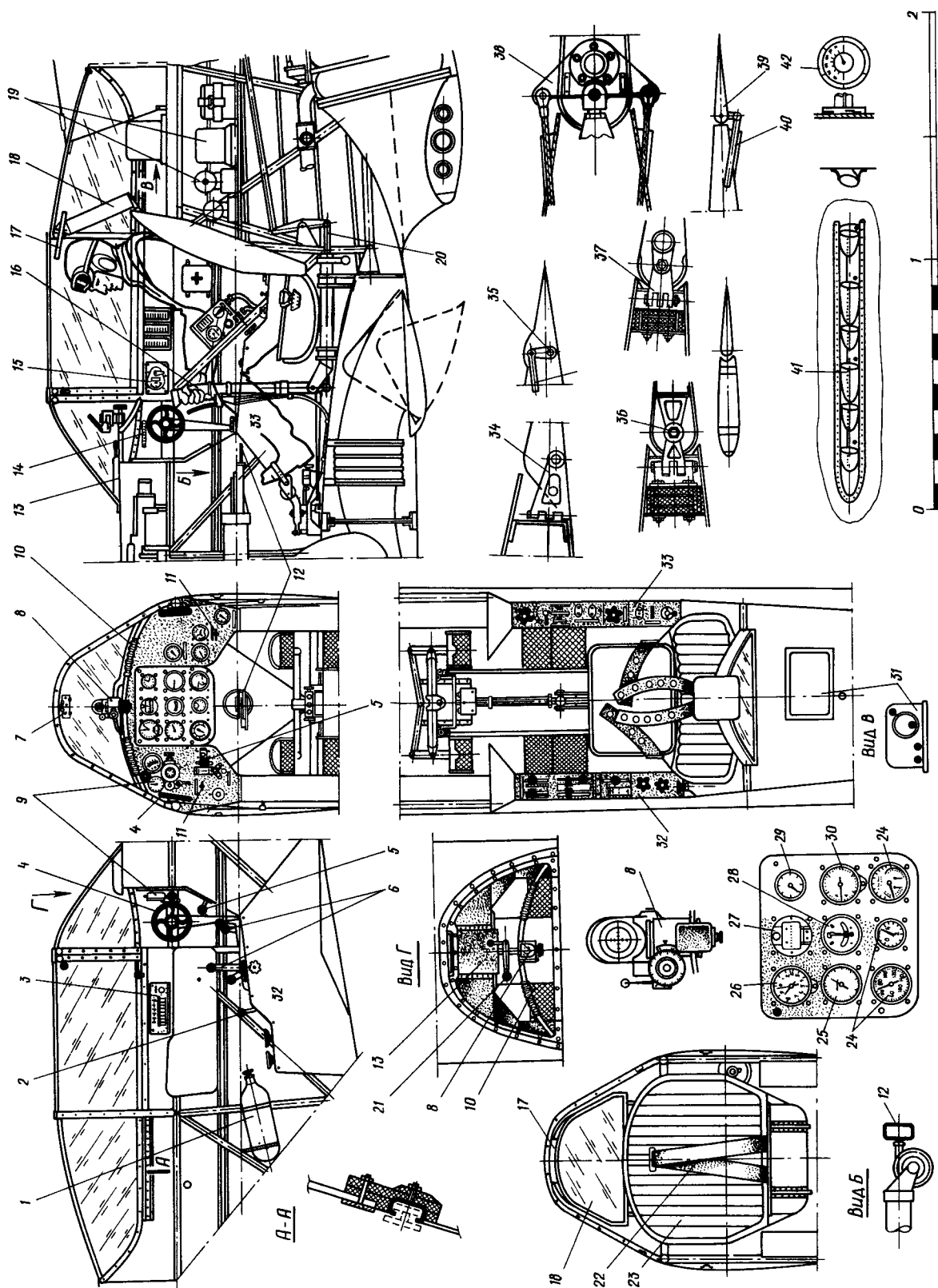


Рис. 228. Кабина и отдельные узлы самолета Як-3

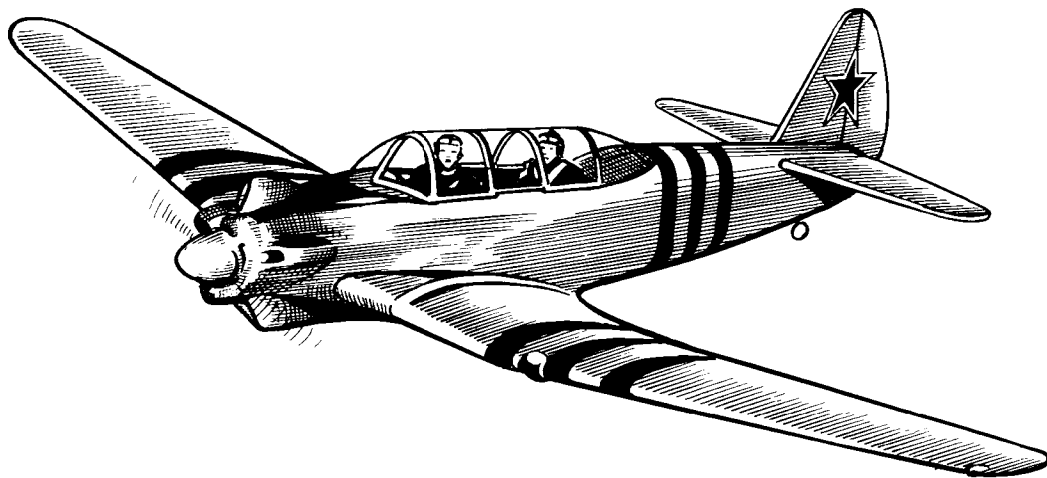


Рис. 229. Самолет Як-18

Самолет Як-12А

Четырехместный самолет, многоцелевого назначения Як-12А (рис. 232) представляет собой дальнейшую модификацию самолета Як-12. Он использовался на местных линиях, в сельском хозяйстве, а также в авиационных клубах ДОСААФ как буксировщик планеров и для выброски парашютистов. Этот самолет — подкосный моноплан с верхним расположением крыла, снабженный двигателем воздушного охлаждения АИ-14Р мощностью 240 л. с. (рис. 233 и 234). Кабина — автомобильного типа. Фюзеляж сварен из стальных труб и по багажнику имеет дюралюминиевую обшивку. Хвостовая часть, за исключением последнего отсека, обтянута полотном. Двухлонжеронный киль выполнен из дюралюминиевого набора, обшивка до первого лонжерона также дюралюминиевая, а далее полотняная. Каркас руля направления из дюралюминиевых профилей обтянут полотном. Стабилизатор и руль высоты собраны из дюралюминиевых профилей. Стабилизатор до переднего лонжерона и носок руля высоты имеют дюралюминиевую обшивку, остальное зашито полотном. Крыло, клепанное из дюралюминиевых профилей, по размаху до элерона имеет два лонжерона, а за элероном — один. От носка до лонжерона крыло имеет дюралюминиевую обшивку. Кроме того, все крыло обтянуто полотном и покрашено. Снабженное взлетно-посадочными щитками и автоматическими предкрылками оно соединяется с фюзеляжем двумя узлами, расположенными на лонжеронах. Носки щитков и элеронов имеют дюралюминиевую обшивку и полностью сверху обтянуты полотном. Крыло укреплено на фюзеляже дюралюминиевым каплевидным подкосом и контрподкосом. Шасси подкосного типа с резиновым растяжным амортизатором под фюзеляжем.

Хвостовое колесо — амортизационное, ориентирующееся. Амортизатор состоит из набора резиновых колец. Воздушный винт — двухлопастный с регулятором постоянного числа оборотов.

Один из вариантов окраски: основное поле — бледно-голубое, на фюзеляже верх передней части и стрела к хвосту — синяя с белой разделительной полосой; концы крыльев и стабилизатора — синие

с разделительной белой и синей полосами; верхняя часть киля — синяя, посредине две синие полосы с разделительными белыми; выше полосы надпись «Як-12А» с обеих сторон киля; по обе стороны фюзеляжа надпись «СССР» и номерной знак; на передней части фюзеляжа, перед капотом двигателя (ниже разделительной полосы) надпись принадлежности самолета — «Аэрофлот» или «ДОСААФ»; на крыльях, сверху и снизу, надпись «СССР» и номерной знак. Все надписи — черные. Основные данные самолета: максимальная скорость — 220 км/ч; дальность полета — 1070 км; посадочная скорость — 90 км/ч; размах крыла — 12 600 мм; длина самолета — 9000 мм; площадь крыла — 22,66 м². Самолет подходит для постройки как макета, так и любой летающей модели.

Обозначения на схеме приборного щитка кабины следующие:

1 — ручка газа; 2 — ручка триммера; 3 — переключатель магнето; 4 — кнопка запуска; 5 — щиток радиостанции; 6 — штурвал; 7 — вариометр; 8 — подсветка компаса; 9 — указатель скорости; 10 — компас; 11 — индикатор курса; 12 — высотомер; 13 — авиагоризонт; 14 — трехстрелочный индикатор; 15 — термометр головок цилиндров; 16 — тахометр; 17 — термометр воздуха карбюратора; 18 — щиток радиокompаса; 19 — пожарный кран; 20 — высотный корректор; 21 — кнопка разжижения масла; 22 — ручка шага винта; 23 — заливной шприц; 24 — ручка управления жалюзи; 25 — бензиномер; 26 — вольтамперметр; 27 — электрощиток; 28 — гироскопический компас; 29 — часы; 30 — ручка подогрева карбюратора; 31 — ручка управления радиатором; 32 — ручка обогрева кабины; 33 — манометр воздуха; 34 — кран воздушной сети.

Модификация самолета УТ-2 с мотором Рено

Начавшееся в середине тридцатых годов перевооружение строевых частей с истребителей и разведчиков бипланной схемы на скоростные монопланы диктовало необходимость соответственно приступить к оснащению новыми самолетами и учеб-

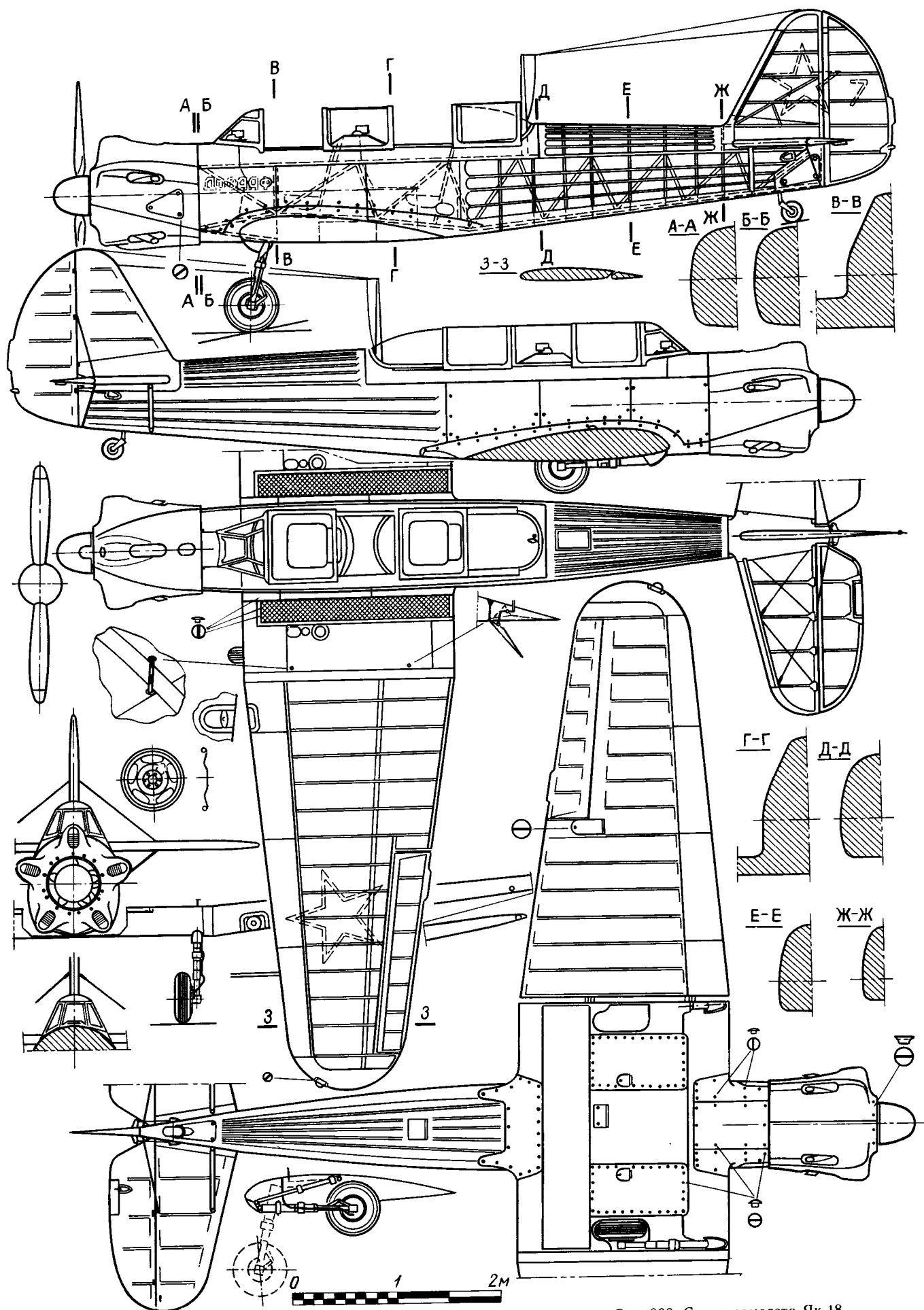


Рис. 230. Схема самолета Як-18

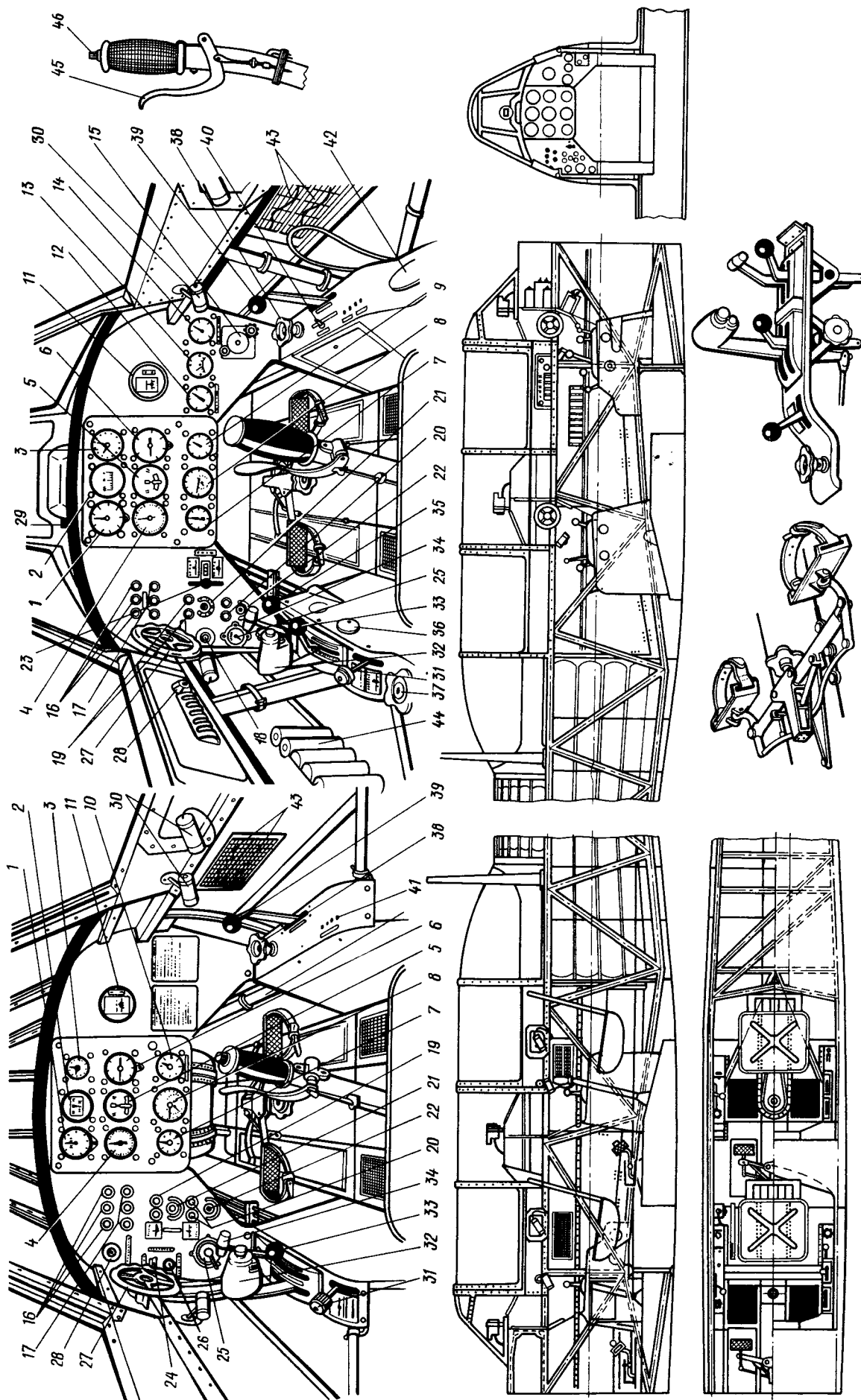


Рис. 231. Оборудование кабин самолета Як-18



Рис. 232. Самолет Як-12А

ных подразделений. Так появился самолет УТ-2 (рис. 235), сконструированный А. С. Яковлевым и ставший на многие годы одним из основных учебных самолетов. Был вариант этого самолета с двигателем Рено французского производства мощностью 140 л. с. На одном из самолетов этой модификации устанавливалось поплавковое шасси (рис. 236 и 237).

Фюзеляж самолета — деревянный, ферменной конструкции, сверху закрытый фанерным гаргротом. Кабины пилотов — открытого типа с козырьками и откидными дверцами на левом борту. Сварная трубчатая моторама прикреплена к металлическим узлам первого шпангоута. Двигатель, установленный вниз цилиндрами, закрыт дюралюминиевым съемным капотом. В хвостовой части фюзеляжа закреплен костыль рессорного типа. Хвостовое оперение — подкосно-расчалочное, дюралюминиевое. Носок киля и стабилизатора по первый лонжерон обшит дюралюминием и сверху все затянуто полотном. Руль направления и руль высоты — дюралюминиевые, обтянутые полотном.

Деревянное двухлонжеронное крыло состоит из двух отъемных частей и центроплана. Разъемы закрыты дюралюминиевыми лентами. Обшивка крыла — фанерная, за исключением промежутка от заднего лонжерона между второй и шестой нервюрами. Все крыло обтянуто полотном. Центроплан укреплен на фюзеляже в четырех точках по лонжеронам и место стыка закрыто дюралюминиевым зализом на шурупах.

Элероны — дюралюминиевые с носком, зашитым дюралюминием, все обтянуто полотном. По размаху элерон состоит из двух частей.

Неубирающееся пирамидальное шасси закрыто съемными обтекателями из дюралюминия. Каждая

пирамида шасси прикреплена к узлам на лонжеронах центроплана. Колеса — баллонного типа, не тормозные. Управление рулями направления и высоты — тросовое, элеронами — жесткое, состоящее из дюралюминиевых трубчатых тяг и качалок.

Самолет был окрашен в белый цвет, на руле поворота — красные полосы. Крыло и хвостовое оперение по контуру окантованы красной полосой шириной 50 мм. Воздушный винт, рейки трапа, приборные доски — черные. Борты и пол кабины — светло-серые. Кабина отделана красным дерматином.

Этот вариант самолета подходит для копирования под летающие модели. Двигатель модели очень хорошо вписывается в закрытый капот и хорошо охлаждается ввиду того, что впереди капота большое заборное отверстие для входа воздуха, а задняя часть открывающихся боковых панелей капота расширена в виде жабр, через которые воздух хорошо выходит. Радиоуправляемая модель самолета в масштабе 1:5, оснащенная двигателем объемом 10 см³ и мощностью 1,5 л. с., выполняет фигуры так, как эти фигуры выполнялись прототипом. Кордовая модель самолета в масштабе 1:8 с двигателем до 6 см³ тоже прекрасно выполняет все фигуры прямого пилотажа.

На схеме следующие обозначения:

1 — двигатель Рено «Бенгали-4»; 2 — откидная дюралюминиевая дверца; 3 — приборная доска первой кабины; 4 — приборная доска второй кабины; 5 — мягкий заголовник; 6 — подушка спинки кресла; 7 — выхлопные патрубки двигателя; 8 — маслобак; 9 — красный цвет; 10 — серая окантовка; 11 — белый цвет; 12 — номер «3» на обоих бортах и на левом крыле сверху; 13 — трубка вентури; 14 — бензобак; 15 — амортизатор; 16 — задний подкос

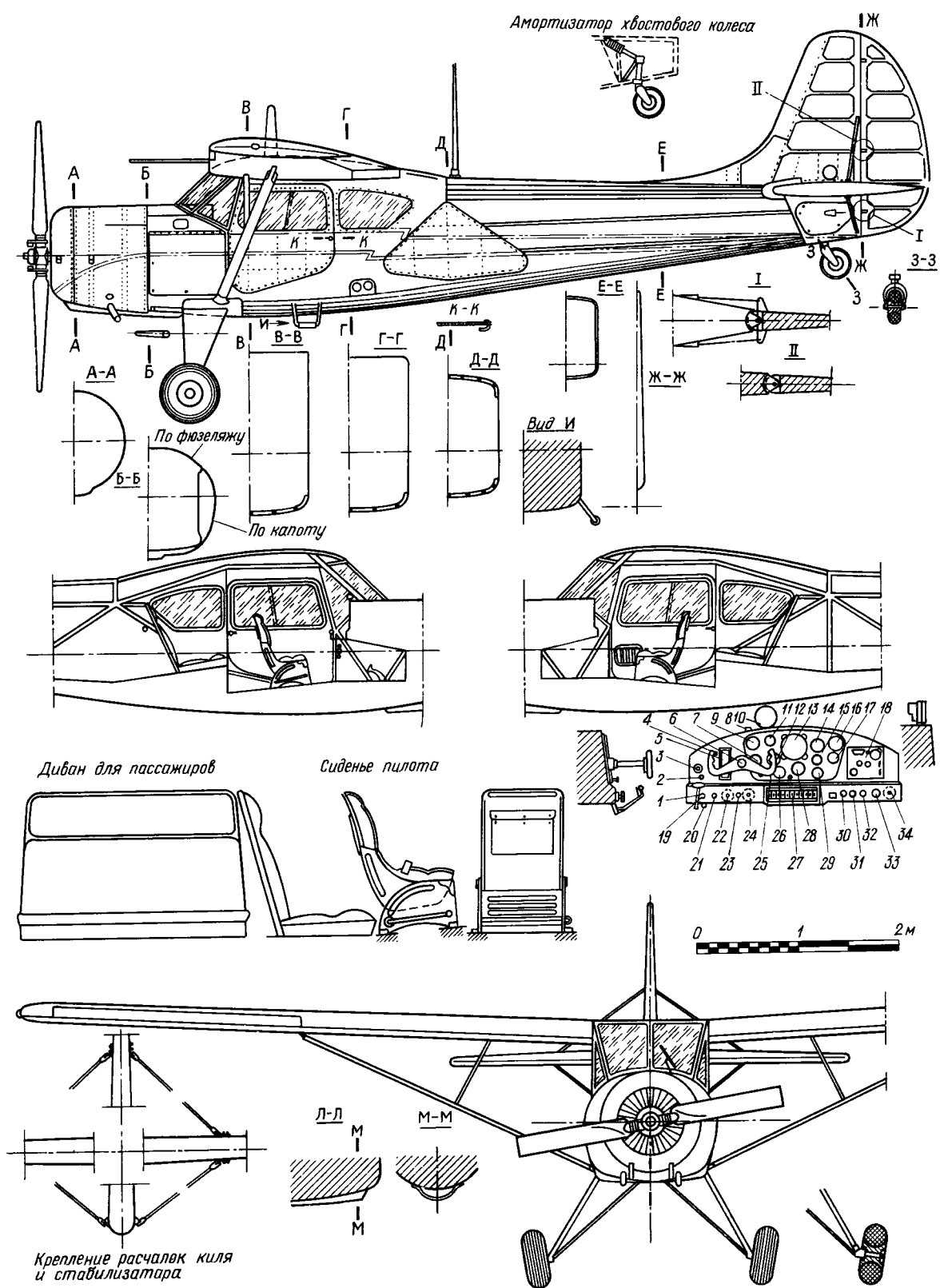


Рис. 233. Схема самолета Як-12А

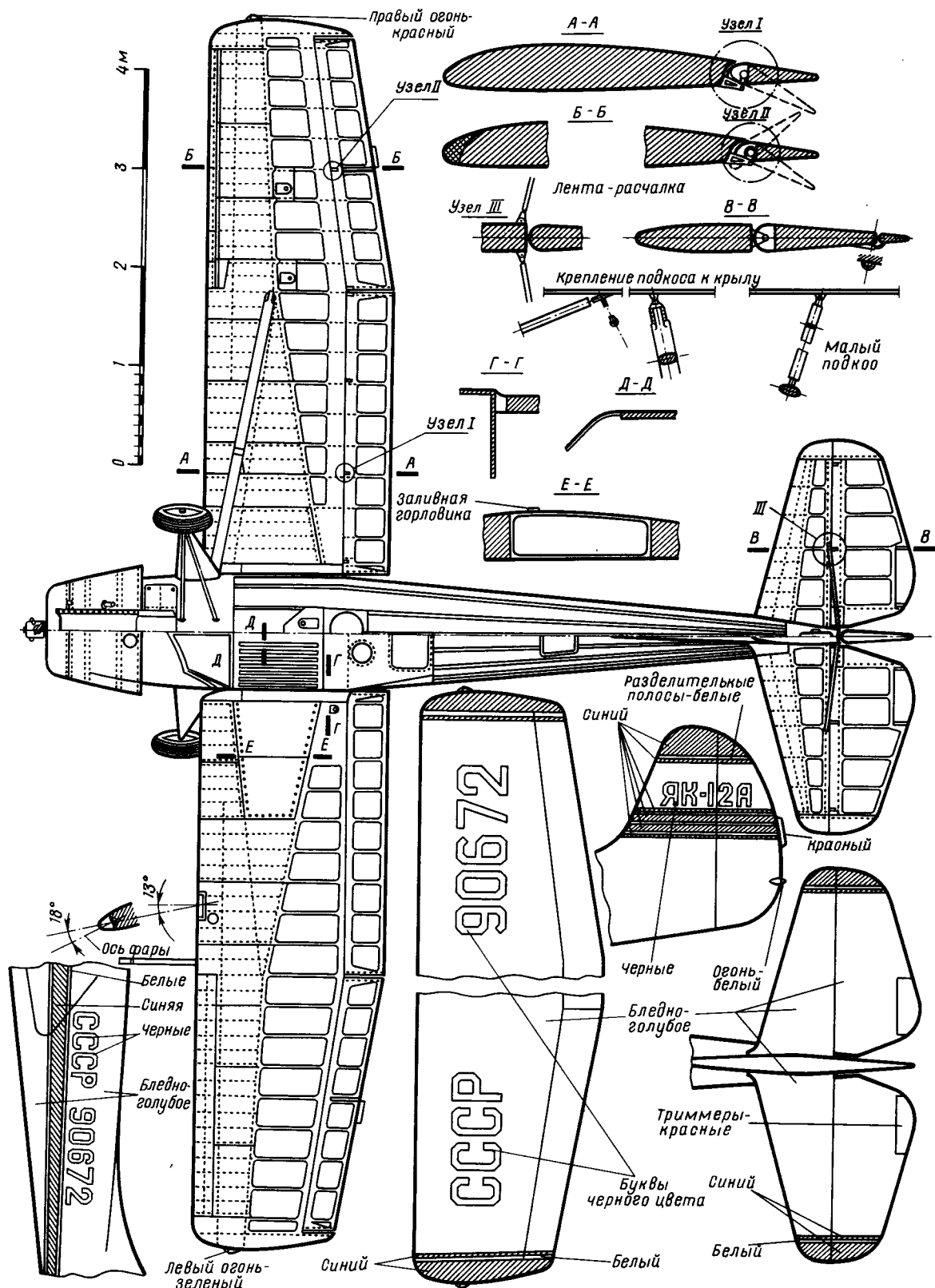


Рис. 234. Схема самолета Як-12А (продолжение)



Рис. 235. Самолет УТ-2 с мотором Рено

стойки шасси; 17 — карданный узел подвески амортизатора; 18 — узел крепления заднего подкоса; 19 — стыковые узлы крыла; 20 — рессорный костыль; 21 — качалка руля поворота; 22 — тандер для натяжения тросов управления; 23 — подкос стабилизатора; 24 — лента-расчалка стабилизатора; 25 — узел крепления расчалок и подкосов стабилизатора; 26 — приемник воздушного давления (справа); 27 — типовой узел навески руля высоты и руля поворотов; 28 — узел навески элерона; 29 — трап (только слева); 30 — лючок багажника.

Амфибия Ш-2

Среди многих легких самолетов, созданных в начале тридцатых годов, своеобразием замысла и исполнения выделялась амфибия Ш-2 (рис. 238) молодого в то время конструктора В. Б. Шаврова. Дешевая, неприхотливая машина нашла широкое применение в народном хозяйстве, строилась серийно и прослужила почти четверть века. С мотором М-11 и полной нагрузкой в 380 кгс самолет развивал скорость до 140 км/ч при посадочной скорости всего 65 км/ч. Размах верхнего крыла — 13 м, длина самолета 8,2 м, площадь верхнего крыла 21,75 м², нижнего без поплавков — 2,95 м². Эта летающая лодка полуторопланной схемы с тянущей винтомоторной группой на верхнем крыле была оборудована трехместной кабиной и поднимаемым шасси, на оси которого могли быть поставлены как колеса, так и лыжи. Консоли верхнего, подкосного крыла складывались назад, а нижние, свободные несущие крылья были расположены вблизи ватерлинии, с поплавками поперечной остойчивости. Подъем и опускание шасси выполняли посредством ручного тросового привода из кабины (рис. 239-242).

Особенность компоновки Ш-2 — большие углы установки крыльев относительно корпуса лодки: верхнее крыло — $+6,5^\circ$, нижнее — $+10^\circ$, двигателя — $+6^\circ$. Сделано это для того, чтобы обеспечить посадочный угол верхнего крыла $15-16^\circ$ (при угле продольной килеватости лодки с шасси $10-11^\circ$) и тем полностью использовать максимальный коэффициент подъемной силы крыла. Поэтому нос лодки в полете немного опущен, что способствует хорошему обзору из кабины. Диапазон центровок — от 27 до 37,5% САХ, при этом до 35% САХ центровка совершенно безопасная.

Фюзеляж самолета — неразборная деревянная лодка с жесткой фанерной обшивкой, оклеенной тканью, имел пять герметичных отсеков, что обеспечивало самолету плавучесть и непотопляемость. Для уменьшения брызгообразования от второго шпангоута до редана у лодки были сосновые скуловые ползки трапецевидного и переменного по длине сечения. Редан крепился снаружи фанерной обшивки на днище. Троса управления проходили через сальники, сделанные из развальцованных медных трубок и впаяны в стальную пластинку.

Козырек кабины из плексигласа окантован дюралюминием и к обшивке прикреплен шурупами. Центральная часть нижних крыльев выполнена заодно с лодкой. Отъемные части нижнего крыла снабжены поплавками боковой остойчивости, обшиты фанерой, оклеены полотном и закреплены на четырех болтах.

Верхнее крыло состояло из центроплана и двух плоскостей. Крайние секции центроплана обшиты фанерой и оклеены полотном, средняя закрыта верхним и нижним дюралюминиевыми щитками. Задняя часть центроплана имела полотняную обшивку и крепилась на петлях. У отъемных консолей носок до первого лонжерона и нижняя поверхность у

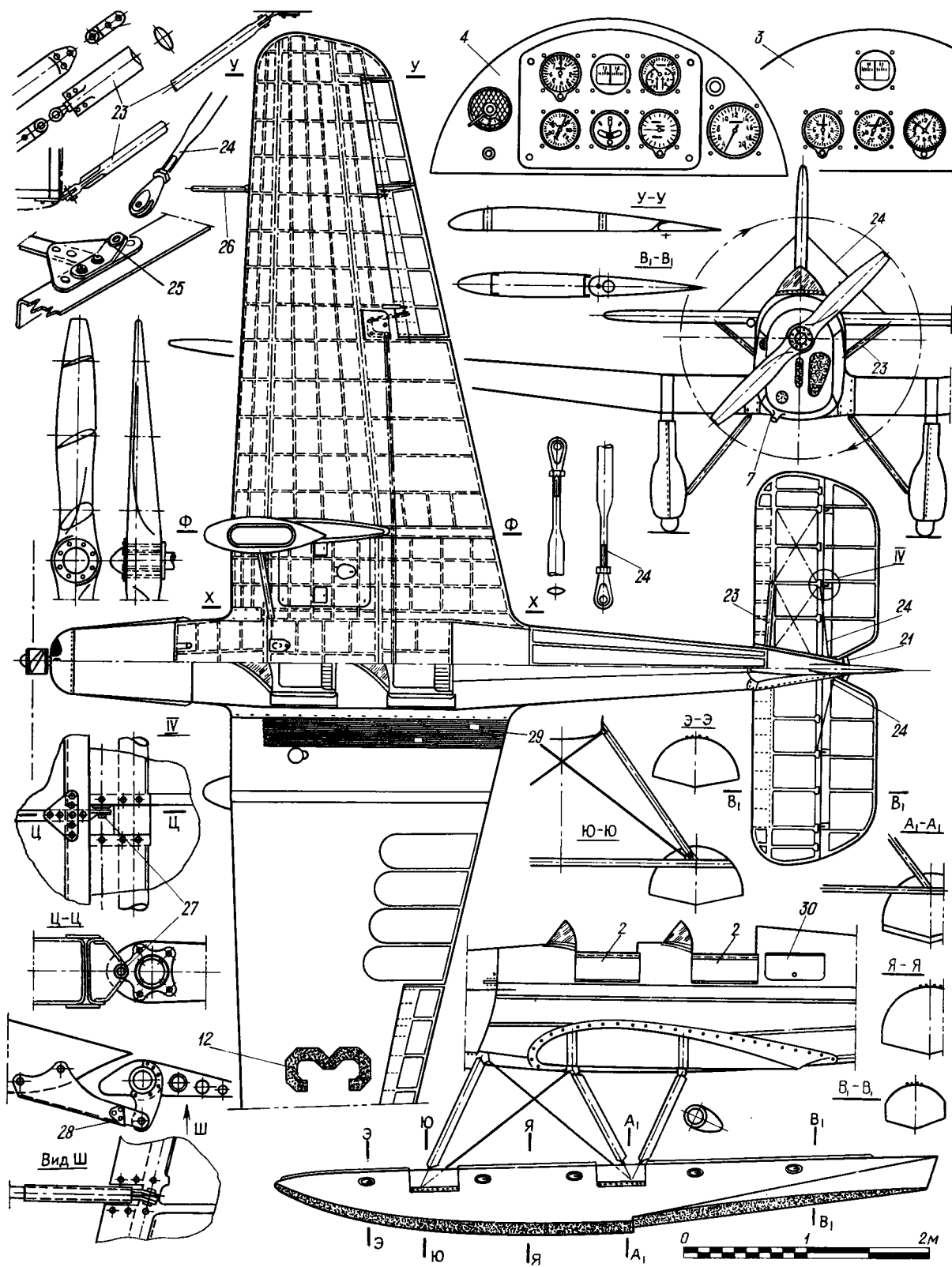


Рис. 237. Схема самолета УТ-2 с мотором Рено (продолжение)

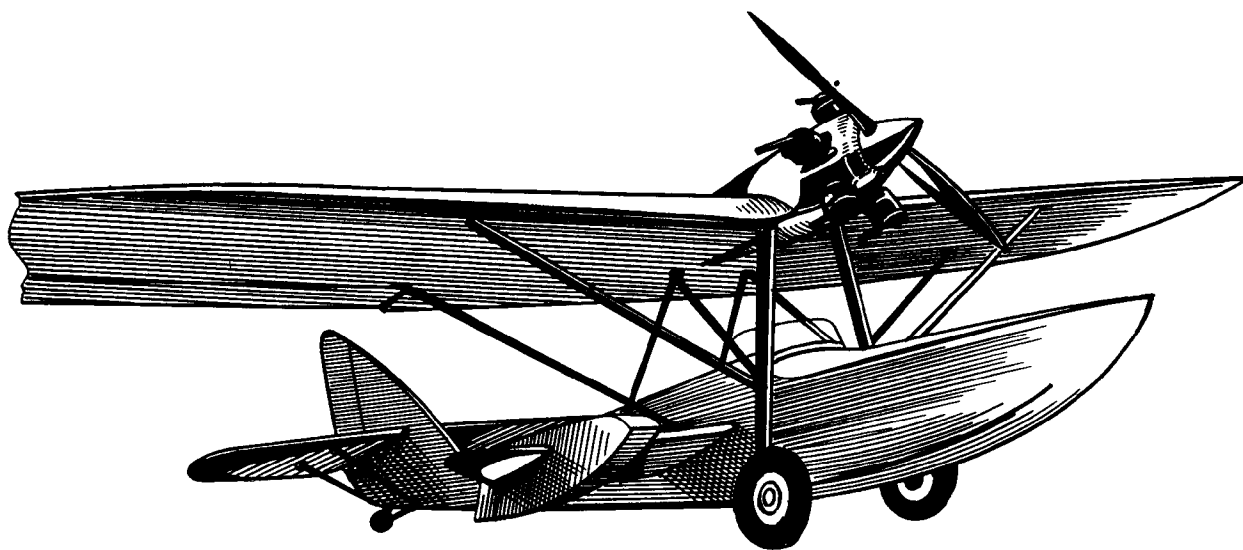


Рис. 238. Самолет-амфибия Ш-2

элерона обшиты фанерой. В верхней части установлены промежуточные носки для выдерживания профиля. Все крыло обтянуто полотном.

Переднюю часть элерона обшивали фанерой, а затем все обтягивали полотном. Двояковыпуклый несимметричный профиль крыла (МОС-27) до подкосов характеризовался относительной толщиной 17%, на концах плоскости — 12%, а относительная толщина изменялась за счет уменьшения кривизны верхнего контура, становясь почти симметричной, что заменяет крутку крыла.

Плоскости самолета при складывании поворачивались вокруг оси разъемного второго лонжерона и болта крепления заднего подкоса крыла. Перед складыванием крыльев задняя часть центроплана поднималась вверх.

Хвостовое оперение — деревянное, обшитое полотном, а носок стабилизатора зашит фанерой. Снизу стабилизатор имел два подкоса с каждой стороны.

Поднимающееся шасси снабжено шнуровой резиновой амортизацией. Стойки шасси в опущенном положении фиксировал стопор, закрепленный на нижней скобе.

Приборная доска из дюралюминия в кабине пилотов черно-матового цвета, борта в кабине и сиденья — серые.

Самолет имел несколько вариантов раскраски.

Санитарный вариант: весь самолет белый или бежевый; на консолях, фюзеляже, руле поворота — красный крест; на фюзеляже с обеих сторон и на крыльях — надпись «СССР» и цифровой знак — черные.

Военно-санитарный вариант: фюзеляж с боков и сверху, киль с рулем поворота, крылья и стабилизатор сверху — зеленые (камуфляжные); фюзеляж, крылья и стабилизатор снизу — светло-голубые; в белом кругу на консолях верхнего крыла сверху и снизу, на фюзеляже с обеих сторон на уровне задних законцовок поплавков — красный санитарный крест; снизу верхнего крыла,

на фюзеляже за санитарным знаком и в верхней части руля направления с обеих сторон — красная звезда без окантовки; капот двигателя и кок винта — зеленые.

Из многих известных гидросамолетов амфибия Ш-2 наиболее удачно подходит для копирования под летающую модель. Единственная по сравнению с другими трудность — имитировать двигатель М-11, у которого на самолете были полностью открытыми цилиндры. Преимущество то, что модель можно запускать как с земли, так и с водной поверхности.

Самолет — летающее крыло БОК-5

В середине тридцатых годов среди авиационных конструкторов идея постройки самолета по схеме «летающее крыло» находила все больше сторонников. Конструктор В. А. Чижевский по собственной инициативе спроектировал и построил такой спортивный самолет (рис. 243) под мотор М-11 в 100 л. с. Он пошел дальше, чем его предшественники у нас и за рубежом. Построив машину БОК-5 по нормам прочности истребителей, он предназначал ее для выполнения всех фигур высшего пилотажа. Чижевский хотел на практике проверить возможность использования бесхвостовых самолетов в качестве истребителей. После некоторых конструктивных доработок самолет показал исключительно хорошую управляемость и устойчивость. Но в то время, по непонятным до сих пор причинам, работы по созданию бесхвостых самолетов были прекращены и БОК-5 серийно не строился.

Лишь через многие годы вернулись к схеме «летающее крыло», но одним из первых аппаратов, подтвердившим перспективность этой схемы, был одноместный спортивно-пилотажный самолет БОК-5. В Бюро опытных конструкций в 1937 году был построен этот цельнометаллический самолет с частичной полотняной обшивкой, двухколесным шасси от самолета По-2 (У-2).

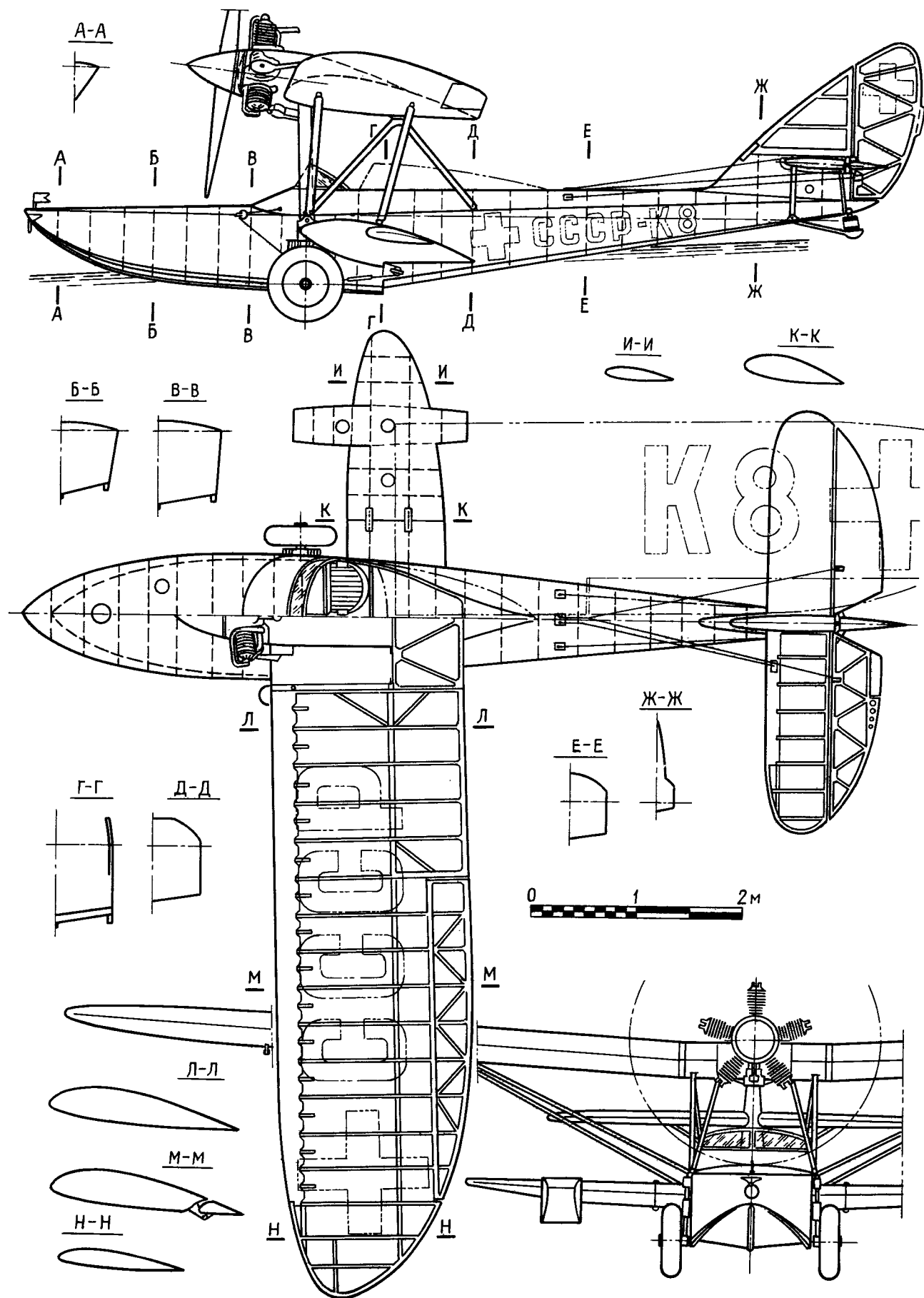


Рис. 239. Схема самолета-амфибия Ш-2

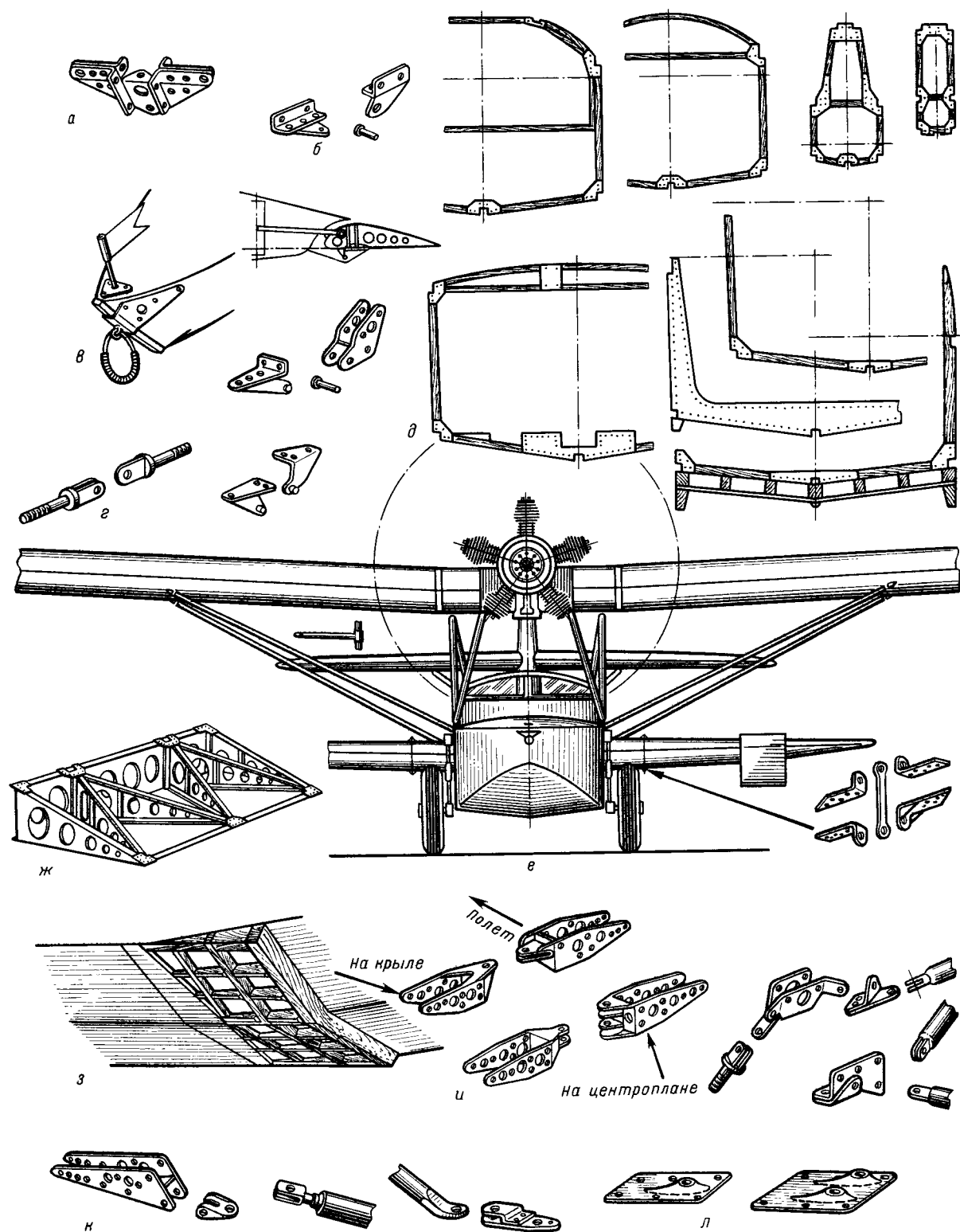


Рис. 240. Детали конструкции самолета Ш-2:

а — рычаг управления рулями; б — узлы крепления элерона; в — флюгарка и рым-болт с кольцом; г — шарнирные узлы рулей; д — шпангоуты лодки; е — узлы крепления крыла; ж — задняя часть центроплана; з — накладной редан; и — узлы крепления плоскости; к — узлы крепления подкоса крыла

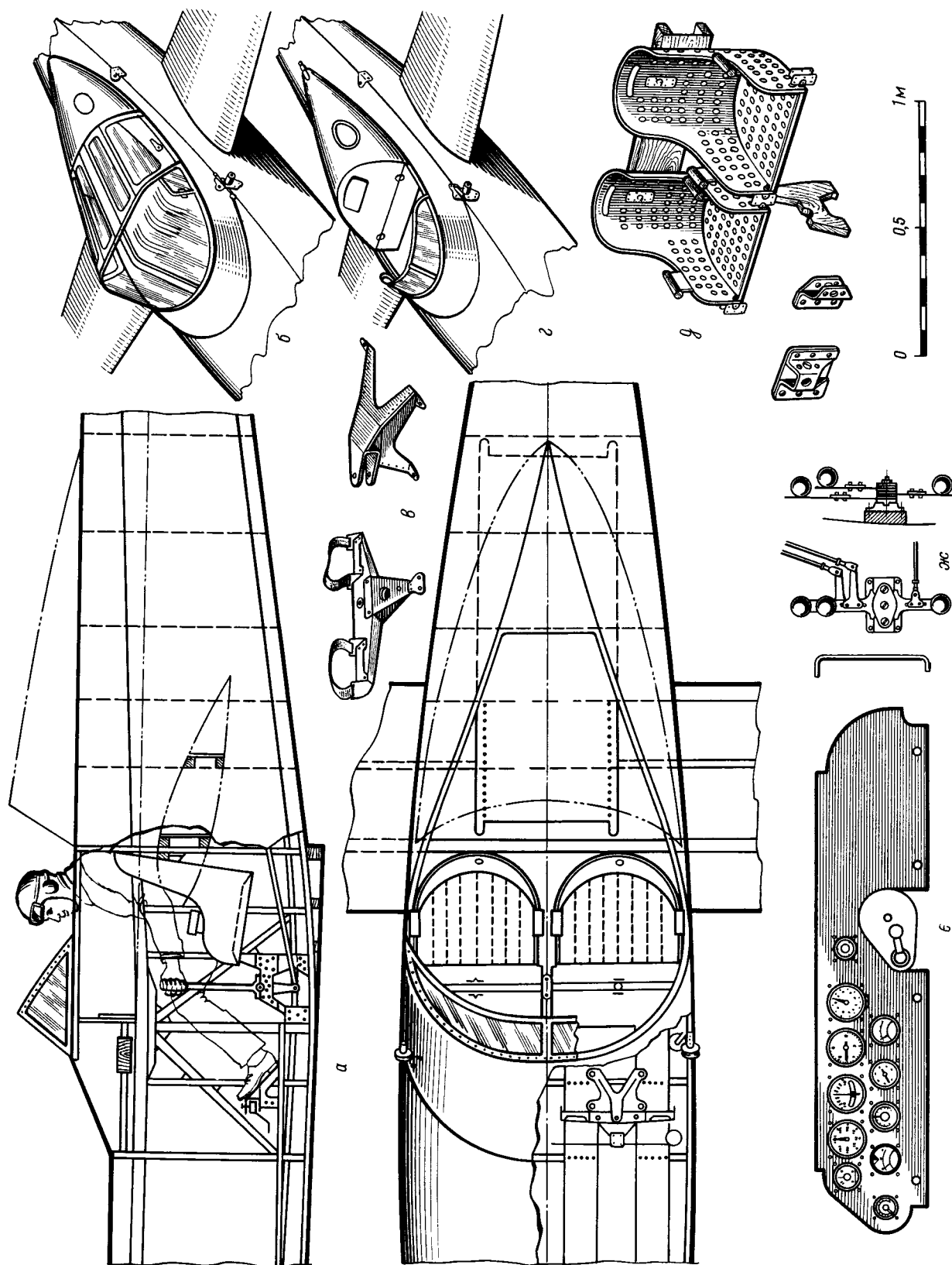


Рис. 241. Оборудование кабины самолета Ил-2:
 а — кабина; б — фонарь закрытой кабины; в — педаль ножного управления; г — фонарь санитарной кабины; д — крепление сиденья; е — приборная доска; ж — рычаги управления

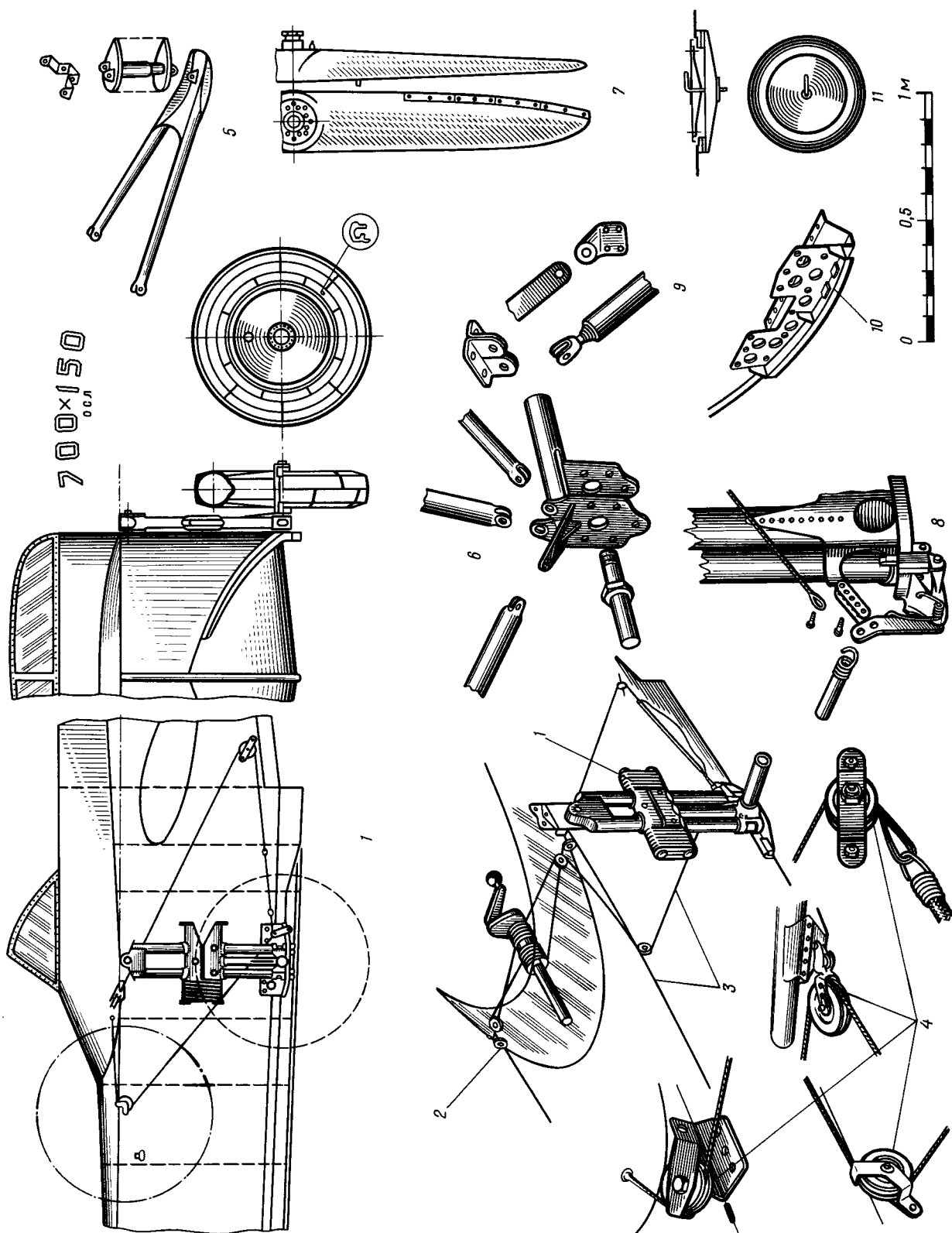


Рис. 242. Сухопутное шасси самолета Ш-2:

1 — амортизатор; 2 — механизм уборки шасси; 3 — трос; 4 — ролики; 5 — кость; 6 — узлы крепления подкосов и шасси; 7 — винт; 8 — стопорное устройство; 9 — нижний узел крепления шасси; 10 — гнездо стопора; 11 — смотровой люк

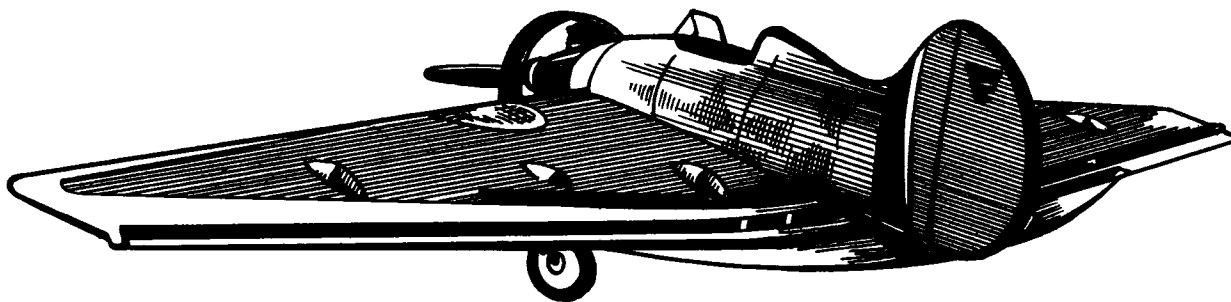


Рис. 243. Самолет БОК-5

Фюзеляж, собранный из ряда шпангоутов и стрингеров, был обшит листовым дюралюминием (рис. 244). В середине фюзеляжа располагалась кабина пилота с передним козырьком и откидными бортами. За кабиной небольшой гаргрот, переходящий в киль с рулем направления. Управляемый костыль имел резиновую амортизацию. К переднему усиленному шпангоуту крепилась моторама. Двигатель был закрыт кольцевым капотом, уменьшавшим лобовое сопротивление.

Крыло S-образного профиля (ЦАГИ-890) имело узкую центральную часть постоянной ширины, обшитую гофрированным дюралюминием (рис. 245). Консоли — стреловидные по передней кромке. Крыло имело два основных лонжерона и задний, вспомогательный лонжерон коробчатого сечения, к которому крепилась подвижная часть крыла. Набор крыла состоял из ряда усиленных и обычных дюралюминиевых нервюр с профилем переменной относительной толщины — 16% у корня и 13% на конце. Подвижная хвостовая часть крыла могла отклоняться относительно хорды крыла от $+2$ до -5° . Ее использовали для продольной регулировки самолета в полете, а управляли ею с помощью тросовой проводки и штурвального на левом борту кабины пилота.

На подвижной части крыла подвешивали в центре рулевые закрылки, выполнявшие роль рулей высоты, а по концам — элероны. Как элероны, так и рули высоты выходили за контур основного профиля крыла и сами имели крыльевой профиль, но перевернутый спинкой книзу. При нейтральном положении эти рули располагались относительно хорды крыла под небольшим отрицательным углом -4° .

Крыло и рули обшивали полотном, а подвижную часть крыла — дюралюминием. Управление поворотной частью крыла, рулем высоты, элеронами и рулем направления — тросовое. Управление костылем заблокировано с рулем направления.

Основные данные самолета следующие: размах крыла — 9,86 м; длина — 4,365 м; полетная масса — 764 кг; максимальная скорость полета — 174 км/ч; посадочная скорость — 85 км/ч.

Самолет можно копировать под летающие кордовые и радиоуправляемые модели. Довольно большая площадь крыла позволяет изготовить модель с небольшой нагрузкой на единицу площади. Трудность при изготовлении модели состоит в том, что

видны цилиндры двигателя и их надо достоверно воспроизвести.

Самолет был окрашен «под жар-птицу» зелеными, красными и синими полосами и кругами, кольцевой капот двигателя — под серебро. Воздушный винт — красный, цилиндры двигателя и пневматики колес — черные. Вертикальное оперение — цветные полосы с эмблемой конструкторского бюро БОК на руле направления.

Самолет Сопвич-триплан

В 1916 году молодой, но уже известный английский пилот и создатель истребителей Том Сопвич создал необычный самолет-истребитель с тремя плоскостями (рис. 246). Конструктор, имея в своем распоряжении двигатель «Рон» мощностью 110 л. с., добивался создания самолета, способного конкурировать с немецким истребителем «Альбатрос», у которого был двигатель мощностью до 180 л. с. Триплан оказался простым в управлении и очень маневренным.

В 1917 году истребители Сопвича в небольшом количестве поставлялись и в Россию, а после Октябрьской революции — в войска интервентов и белогвардейцев, после чего в качестве боевых трофеев оказывались на вооружении Красной Армии. Для своего времени эти машины были бесспорно самыми лучшими истребителями.

Самолет имел цельнодеревянную конструкцию с полотняной обшивкой (рис. 247). Ферма фюзеляжа состояла из четырех сосновых лонжеронов, стоек, распорок и расчалок, обеспечивающих жесткость конструкции. Носовая часть обшивалась алюминиевыми листами, хвостовая (от кабины) — полотном. Крылья, равные между собой по размаху и хорде, были деревянными. Относительная толщина профиля крыла составляла 7%. Все крыло и рули были обтянуты полотном, пришитым к нервюрам толстыми нитками с последующей заклеивкой швов киперной лентой. Элероны на всех трех крыльях соединялись расчалками. Крылья устанавливались на четырех одинаковых широких сосновых стойках обтекаемого профиля. Две средние стойки проходили сквозь фюзеляж и крепились болтами к лонжеронам (рис. 248).

Хвостовое оперение — легкий деревянный каркас с лентами-расчалками. Стабилизатор передней кромкой был соединен подвижно с фюзеляжем, а задняя часть поднималась и опускалась с помощью штурвального в кабине через троса на механизм

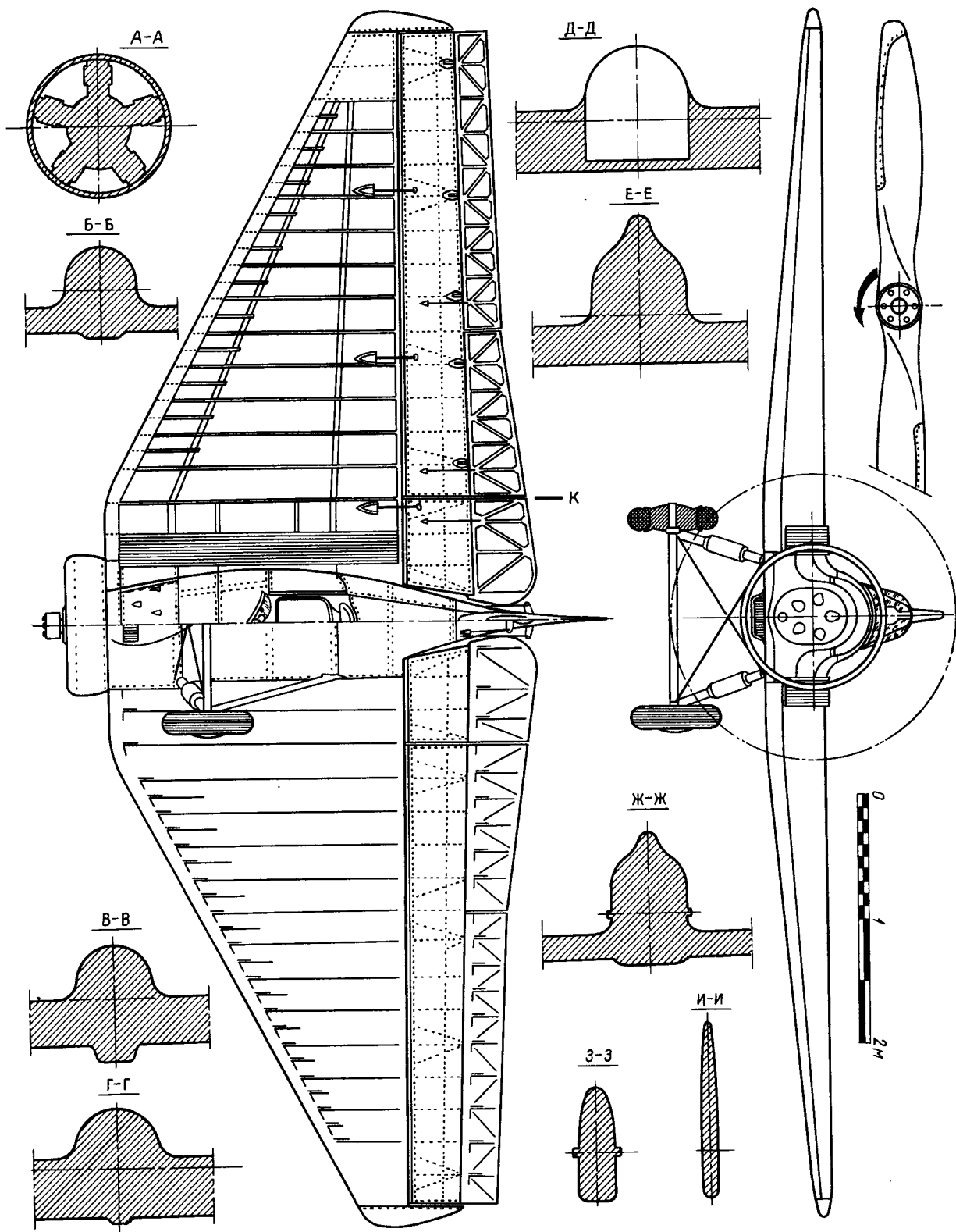


Рис. 244. Схема самолета БОК-5

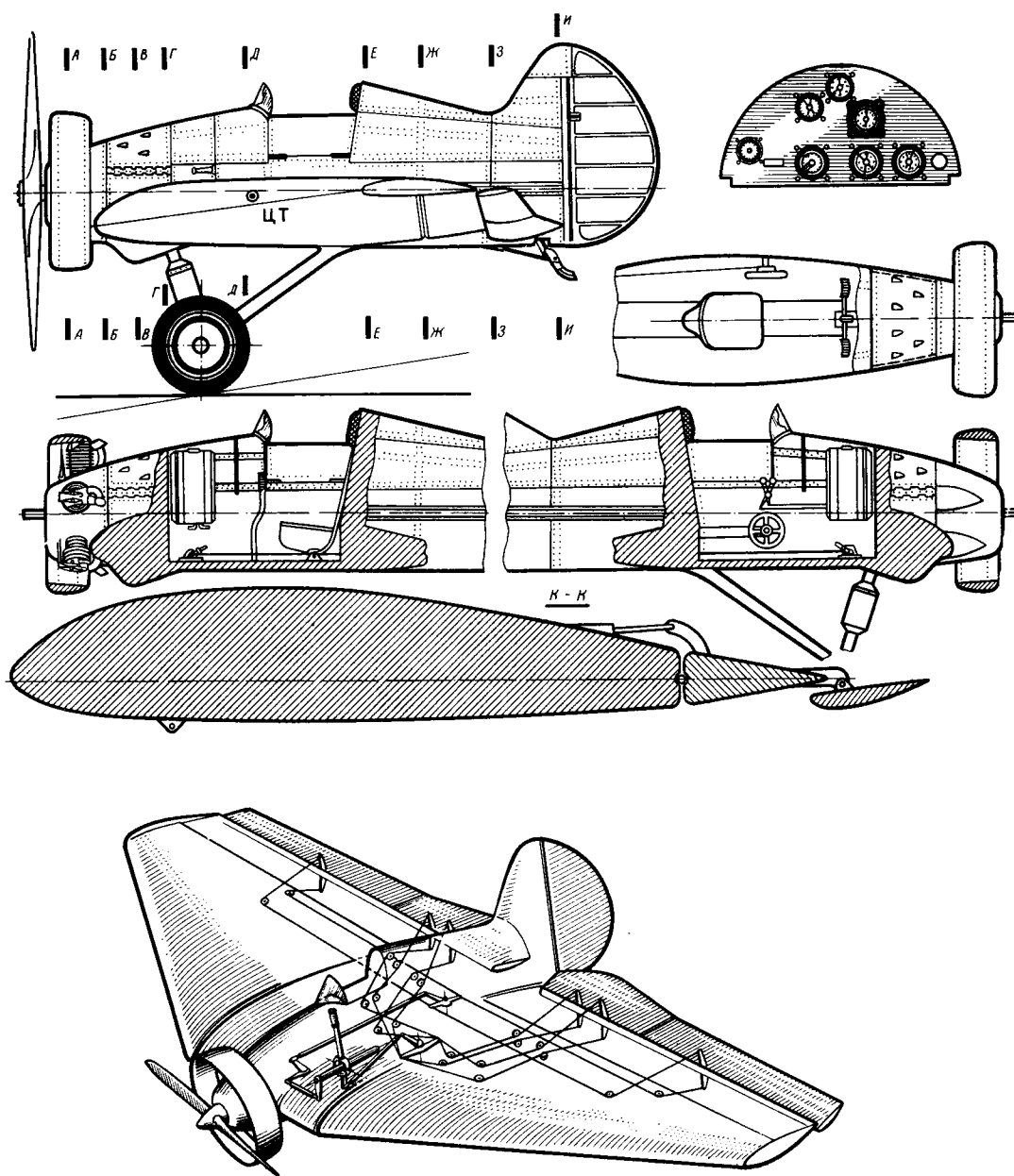
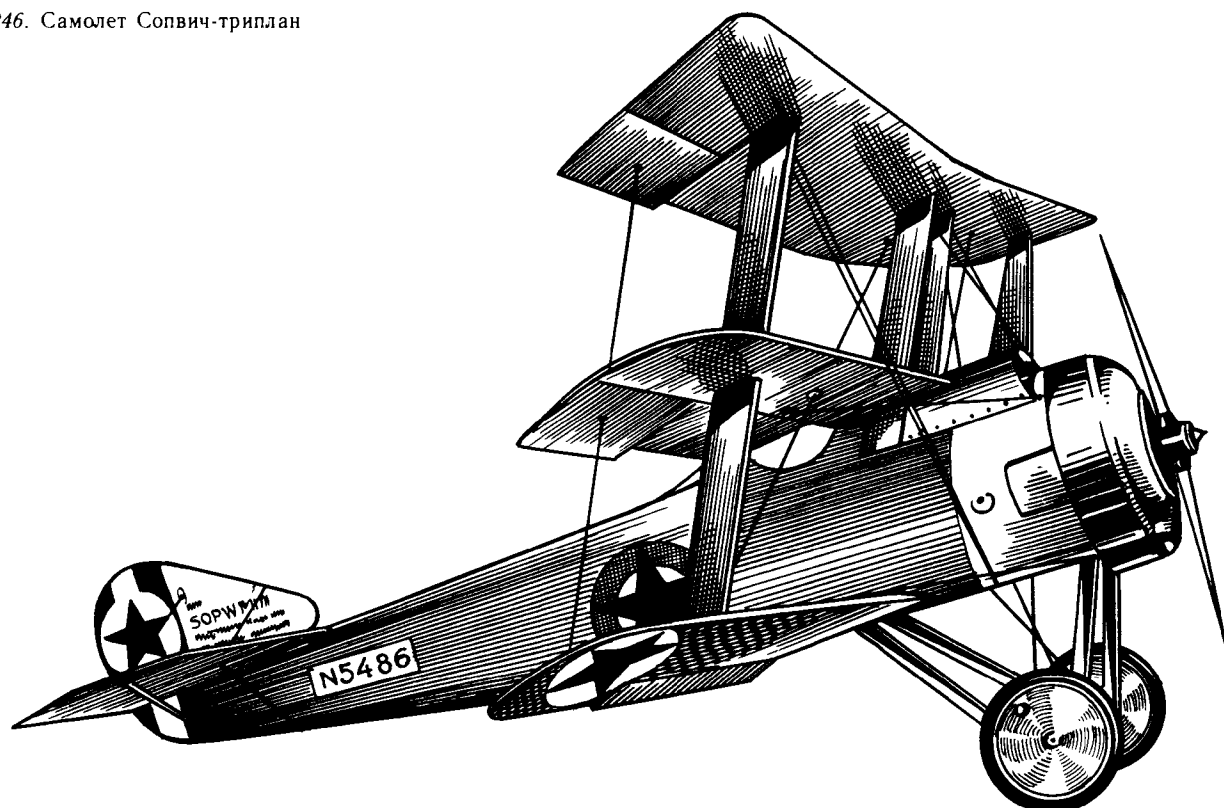


Рис. 245. Схема и детали оборудования самолета БОК-5



типа домкрата и могла изменять угол установки от $+2$ до -2° .

Первоначально на самолете устанавливали двигатель «Рон» мощностью 110 л. с., а затем — более мощный «Клерже» (130 л. с.). Мотор закрывали обтекаемым круглым алюминиевым капотом. Воздушный винт вырезали из дерева. На правой стойке крыла у кабины размещали топливный насос с приводом от крыльчатки.

Шасси — из стальных труб каплевидного сечения с шарнирно соединенными осями колес и амортизацией из резинового шнура. Колеса — со спицами, обтянутыми полотном. Костыль — деревянный, управляемый, с резиновой шнуровой амортизацией. Управление самолетом — тросовое.

Вооружен самолет был одним синхронным пулеметом, закрепленным на фюзеляже перед летчиком. На приборной доске был тахометр, указатель скорости, манометр и переключатель магнето.

Самолет окрашивали сверху в защитный зелено-коричневый цвет, снизу в голубой или бледно-желтый. В Красной Армии на руль поворота и на все крылья сверху и снизу наносили красные звезды без окантовки, порой прямо поверх английских опознавательных знаков. Дюралюминиевые капоты не окрашивали.

Самолет представляет значительный интерес для копирования, особенно как летающая модель всех типов. При данном расположении крыльев центровку надо располагать от носка хорды среднего крыла в пределах 20—30%. Модель довольно сложна в изготовлении, так как все на виду. Необходимо разрабатывать всю конструкцию на модели, подобной прототипу, за исключением внутренней конструкции деталей фюзеляжа и крыла. Также представляет трудность изготовление имитации двигателя.

Обозначения на схеме: 1 — подвеска элеронов и кабанчики управления; 2 — кабанчики руля высоты; 3 — кабанчик руля поворота; 4 — нервюра центральной части среднего крыла; 5 — нервюра крыльев; 6 — оборудование кабины пилота; 7 — проводная расчалка.

Самолет Пайпер Л-4

Одним из наиболее удачных и массовых легких самолетов, выпускавшихся еще до второй мировой войны, был двухместный высокоплан американской фирмы Пайпер Л-4 (рис. 249). Его предшественником был самолет первоначального обучения «Каб» (новичок). В варианте связного он получил обозначение Л-4 «Грассхонер» (кузнечик).

На заводе фирмы самолет выпускали в восьми модификациях, но модификации практически не затрагивали основную конструкцию планера, а сводились лишь к изменениям винтомоторной установки. Наибольшую часть самолетов изготавливали с четырехцилиндровым двигателем воздушного охлаждения «Континентал» мощностью 65 л. с. С этим двигателем самолет имел максимальную скорость 139 км/ч, крейсерскую — 120 км/ч, потолок — 3510 м, дальность полета — 416 км, взлетную массу 554 кг (рис. 250).

Самолет — подкосный высокоплан смешанной конструкции. Площадь крыла — 16,5 м², размах — 10,7 м, лонжероны — деревянные, нервюры — алюминиевые. Фюзеляж и каркас хвостового оперения — сварные из стальных труб. Обшивка самолета — полотняная. Кабина пилота — закрытого типа с большой площадью остекления, обеспечивающей хороший обзор.

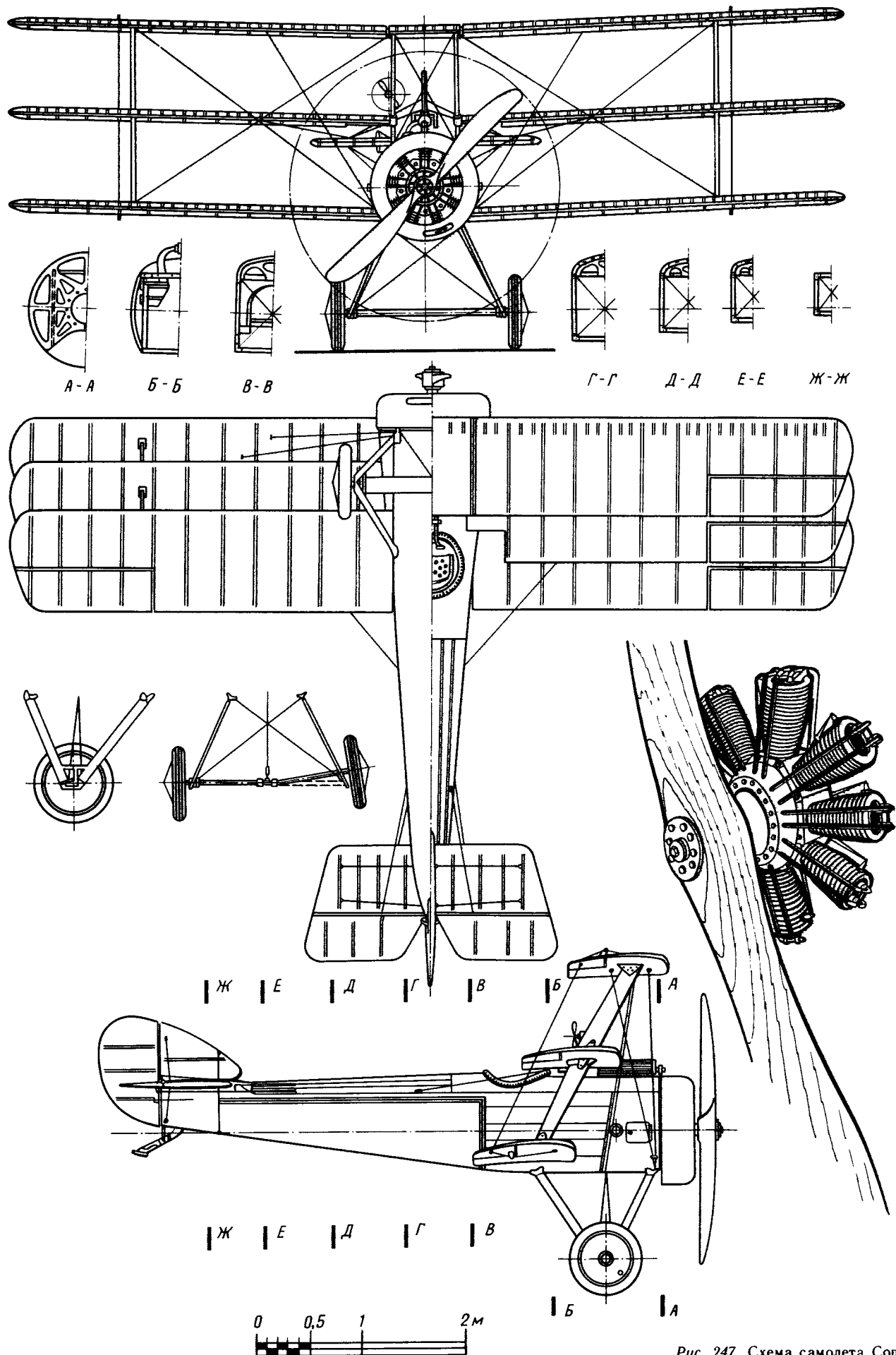


Рис. 247. Схема самолета Сопвич-триплан-

Рис. 248. Детали конструкции и оборудования самолета Сопвич-триплан

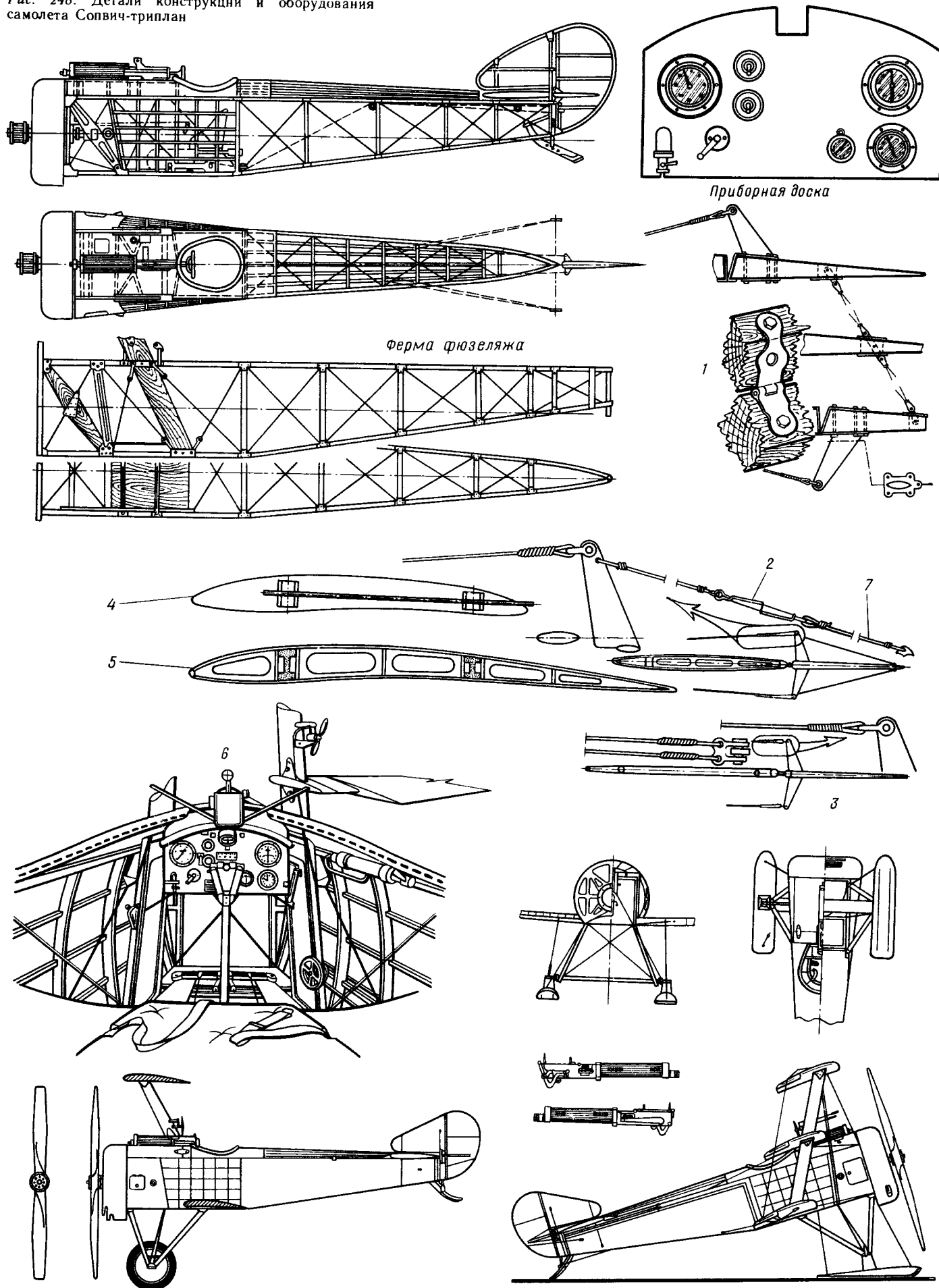




Рис. 249. Самолет Пайпер Л-4

Самолет имел двойное управление (рис. 251—253). Пилоты располагались один за другим (тандемом).

Шасси — пирамидального типа с внутренним амортизационным подкосом. Костыльная установка — рессорного типа с укрепленным ориентирующим колесом. Колеса основные и хвостовые — баллонного типа. Моторная установка и нос фюзеляжа до начала кабины закрывались съемными дюралюминиевыми капотами, а цилиндры двигателя сверху прикрывались фигурными щитками, улучшавшими обдув цилиндров. Приборная доска имела минимум навигационного оборудования. Воздушный винт — деревянный.

Самолет пригоден для копирования под любую летающую модель. Довольно большая площадь крыла позволяет изготовить модель из недефицитных материалов с небольшой удельной нагрузкой на единицу площади.

Этот самолет имел раскраску по требованию заказчика. Многие самолеты после окончания войны были проданы в аэроклубы и в личное пользование, поэтому их раскраска очень разнообразна. Некоторые экземпляры поздних выпусков летают до сих пор.

Обозначения на схеме следующие:

1 — таблица поправок компаса; 2 — подогрев кабины; 3 — заливной шприц; 4 — указатель температуры масла; 5 — высотомер; 6 — компас; 7 — указатель скорости; 8 — указатель оборотов; 9 — амперметр; 10 — пожарный кран; 11 — ручка перестановки стабилизатора; 12 — выключатель зажигания двигателя; 13 — подогрев карбюратора; 14 — сектор газа двигателя; 15 — бензобак; 16 — знак фирмы; 17 — указатель количества топлива; 18 — вид на кабину сзади; 19 — вид на кабину спереди; 20 — хвостовое колесо; 21 — поплавковый вариант.

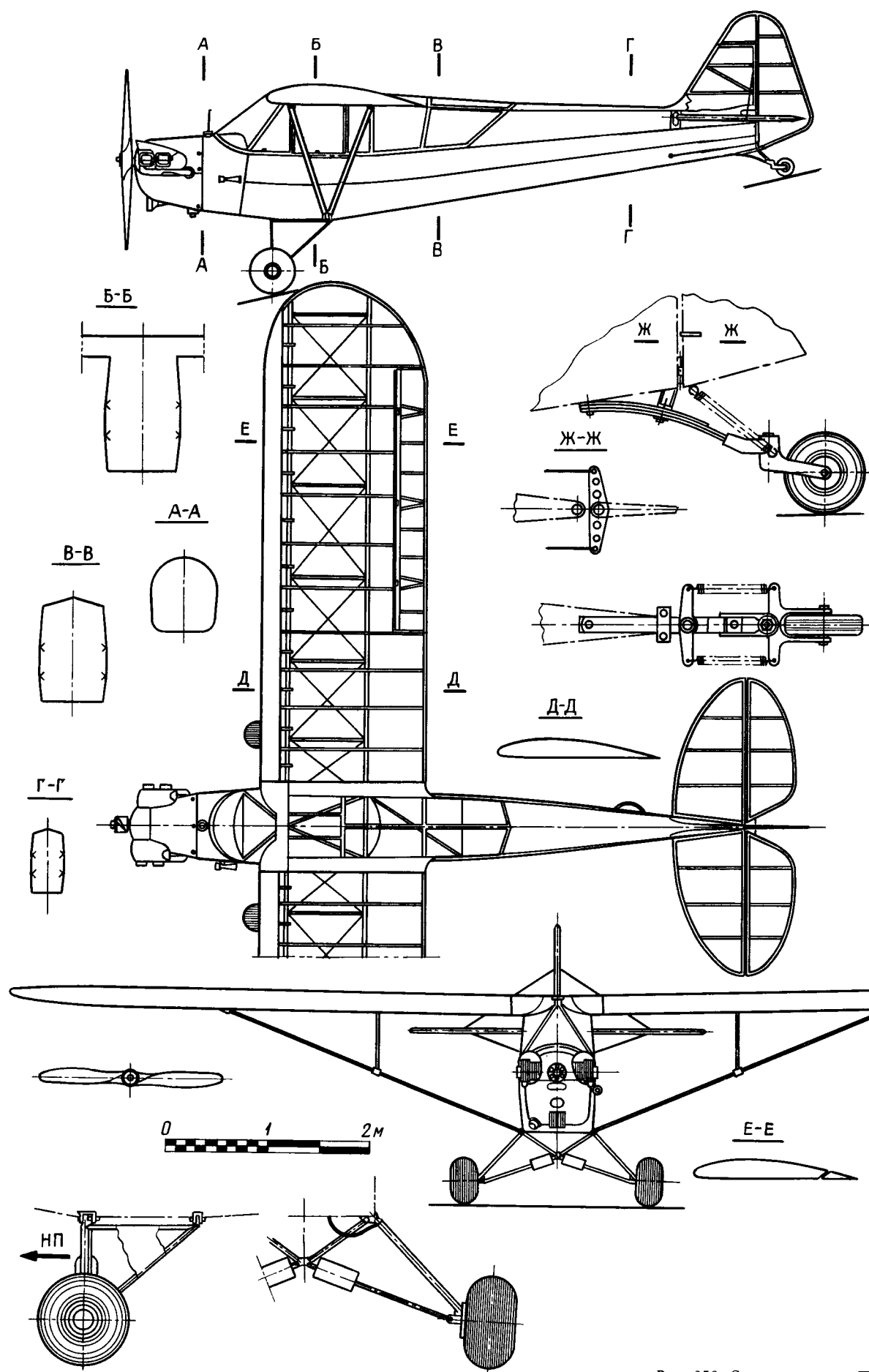


Рис. 250. Схема самолета Пайпер Л-4

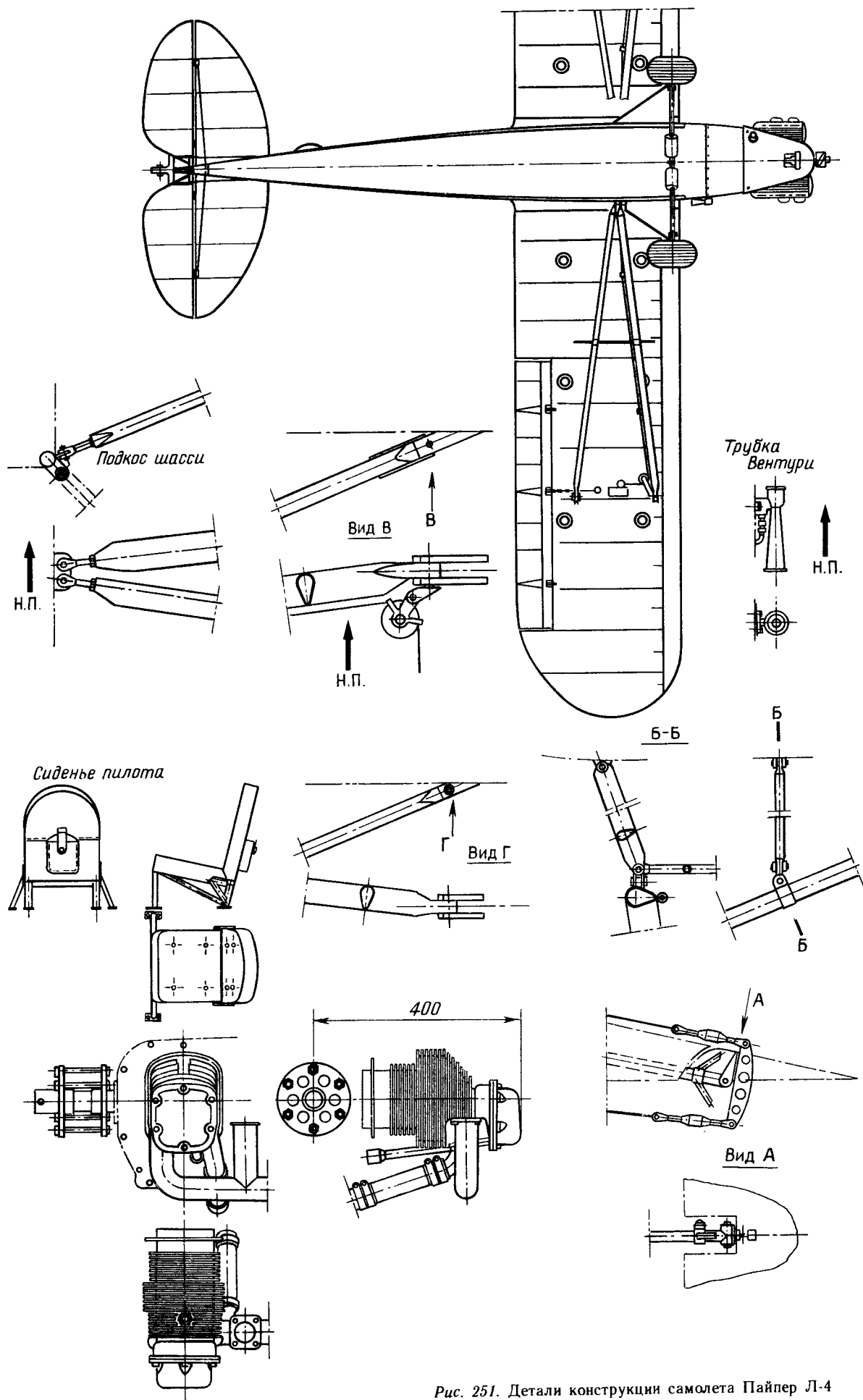


Рис. 251. Детали конструкции самолета Пайпер Л-4

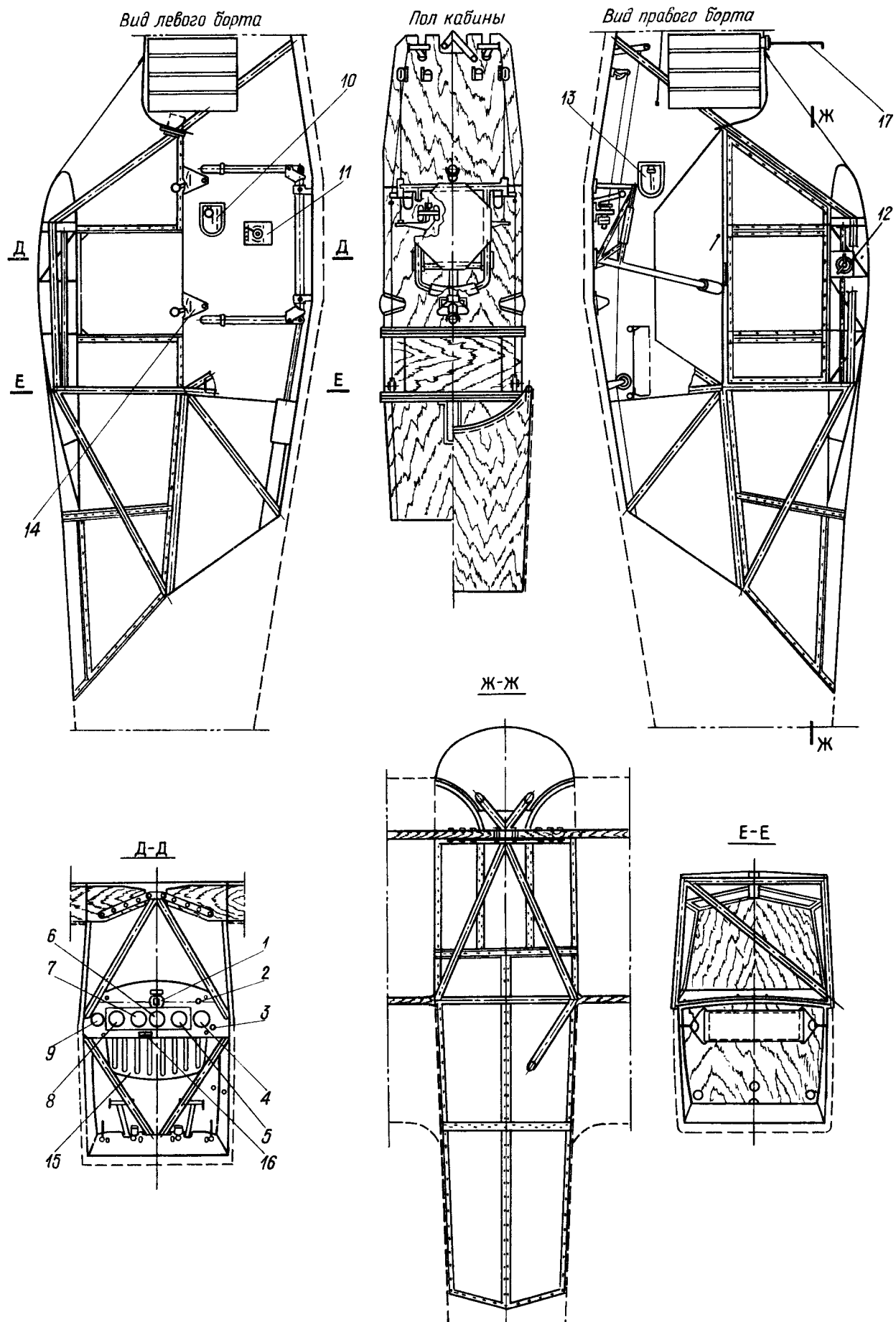
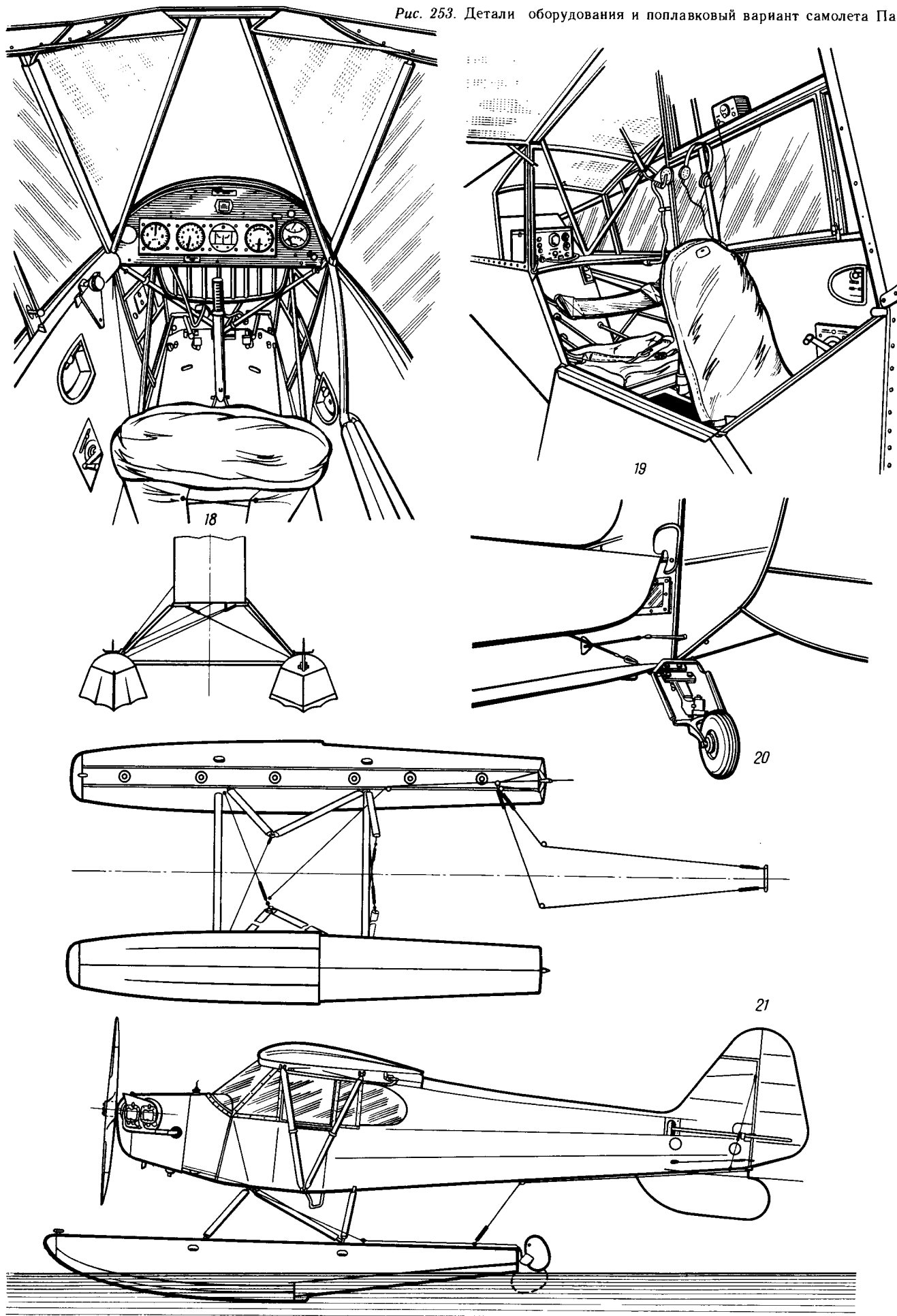


Рис. 252. Оборудование кабины самолета Пайпер Л-4

Рис. 253. Детали оборудования и поплавковый вариант самолета Пайпер Л-4



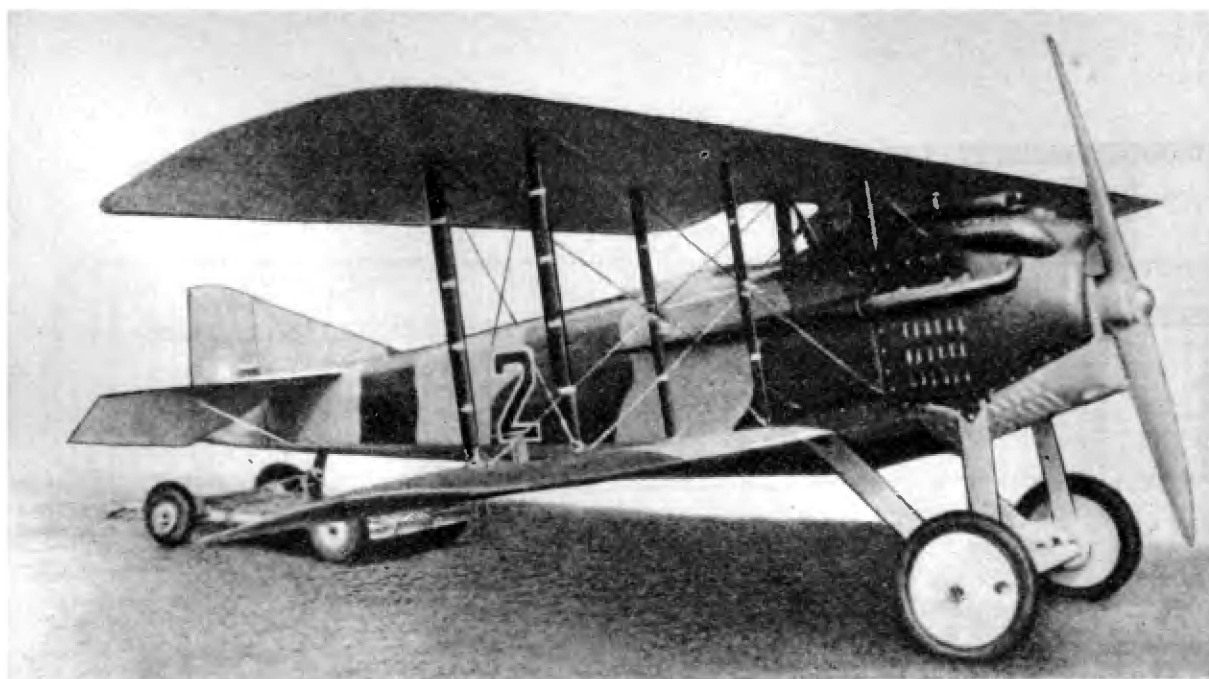


Рис. 254. Самолет СПАД С-VIII

Самолет СПАД С-VIII

В 1915 году только что организованная французская фирма СПАД начала проектировать истребитель, способный бороться против немецких «Альбатросов» и «Фоккеров». Распространенные звездобразные ротативные двигатели воздушного охлаждения не устраивали французских конструкторов. Был выбран V-образный двигатель водяного охлаждения фирмы «Испано-Сюиза» мощностью сначала в 150 л. с., а затем модернизированный до 300 л. с. В 1916 году уже был облетан истребитель бипланной схемы, получивший название СПАД С-VIII (рис. 254). Самолет оказался очень хорошим и развивал скорость до 194 км/ч. Он имел очень технологичную конструкцию, быстро был освоен в серийном производстве, прослужил до 1923 года, имел восемнадцать модификаций и строился по лицензии во многих странах. В России до 1918 года по лицензии было построено около 100 самолетов СПАД С-VIII. Самолет был одноместным истребителем-бипланом со штатным двухколесным шасси (рис. 255 и 256).

Наборный фюзеляж представлял собой деревянную конструкцию с частичной мягкой обшивкой из полотна. Моторная часть и передняя часть фюзеляжа по кабину имели съемную дюралюминиевую обшивку.

Хвостовое оперение — деревянное с полотняной обшивкой. Стабилизатор — подкосно-расчалочный. Крылья — цельнодеревянные с полотняной обшивкой. Верхнее крыло отличалось от нижнего наличием элерона, а также немного большим размахом и хордой. Центроплан верхнего крыла был обшит

фанерой и прикреплен четырьмя стойками к фюзеляжу. Между собой крылья соединялись четырьмя парами деревянных каплевидных стоек, расчаленных стальной проволокой.

Шасси со стойками из стальных пластин снабжалось поперечной профилированной распоркой, в которой шарнирно закреплены полуоси колес, и резиновой шнуровой амортизацией. Диски колес со спицами затянуты полотном. Костыль — деревянный со шнуровой резиновой амортизацией.

Пулемет устанавливался в носу фюзеляжа перед кабиной пилота и был синхронизирован с деревянным воздушным винтом.

Самолет пригоден для копирования под любую модель. Особое внимание необходимо обратить на несущие плоскости, которые имеют довольно тонкий профиль.

Раскраска самолета очень разнообразна и менялась в зависимости от принадлежности стране и фирме. Французские самолеты имели в основном различную камуфляжную окраску. Обычно сверху — оливковый, бежевый, желтый, светло- и темно-зеленый цвета, снизу — оранжевый, голубой, алюминиевый или кремовый. Трехцветный знак принадлежности (синий, белый, красный) был изображен на верхнем крыле — сверху, на нижнем — снизу, и на руле направления. Сбоку на фюзеляже помещали знак принадлежности воинской части. Некоторые пилоты имели право наносить на фюзеляж свой знак.

Данные самолета: размах — 7,78 м; длина — 6,16 м; площадь крыльев — 17,85 м²; взлетная масса 775 кг; максимальная скорость у земли — 195 км/ч.

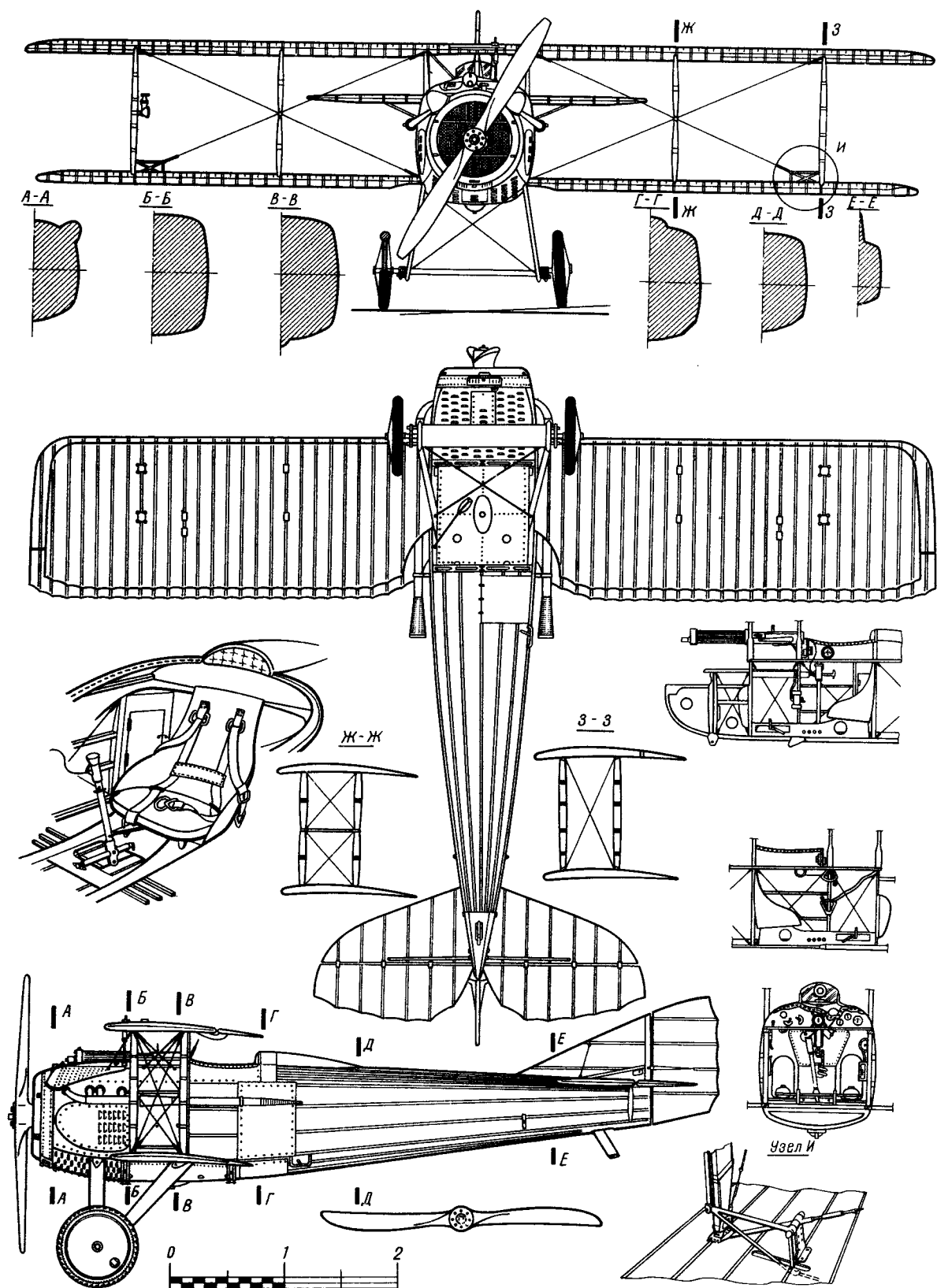


Рис. 255. Схема самолета СПАД С-VIII

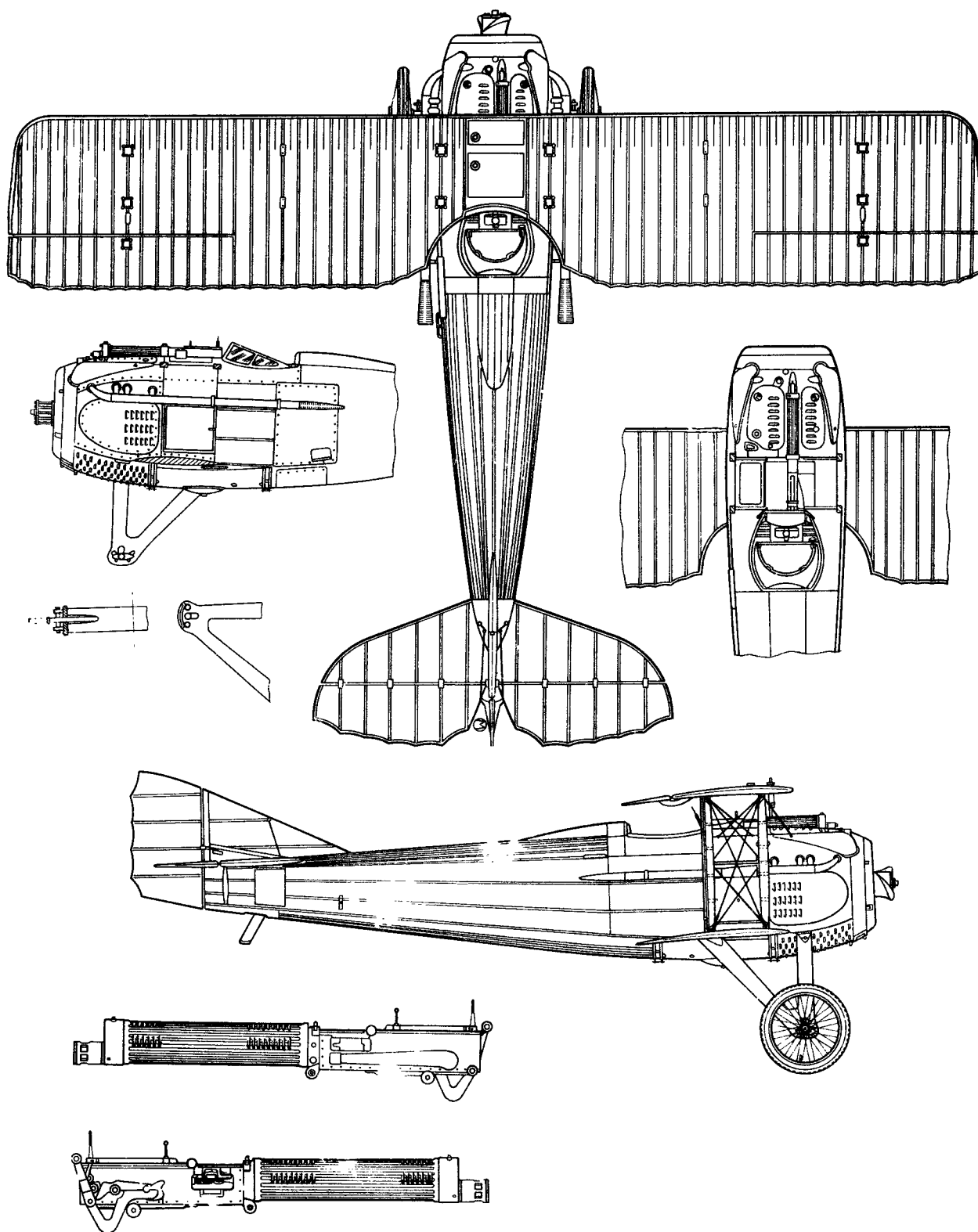


Рис. 256. Схема и детали конструкции самолета СПАД С-VIII



Рис. 257. Самолет Фли Беби

Самодельный самолет Фли Беби

Изготовление самодельных самолетов в США имеет давнюю традицию. Для упорядочения как изготовления, так и полетов таких аппаратов в свое время возникла Экспериментальная Авиационная Ассоциация (ЭАА), которая объединила всех авиастроителей-любителей. Эта ассоциация выработала тактико-технические требования к таким самолетам и во время проведения массовых сборов начала контролировать их соответствие. Каждый год ассоциация проводит соревнования на наилучшую самодельную конструкцию. В 1962 году таким самолетом был признан Фли Беби (рис. 257), сконструированный Петером М. Боверсом. Этот самолет в сложенном виде умещался в автомобильном гараже. Конструктор за небольшую цену стал продавать чертежи и вскоре появилось очень много экземпляров этого самолета.

По своей схеме этот самолет — одноместный расчалочный низкоплан деревянной конструкции (рис. 258).

Наборный фюзеляж обшит с боков фанерой, а сверху и снизу за кабиной обтянут полотном. Передняя часть фюзеляжа перед кабиной и капот моторной части, а также головной обтекатель выполнены из дюралюминия. Открытая кабина пилота спереди имеет граненый козырек.

В кабине на приборной доске размещены следующие приборы:

1 — компас; 2 — два тумблера выключения магнето; 3 — указатель количества масла; 4 — указатель температуры масла; 5 — указатель оборотов мотора; 6 — высотомер; 7 — указатель скорости; 8 — вариометр; 9 — указатель скольжения; 10 — тяга управления двигателем с шаровой ручкой.

Крыло — из двух отъемных частей, прямоугольное с эллипсовидными законцовками, двухлонжеронное с деревянными лонжеронами и нервюрами. До первого лонжерона оно обшито листовым дюралюминием или фанерой и, кроме того, полностью

покрыто полотном. Внутри набор расчален стальной проволокой. Нижние ленты-расчалки идут к оси шасси, а верхние в кабину, где соединяются тандемом, позволяющим регулировать натяжение. Профиль крыла — *NACA-4412*.

Хвостовое оперение по конструкции подобно крылу. Носок киля и стабилизатора обшит листовым дюралюминием и все покрыто полотном. Элероны, рули высоты и руль направления обтянуты полотном. Стабилизатор расчален стальной проволокой к килю и фюзеляжу.

Двухколесное шасси с жесткой осью колес прикреплено к фюзеляжу деревянными V-образными подкосами с расчалками из стальной проволоки, укрепленными к средней части поперечной оси колес. Колеса — супербаллонного типа с малым давлением. Заднее колесо — поворотное, соединенное через рычаги тросами с рулем направления. Двигатель — четырехцилиндровый воздушного охлаждения «Континенталь» А-65 мощностью 65 л. с. с двухлопастным деревянным воздушным винтом. Выхлопные патрубки двигателя выведены в нижнюю часть фюзеляжа под мотором.

Контроль количества топлива осуществляется по указателю в виде штырька, выходящего из пробки бака перед пилотской кабиной.

Данные самолета следующие: размах — 8,54 м; полная длина — 5,75 м; площадь крыла — 11,15 м²; полетная масса — 420 кг; максимальная скорость — 145 км/ч.

Окраска у самолета с обозначением «500» была следующая: основное поле — желтое, а нос фюзеляжа до кабины, верхняя часть фюзеляжа, низ фюзеляжа, передняя часть крыла, киля и стабилизатора сверху и снизу — красные; разделительная линия цветов — бледно-красная, знаки на фюзеляже — белые с черной окантовкой. Надпись на передней части фюзеляжа и за кабиной — белые.

Самолет очень хорошо подходит для копирования под любую летающую модель благодаря своей «модельной» конструкции.

Самолеты Аустер Mk-III и «Антарктик 6»

Самолет спроектирован и изготовлен одной из популярнейших фирм Англии — Аустерайкрафт лимитед, специализировавшейся на выпуске легких многоцелевых самолетов. Массово он изготовлялся в 1942—1945 годах как корректировщик артиллерии. Модификация «Антарктик 6» послевоенная, предназначенная для эксплуатации в полярных условиях. Самолет — подкосный верхоплан, смешанной конструкции с частичной полотняной обшивкой (рис. 259 и 260).

Фюзеляж сварен из стальных тонкостенных труб с обшивкой из листового дюралюминия. Кабина с хорошим остеклением закрытого типа имела следующее оборудование:

1 — измеритель скорости; 2 — вариометр; 3 — высотомер; 4 — рукоятка управления; 5 — крепление педалей; 6 — педали управления рулем поворотов; 7 — указатель крена; 8 — наружное зеркало заднего обзора; 9 — компас; 10 — указатель оборотов двигателя; 11 — ручка подъема водного руля; 12 — ручка газа «Антарктика 6»; 13 — ручка газа Mk-III; 14 — гнездо крепления радиотелефонов; 15 — гнездо установки ручки управления; 16 — педали (вид сверху); 17 — ручка управления щитками; 18 — радиостанция.

Основное колесное шасси пирамидальной схемы — из стальных сваренных труб с полуосями для колес или лыж. Амортизация — резиновая, шнуровая, заделанная в ободьях колес или лыжах. Хвостовая опора — стальной костыль рессорного типа. На «Антарктике 6» — дополнительный подкильник. Эту модификацию оснащали металлическими поплавками с дюралюминиевой обшивкой. На правом поплавке устанавливали водный управляемый руль. Киль и стабилизатор — из дюралюминиевых профилей и обшиты листовым дюралюминием. Стабилизатор к килю и фюзеляжу расчален стальными лентами-расчалками. Руль поворота и рули высоты — дюралюминиевые с полотняной обшивкой.

Крыло деревянной конструкции состоит из двух половин с подкосами и контрподкосами из стальных труб каплевидного сечения. Оно снабжено взлетно-посадочными щитками, обшитыми дюралюминием и имеющими три отклоняемых фиксированных положения. На Аустер Mk-III — щитки типа «крокодил», а для «Антарктик 6» они выпускались с одновременным смещением назад. Все крыло и элероны обтянуты полотном.

Самолет Аустер Mk-III сначала оборудовали двигателем Лайкоминг 0-290-3 мощностью 130 л. с., позже — двигателем де Хевиленд Гипси Майор I — той же мощностью. «Антарктик 6» оснащали двигателем де Хевиленд Гипси Майор 7 мощностью 145 л. с. и деревянным воздушным винтом.

Данные самолета МК-III («Антарктик 6») следующие: размах — 11 м; длина — 7 м («Антарктик 6» — 7,4 м); полетная масса — 772 кг («Антарктик 6» — 835 кг); максимальная скорость — 210 км/ч («Антарктик 6» — 190 км/ч); крейсерская скорость — 165 км/ч; минимальная скорость со щитками — 40 км/ч («Антарктик 6» — 60 км/ч).

Выпускалось два варианта самолета — трех- и четырехместный.

Окраска была очень разнообразной. Один из вариантов окраски Mk-III: камуфляжный оливко-

вый с темно-зеленым сверху и сбоку фюзеляжа, снизу фюзеляж и крылья — серые или светло-голубые. Надписи — белые или черные. Самолет подходит для копирования под любую летающую модель и довольно прост в изготовлении.

Самолет Кодрон С.714

Французская авиация перед второй мировой войной не имела легкого фронтового истребителя. Стремясь восполнить этот пробел, было создано несколько самолетов под рядный V-образный 12-цилиндровый двигатель. В 1938 году фирма Кодрон-Рено на Парижском аэросалоне выставила свободонесущий моноплан с низким расположением крыла, убирающимся шасси и хорошо закопотированным двигателем — С.714 (рис. 261 и 262). Этот самолет представлял собой дальнейшее развитие самолета С.710, облетанного в 1937 году. На салонном образце был установлен двигатель Рено 12Р-01 мощностью 450 л. с. Самолет был технологичен в производстве, дешевле других самолетов и поэтому его быстро пустили в серийное производство. Но двигатель для этого аппарата оказался слабоватым, поэтому самолет по своим летным характеристикам уступал немецкому «мессершмитту» Me-109. К тому же к началу нападения Германии на Францию в строевые части поступило всего восемь самолетов.

В конструктивном отношении самолет был деревянным с фанерной работающей обшивкой. Капот двигателя — съемный, дюралюминиевый. Крыло состояло из трех частей — центроплана, выполненного заодно с фюзеляжем, и отъемных консолей. Пулеметы располагались под консолями в дюралюминиевых обтекателях. Крыло снабжено взлетно-посадочными щитками из дюралюминия. Шасси — одностоечное, амортизационное. Костыль — неубирающийся, дополненный маленьким колесом. Рули — дюралюминиевые, обтянутые полотном.

Данные самолета: размах — 9 м; длина — 8,55 м; площадь крыла — 12,5 м²; полетная масса — 1750 кг; максимальная скорость — 485 км/ч; посадочная скорость — 115 км/ч.

Окраска самолета — камуфляжная с неправильными бежевыми, оливковыми темно-зелеными полями. Низ фюзеляжа и плоскостей — светло-серый или светло-голубой.

Самолет представляет большой интерес для копирования под летающие модели любого класса.

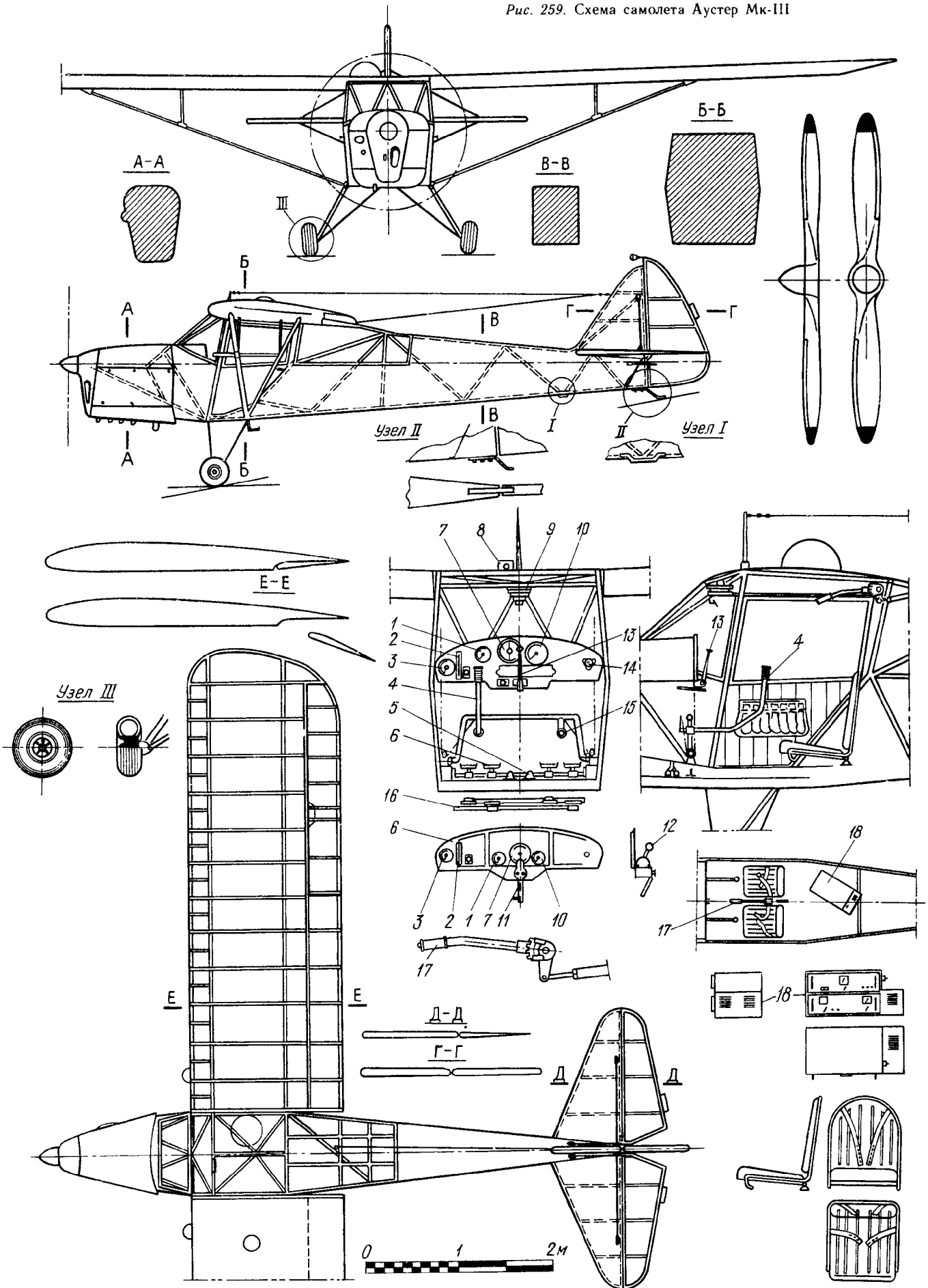
Обозначения на схеме:

1 — поручень; 2 — ручка газа; 3 — стартер; 4 — ручка управления; 5 — педали; 6 — левый борт кабины; 7 — сектор газа; 8 — трубка пито; 9 — правый борт кабины; 10 — электрощиток.

Самолет Глостер «Гладиатор»

Самолет (рис. 263) строился в Англии в период с 1935 по 1940 год и был одним из лучших истребителей бипланной схемы. Самолет был разработан на фирме Глостер главным конструктором инженером Фоллэндом. Это одностоечный биплан металлической конструкции с полотняной обшивкой, снабженный звездообразным девятицилиндровым двигателем воздушного охлаждения Бристоль Меркури

Рис. 259. Схема самолета Аустер Мк-III



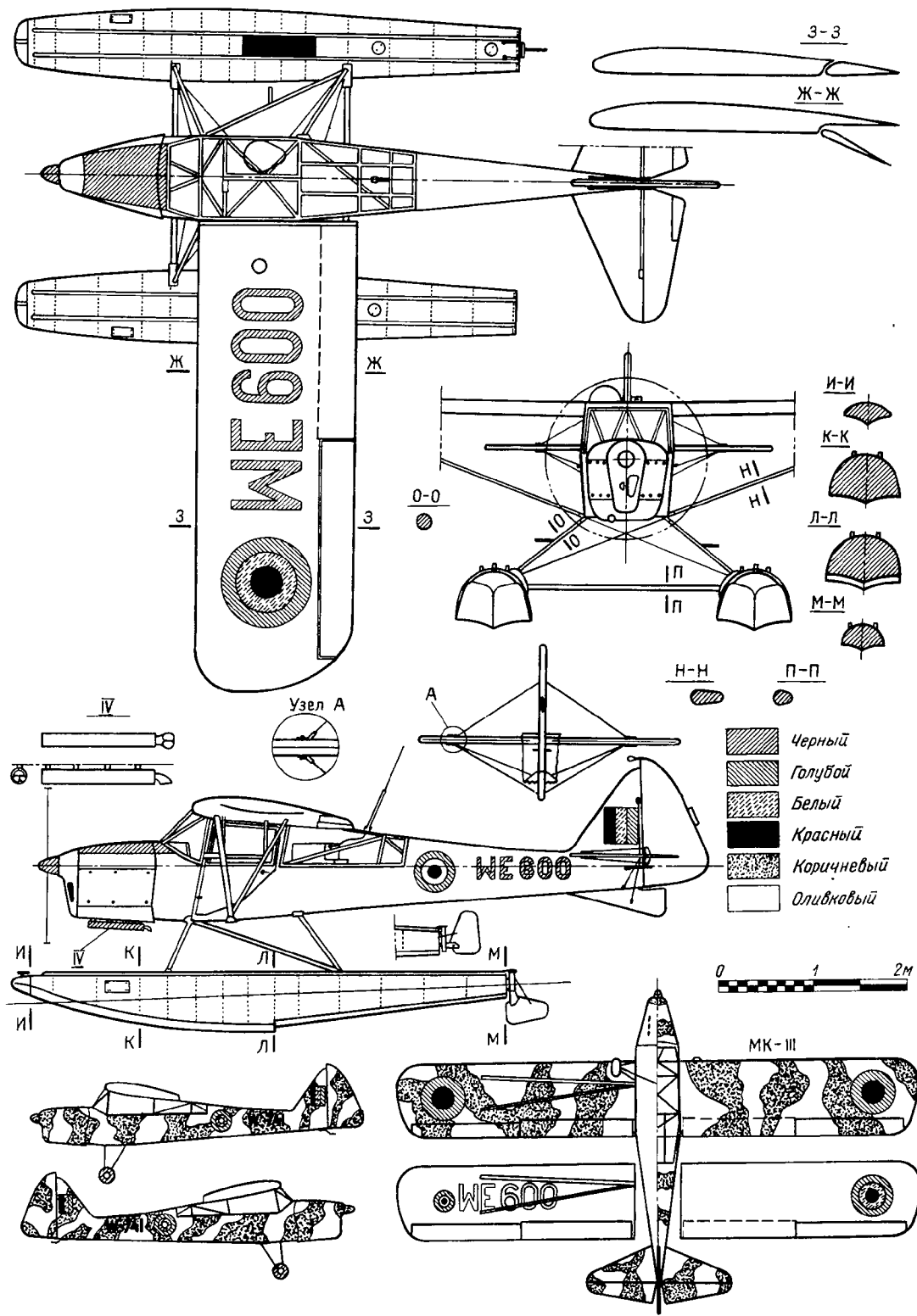


Рис. 260. Схема самолета «Антарктик 6»

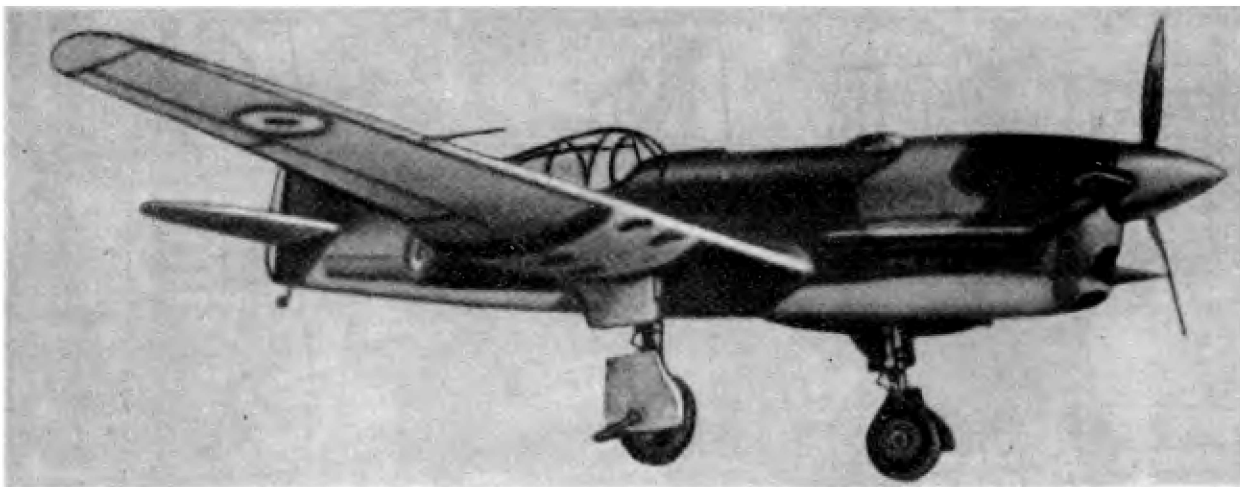


Рис. 261. Самолет Кодрон С.714

мощностью 840 л. с. и деревянным двухлопастным винтом. Шасси — с амортизаторами внутри колес, неубирающееся. Одна из особенностей самолета, отличающая его от других бипланов этого времени, — закрывающаяся пилотская кабина со сдвижным назад фонарем (рис. 264, 265).

Фюзеляж овального сечения сварен из стальных тонкостенных труб. Передняя часть фюзеляжа и задняя часть кабины обшиты дюралюминием. Двигатель был закрыт довольно большим кольцевым капотом. Хвостовое оперение расчалочного типа обтянуто полотном. Заднее колесо — неубирающееся, амортизационное. Кабина имела не только сдвижной фонарь, но и с обеих сторон откидные в сторону дверцы. Верхнее и нижнее крыло одинакового размаха были оборудованы элеронами и посадочными щитками. Металлические стойки бипланной коробки имели каплевидную форму. Все крыло и элероны обтянуты полотном. Вооружение — два синхронных пулемета по бортам фюзеляжа и два под нижними крыльями в обтекателях.

Данные самолета: размах — 9,83 м; длина — 8,36 м; взлетная масса — 2100—2200 кг; максимальная скорость на высоте 4,2 км — 410 км/ч; посадочная скорость — 85 км/ч.

Самолет закупали многие европейские страны, поэтому окраска его зависела от принадлежности стране. Бельгийский «Гладиатор» имел такую раскраску: верх фюзеляжа, киль, стабилизатор и крылья сверху — оливково-зеленые; нижняя часть фюзеляжа и плоскостей — светло-голубые; передняя часть кольцевого капота, кок винта и лопасти винта — черные; носок кока — белый; надписи — белые. Знак принадлежности имел последовательности колец: черное — желтое — черное.

В кабине пилота находилось следующее оборудование:

1 — указатель скорости; 2 — авиагоризонт; 3 — вариометр; 4 — высотомер; 5 — указатель скольжения; 6 — гироскоп; 7 — указатель подачи кислорода; 8 — часы; 9 — указатель давления кислорода; 10 — стартер; 11 — указатель оборотов; 12 — манометр; 13 — кнопка спуска пулеметов; 14 — насос масляной помпы; 15 — кнопка заливного шприца; 16 — указатель температуры масла; 17 — указатель температуры цилиндров; 18 —

указатель количества бензина; 19 — регулятор кислорода; 20 — компас.

Самолет представляет значительный интерес для копирования под летающую модель, но необходимо учитывать, что центр тяжести будет находиться близко к оси колес и противокapotажные качества невысоки.

Самолет

Цессна-185 «Скивагон»

Самолет (рис. 266) представляет продукцию американской фирмы Цессна-Айркрафт компани, выпускается в различных модификациях с 1961 года и предназначен для различных местных хозяйственных служб и туристов.

Это одномоторный подкосный верхоплан цельнометаллической конструкции с закрытой кабиной, в которой может разместиться с пилотом еще пять человек пассажиров или 700 кг груза (рис. 267).

Фюзеляж — цельнометаллический с дюралюминевой обшивкой. Моторам двигателя выполнена заодно с носовой частью фюзеляжа и закрывается объемными дюралюминиевыми съемными капотами из двух частей. Кабина имеет две входные двери с обеих сторон фюзеляжа. Третья, меньшая дверь слева в задней части кабины — грузовая.

В кабине находятся следующие приборы, необходимые для полета в любых метеоусловиях:

1 — амперметр; 2 — часы; 3 — высотомер; 4 — указатель скорости; 5 — указатель поворота и скольжения; 6 — компас; 7 — авиагоризонт; 8 — манометр; 9 — панель управления радиоконпасом; 10 — панель управления радиостанцией; 11 — прибор контроля двигателя; 12 — прибор температуры цилиндров двигателя; 13 — указатель давления ручной помпы; 14 — указатель топлива левого бака; 15 — манометр масла; 16 — указатель топлива правого бака; 17 — указатель температуры масла; 18 — указатель оборотов двигателя; 19 — вентиль воздуха; 20 — выключатель зажигания двигателя; 21 — вариометр (рис. 268).

Крылья — цельнометаллической конструкции с дюралюминиевой обшивкой и дюралюминиевым трубчатым обтекаемым подкосом. Профиль крыла

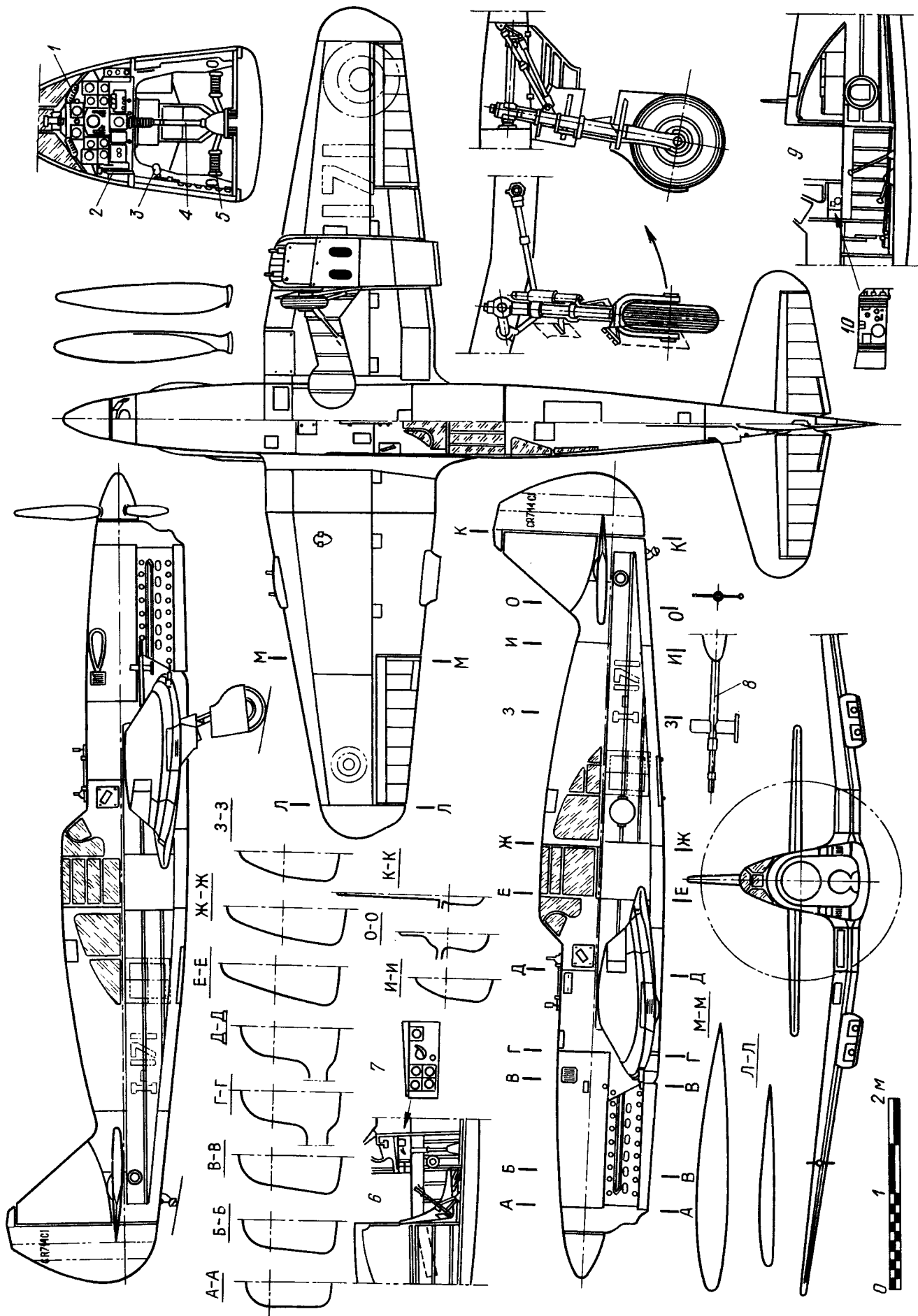


Рис. 262. Схема самолета Кодрон С.714

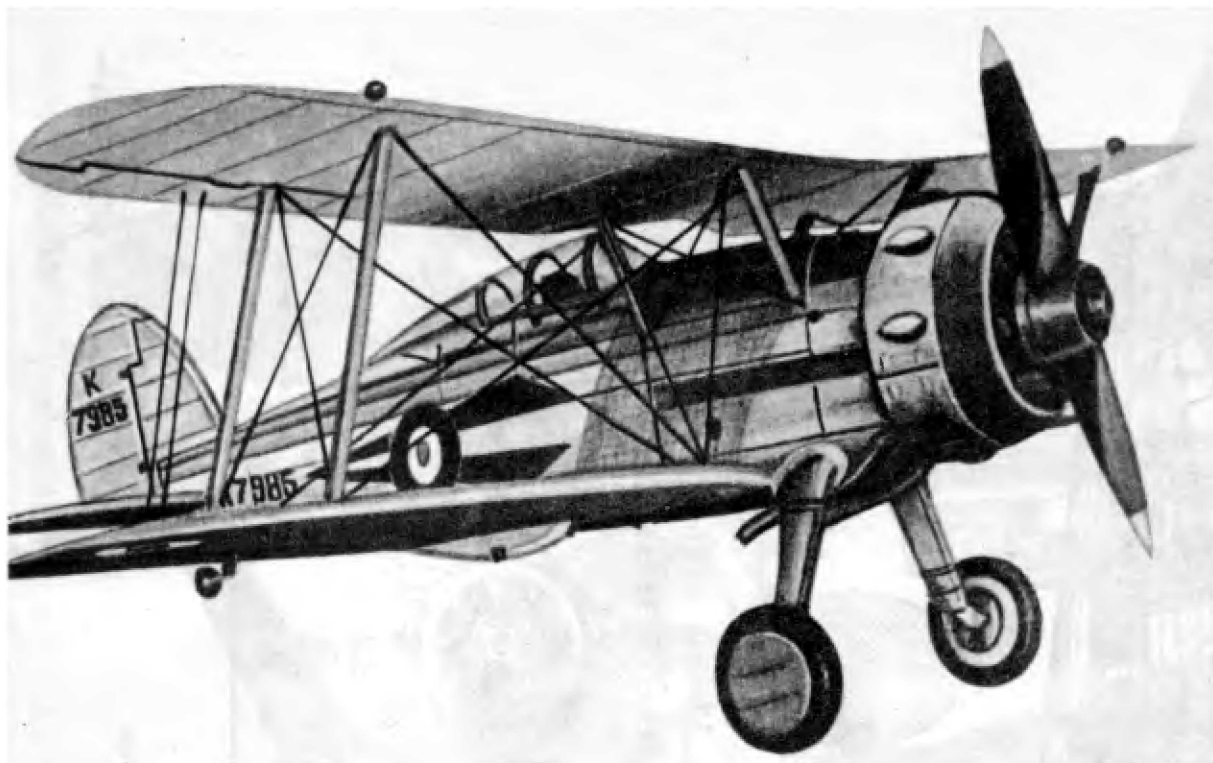


Рис. 263. Самолет Глостер «Гладиатор»

NACA-2412. Обе отъемные части снабжены взлетно-посадочными щитками, подвешенными по верхней части на петлях и имеющими гофрированную поверхность. Элерон тоже имеет обшивку из гофрированного дюралюминия. Носок крыла, элеронов и рулей высоты — кессонной конструкции. Хвостовое оперение — свободнонесущее, рули — с гофрированной обшивкой и роговой компенсацией. Шасси — из стальных пластин с гидравлическими амортизаторами на внутренних концах пластин в фюзеляже. Колеса — баллонного типа, тормозные. Управляемое хвостовое колесо укреплено на рессорном амортизаторе.

Двигатель — плоский, шестицилиндровый, воздушного охлаждения «континенталь» мощностью 260 л. с. с металлическим двухлопастным винтом.

Данные самолета: размах — 10,97 м; длина — 7,8 м; несущая площадь — 16,25 м²; стартовая максимальная масса — 1425 кг; максимальная скорость у земли — 283 км/ч; эксплуатационная скорость — 269 км/ч; посадочная скорость — 58 км/ч; дальность полета — 1520 км.

В зависимости от принадлежности самолет отличался очень разнообразной окраской (рис. 269). Данный летательный аппарат хорошо подходит для копирования под любой вид летающей модели.

Самолет-амфибия Лаке Ла-4

Прототипом этого самолета (рис. 270) был сначала двухместный, а затем трехместный вариант, разработанный еще в 1946 году небольшой фирмой Колониал Скаймер. После слияния этой фирмы с фирмой Лаке Айркрафт в 1959 году начался се-

рийный выпуск самолета. В 1962 году эта фирма объединилась с еще одной фирмой, что дало возможность совершенствовать амфибию. У самолета был удлинен фюзеляж, улучшены плавучесть и размах крыла. Ла-4 — амфибия цельнометаллической конструкции с низким фюзеляжем, широко разнесенным сухопутным убирающимся трехколесным шасси и двумя вспомогательными поплавками под крыльями, что обеспечивало безопасный взлет и посадку. Четырехместный аппарат характеризуется средним расположением крыла и двигателем сверху на пилоне (рис. 273).

Фюзеляж — лодка реданного типа с закрытой кабиной и водным, убирающимся рулем на руле направления. Передняя часть кабины состоит из двух частей, открывающихся вперед для посадки пилотов и пассажиров. Приборное оборудование обеспечивало пилотирование в сложных условиях.

Крыло — свободнонесущее, оборудованное взлетно-посадочными щитками и элеронами. В задней части крыла у фюзеляжа имелся зализ. Профиль крыла — у корня — *NACA-4418*, на конце — *NACA-4412*, установочный угол крыла +3,75°. Хвостовое оперение — цельнометаллическое свободнонесущее. Стабилизатор укреплен на киле довольно высоко под отрицательным углом — 4,5°.

Шасси — трехстоечное, с передним колесом, убирающимся с помощью гидравлики вперед в герметичную нишу, закрывающуюся створками. Основные стойки с рычажной гидравлической амортизацией убирались в ниши под крыльями. Основные колеса — с дисковыми тормозами.

Двигатель — плоский, четырехцилиндровый с воздушным охлаждением Лайкоминг 0-360-A1A мощ-

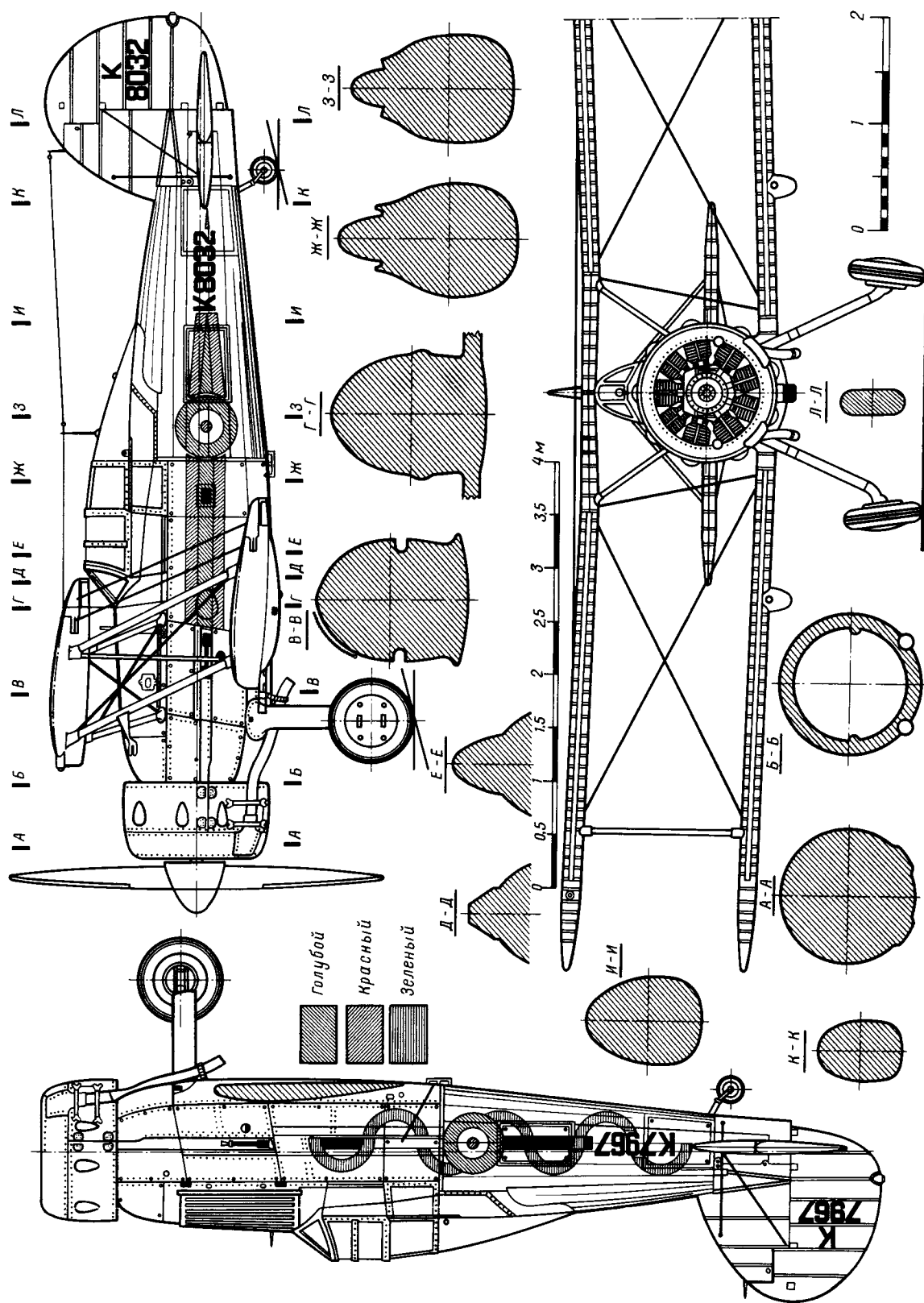


Рис. 264. Схема самолета Глостер «Гладиатор»

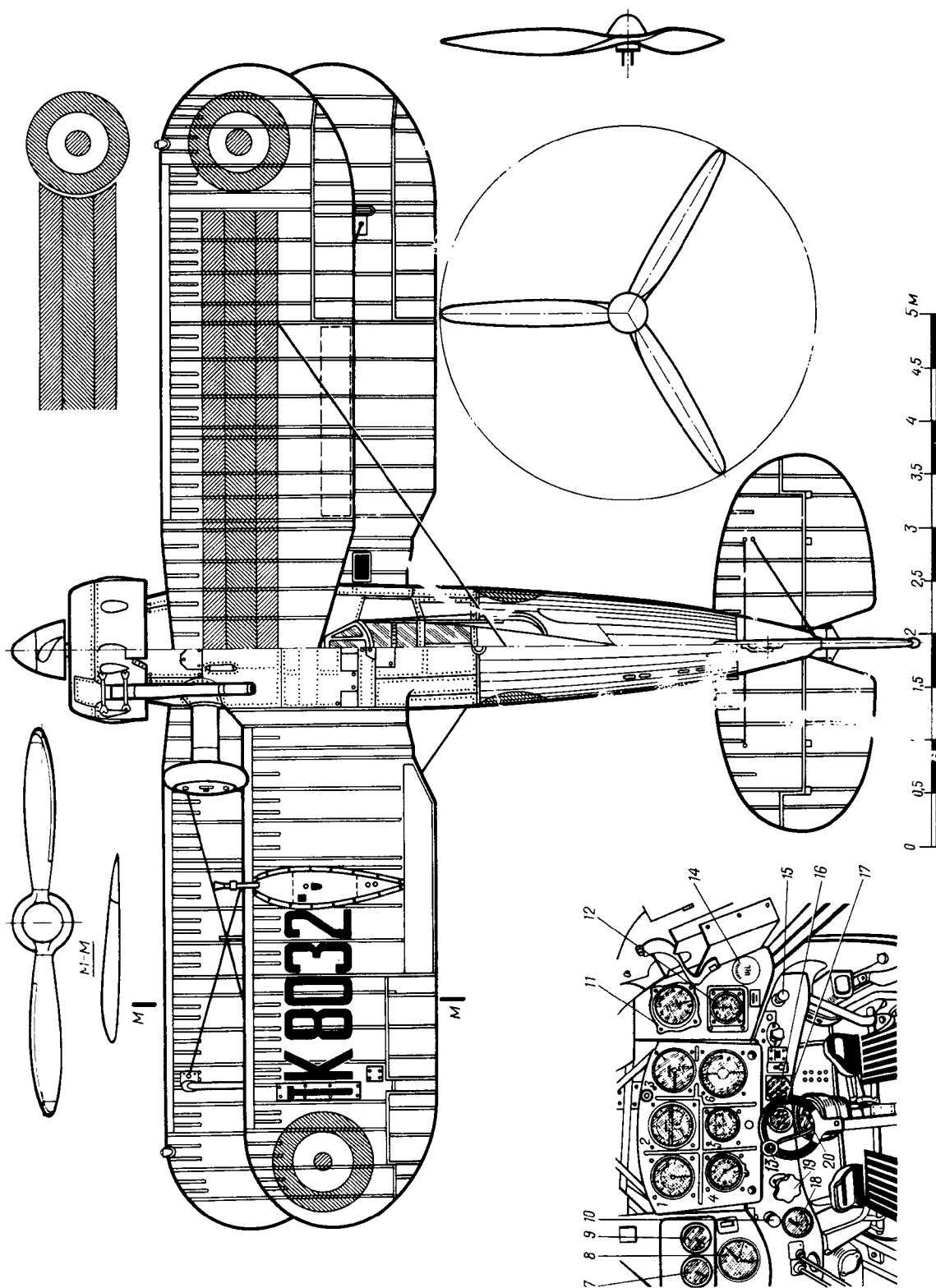


Рис. 265. Схема и оборудование кабины самолета Глостер «Гладиатор»



Рис. 266. Самолет Цессна-185 «Скивагон»

ностью 180 л. с. с автоматическим дюралюминиевым двухлопастным воздушным винтом. Двигатель установлен на пилоне обтекаемой формы и закрыт дюралюминиевым разъемным капотом. С боков имеются два каплевидных дюралюминиевых подкоса.

Для окраски самолета использовались стойкие полиуретановые краски очень разнообразных цветов, так как самолет продавался во многие страны. Основное поле окраски — белое, на котором в разной комбинации — красные, желтые, черные линии и разводы. Надписи — белые или черные. Название самолета на киле воспроизводят с обеих сторон.

Амфибия хорошо подходит для копирования с двигателем внутреннего сгорания в качестве как кордовой, свободного полета, так и радиоуправляемой модели. Очень чистая, без лишних внешних надстроек поверхность самолета дает возможность хорошо изготовить модель.

Самолет Норт Америкен В-25 Джей («Митчелл»)

Самолет В-25 «Митчелл» (рис. 271) был поднят в воздух в августе 1940 года. Почти десятилетний поиск фирмы Норт Америкен завершился созданием бомбардировщика, отвечавшего всем требованиям времени. Самолет применялся на всех театрах военных действий второй мировой войны, в том числе и у нас. Бомбардировщик непрерывно совершенствовался, но его модификации в основном касались двигательной установки, оборудования и вооружения. Цельнометаллический шестиместный В-25 во многом отличался от своих современников. Его крыло типа «чайка» до моторных гондол было

двухлонжеронным, а консоли — однолонжеронными. Весь самолет имел дюралюминиевую обшивку, за исключением элеронов и рулей разнесенного хвостового оперения, которые обшивали полотном (рис. 274 и 275).

Шасси — трехстоечное, убирающееся, ниши закрыты как в убранном, так и в выпущенном положении. Стойки с масляно-пневматической амортизацией убирались с помощью гидравлики. Основные колеса — тормозные. Передняя стойка — ориентирующаяся, с демпфером колебаний. Кабина пилотов кроме бронесидений с боков защищена бронелистами обшивки. Довольно большой бомболюк мог вместить до 2,7 т бомб. Самолет в основном выпускался со звездообразными двигателями Райт «Циклон 142Р-2600» воздушного охлаждения мощностью по 1700 л. с. и трехлопастными регулируемые воздушными винтами. Максимальная скорость с этими двигателями на высоте 4,5 км достигала 460 км/ч, потолок — 9,2 км, посадочная скорость — 152 км/ч. Крыло снабжено взлетно-посадочными щитками. Кабина пилотов имела обогрев и все оборудование для полетов ночью и в сложных метеоусловиях. Радиаторы охлаждения были спрятаны в крыло с входом воздуха на передней кромке и регулируемым выходом сверху перед закрылками.

Два пилота располагались рядом, а вход в кабину находился снизу фюзеляжа (через аварийно сбрасываемый люк).

Верхняя и хвостовая турели имели дистанционное управление, синхронизированное со стрелковым прицелом. Самолет оборудован электрическим автопилотом.

На приборной доске располагались следующие приборы:

1 — часы; 2 — прибор для измерения темпера-

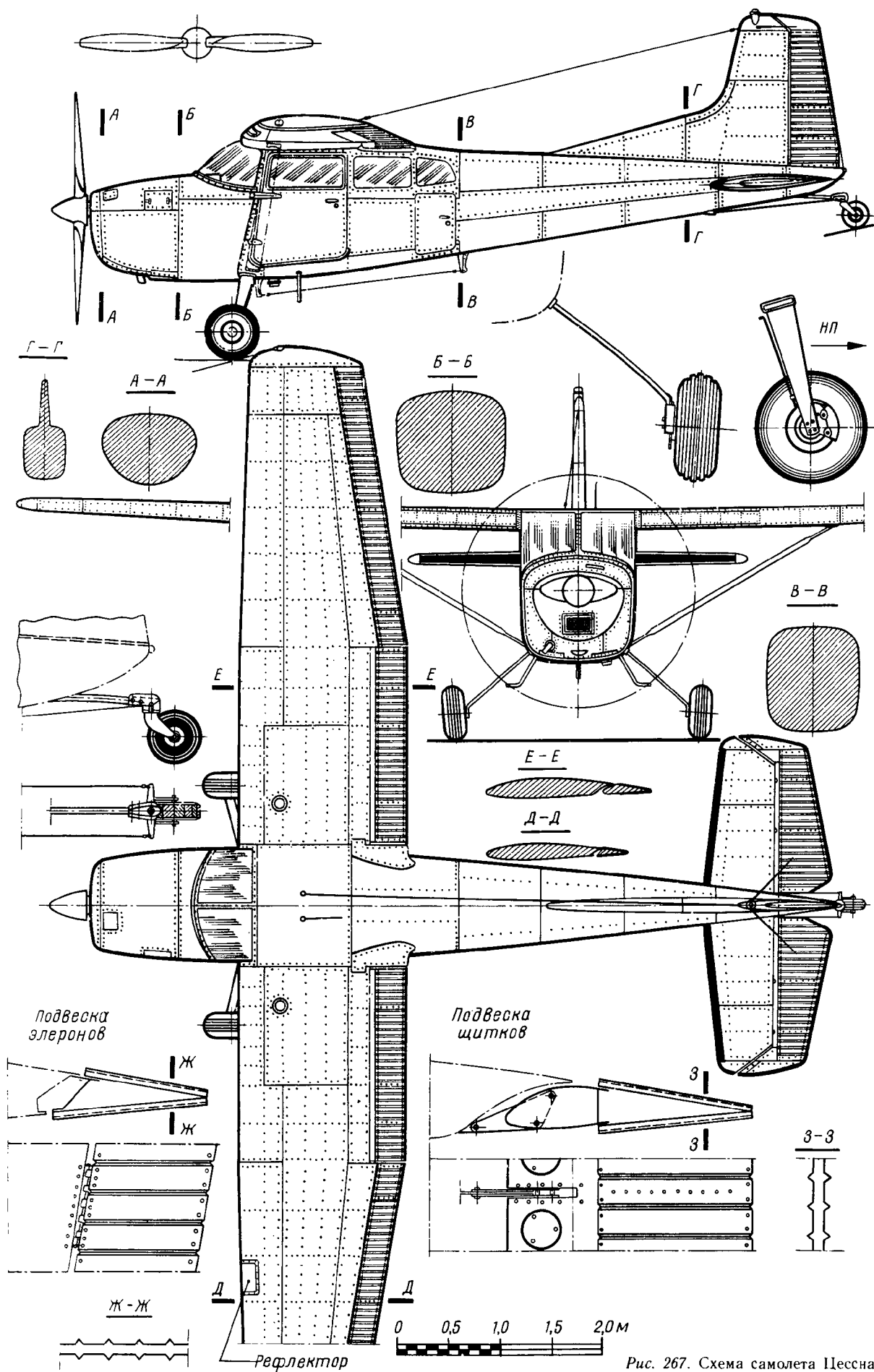


Рис. 267. Схема самолета Цессна-185 «Скивагон»

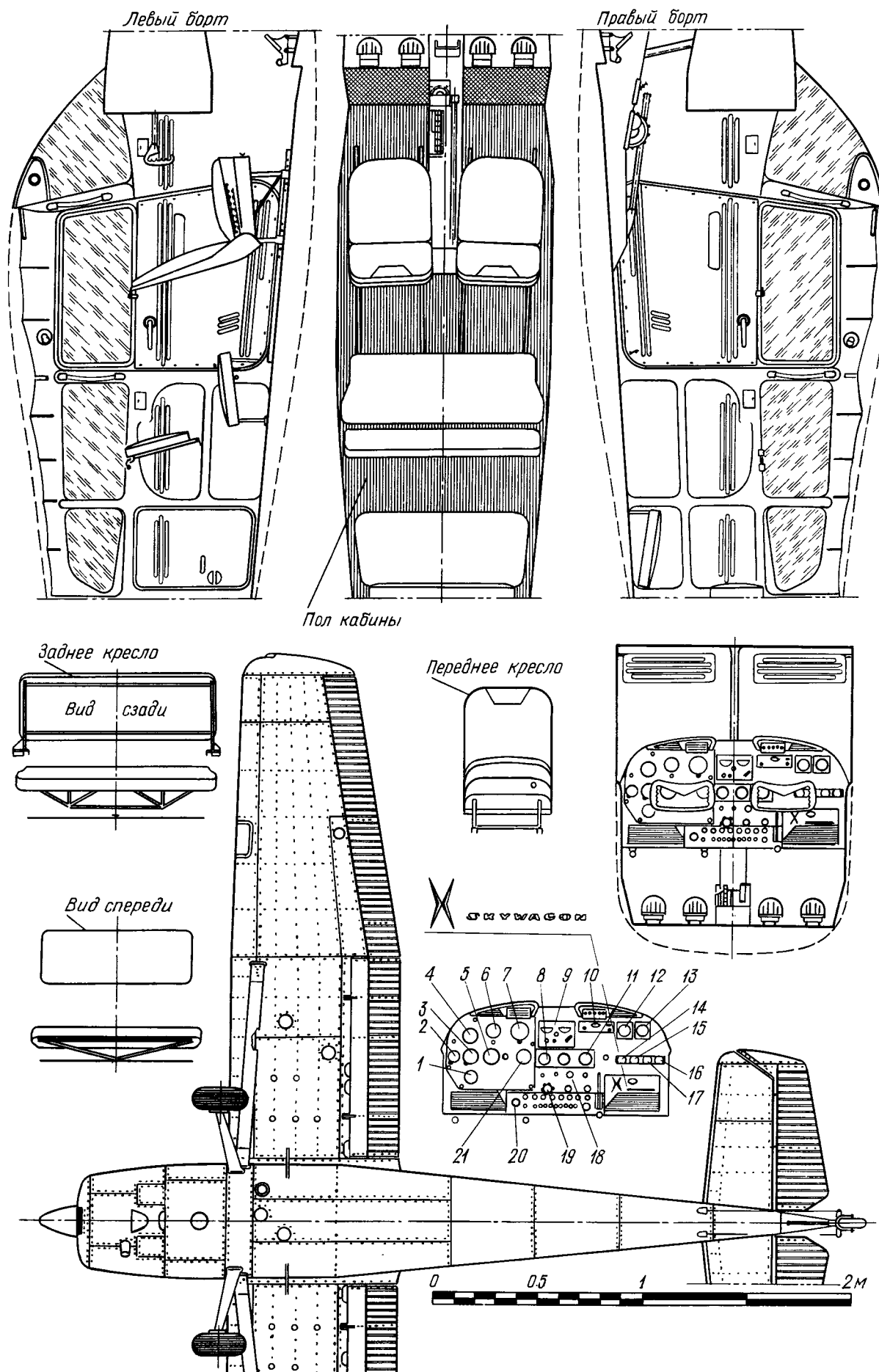


Рис. 268. Оборудование кабины самолета Цессна-185 «Скывагон»

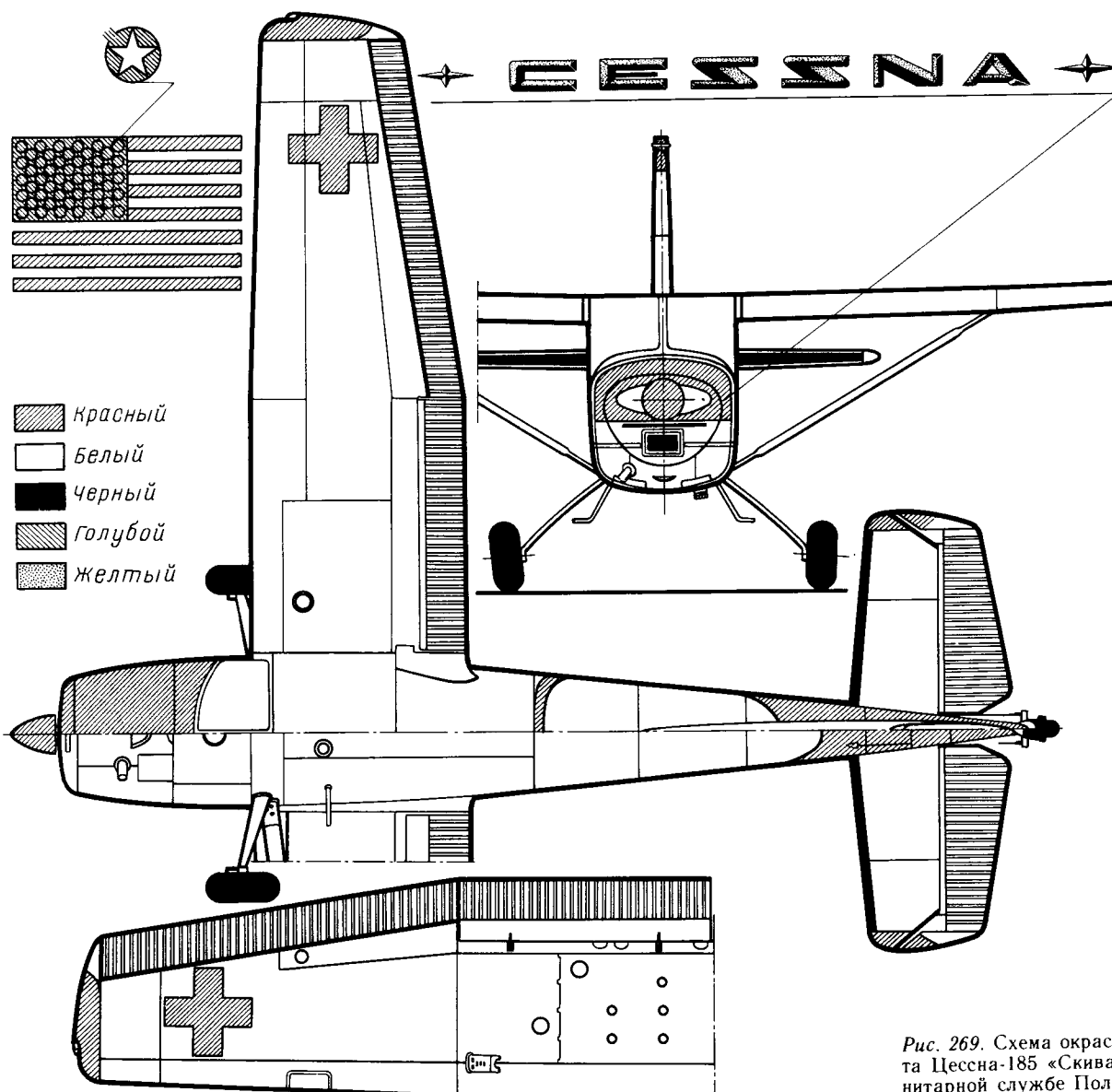
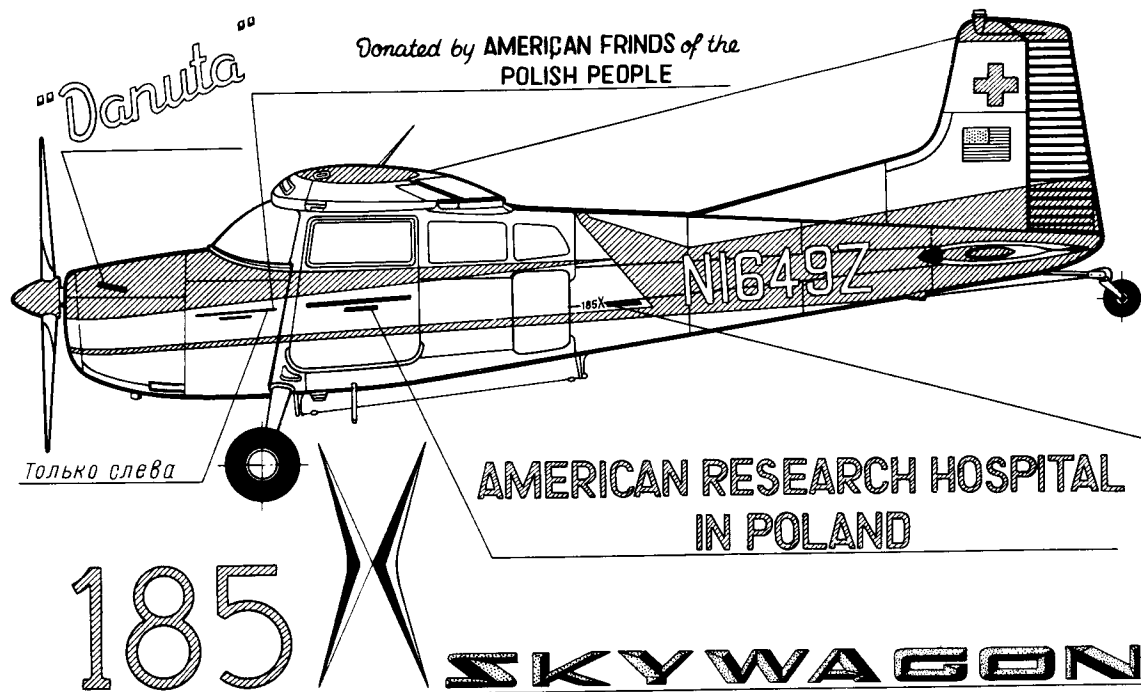


Рис. 269. Схема окраски самолета Цессна-185 «Скивагон» в санитарной службе Польши

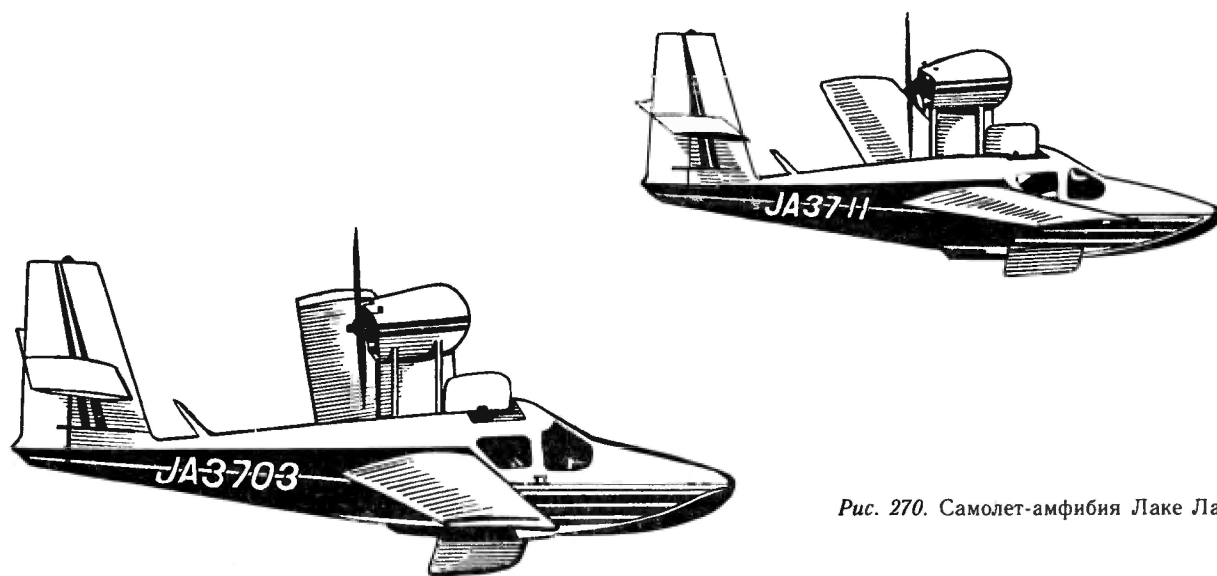


Рис. 270. Самолет-амфибия Лаке Ла-4



Рис. 271. Самолет Норт-Америкен Б-25 «Митчелл»



Рис. 272. Самолет Л-200 Д «Морава»

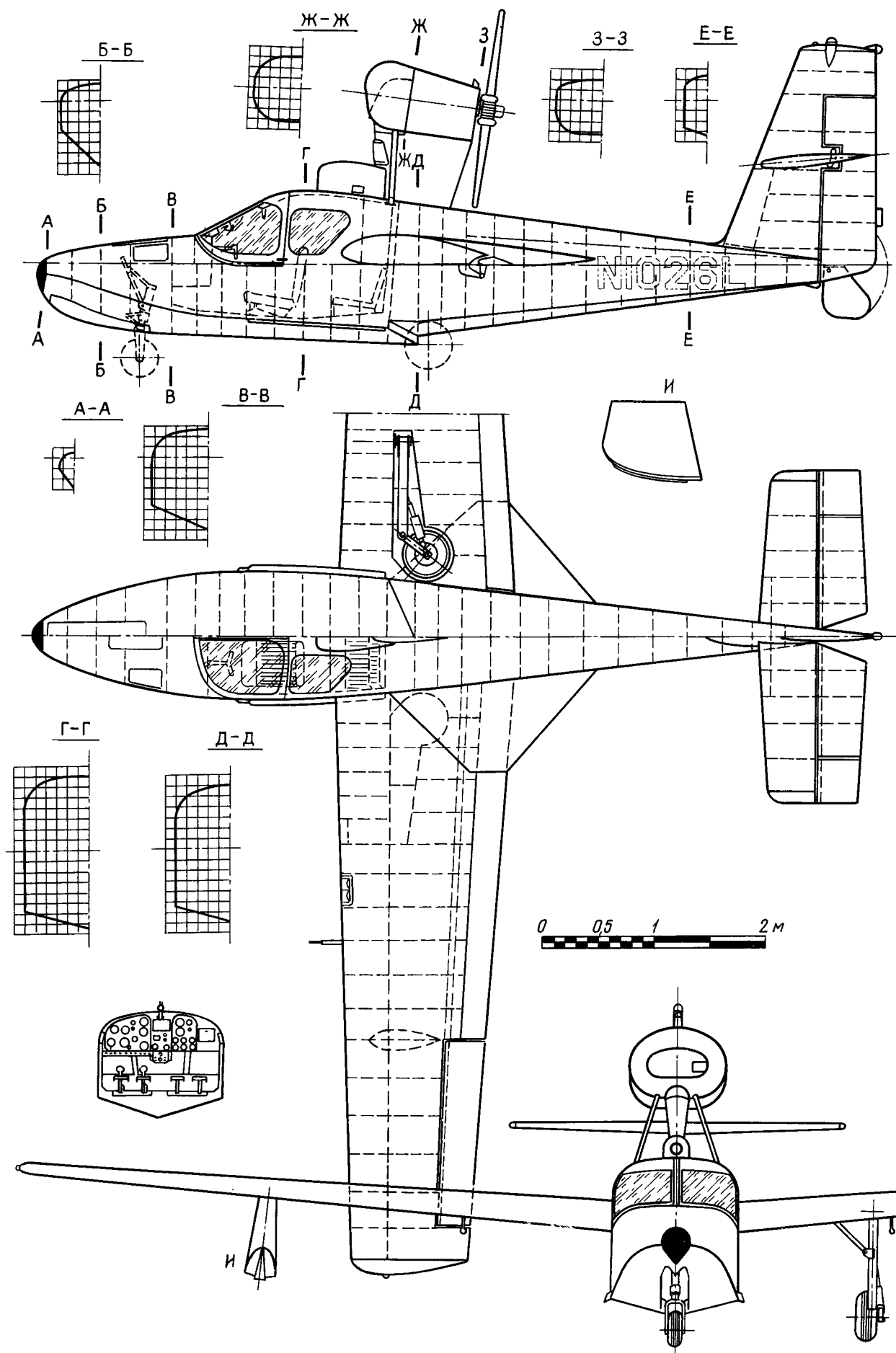


Рис. 273. Схема самолета-амфибия Лаке Ла-4

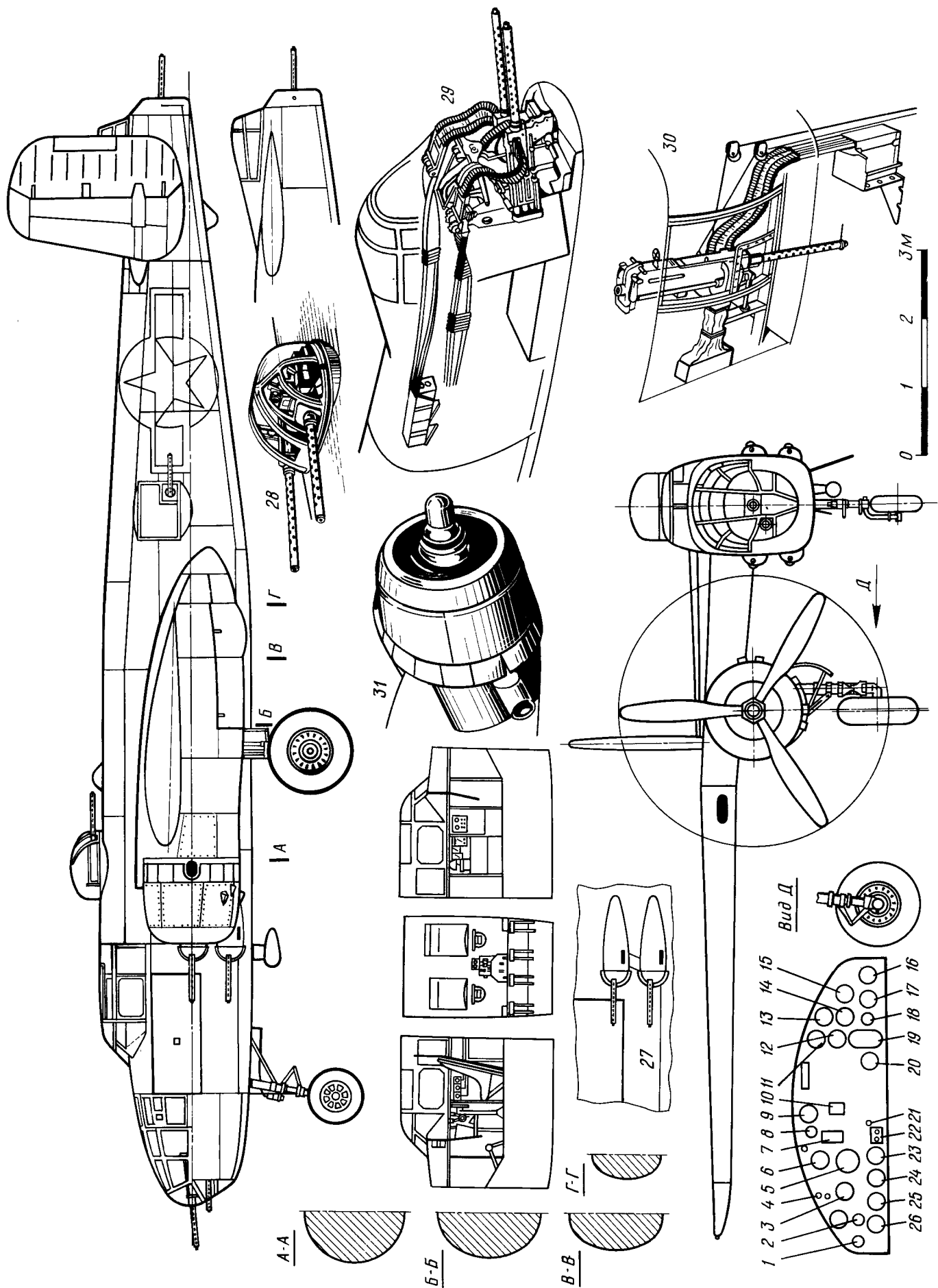


Рис. 274. Схема самолета Б-25 Джей

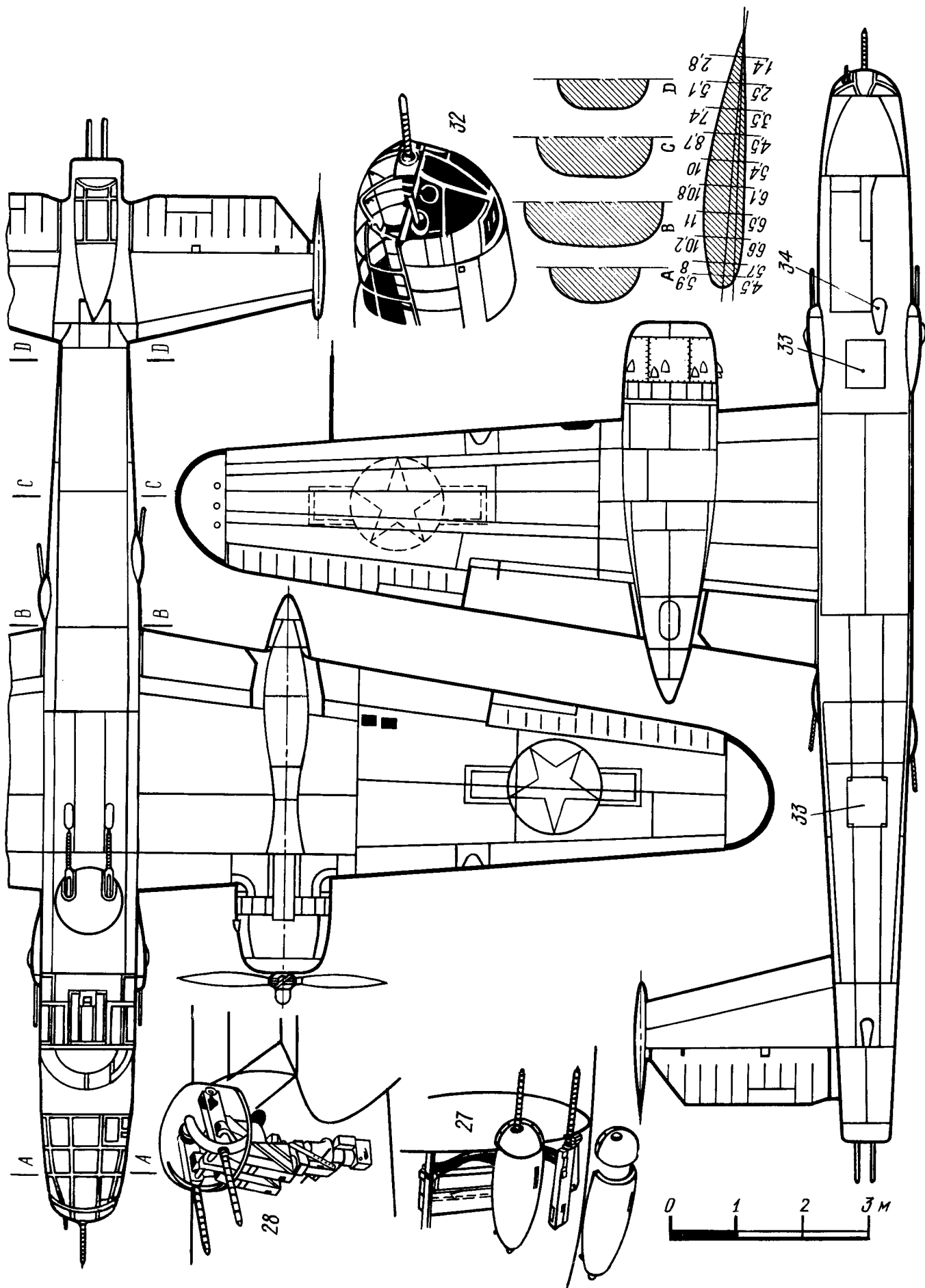


Рис. 275. Схема и оборудование самолета Б-25 Джей

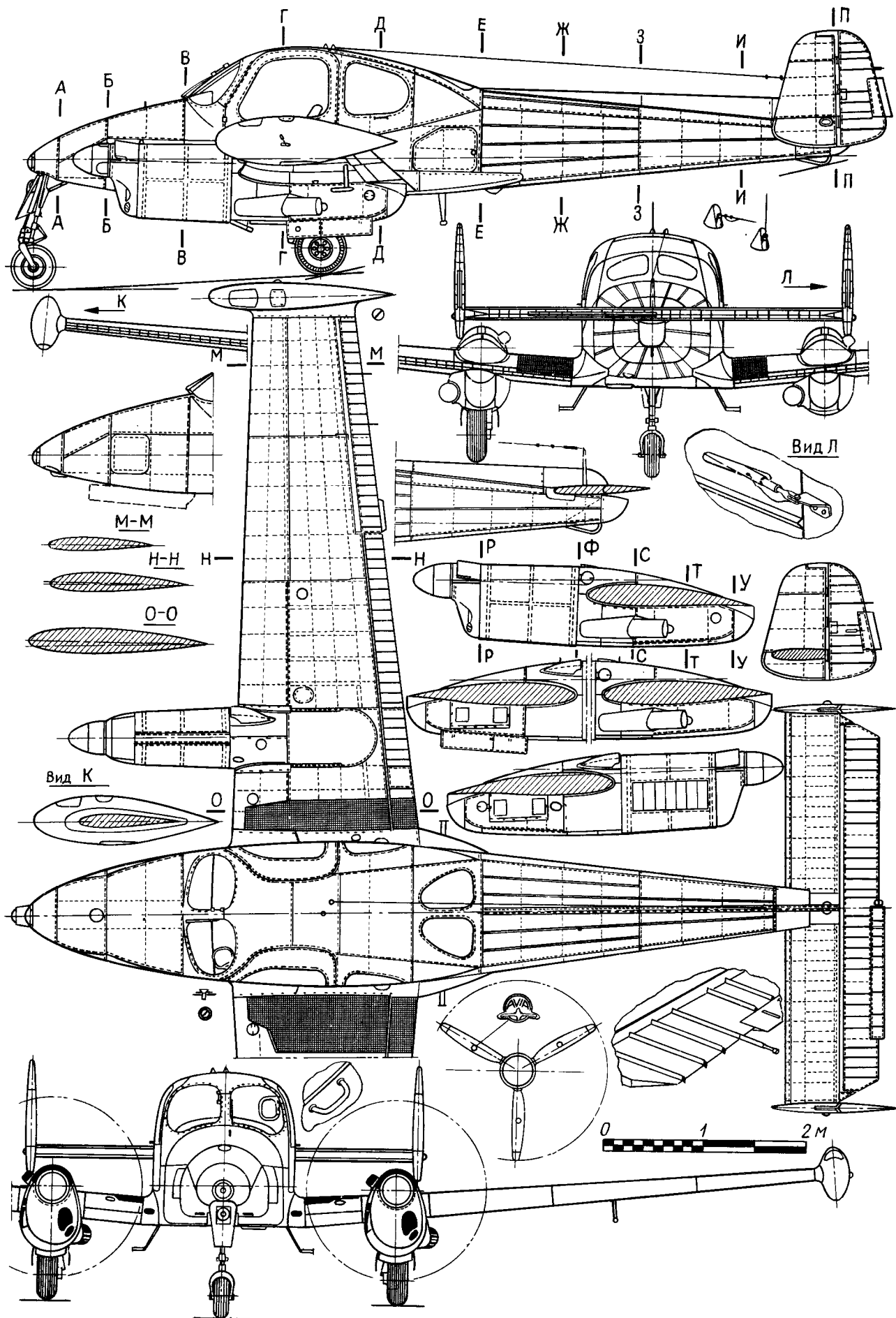


Рис. 276. Схема самолета Л-200 Д «Морава»

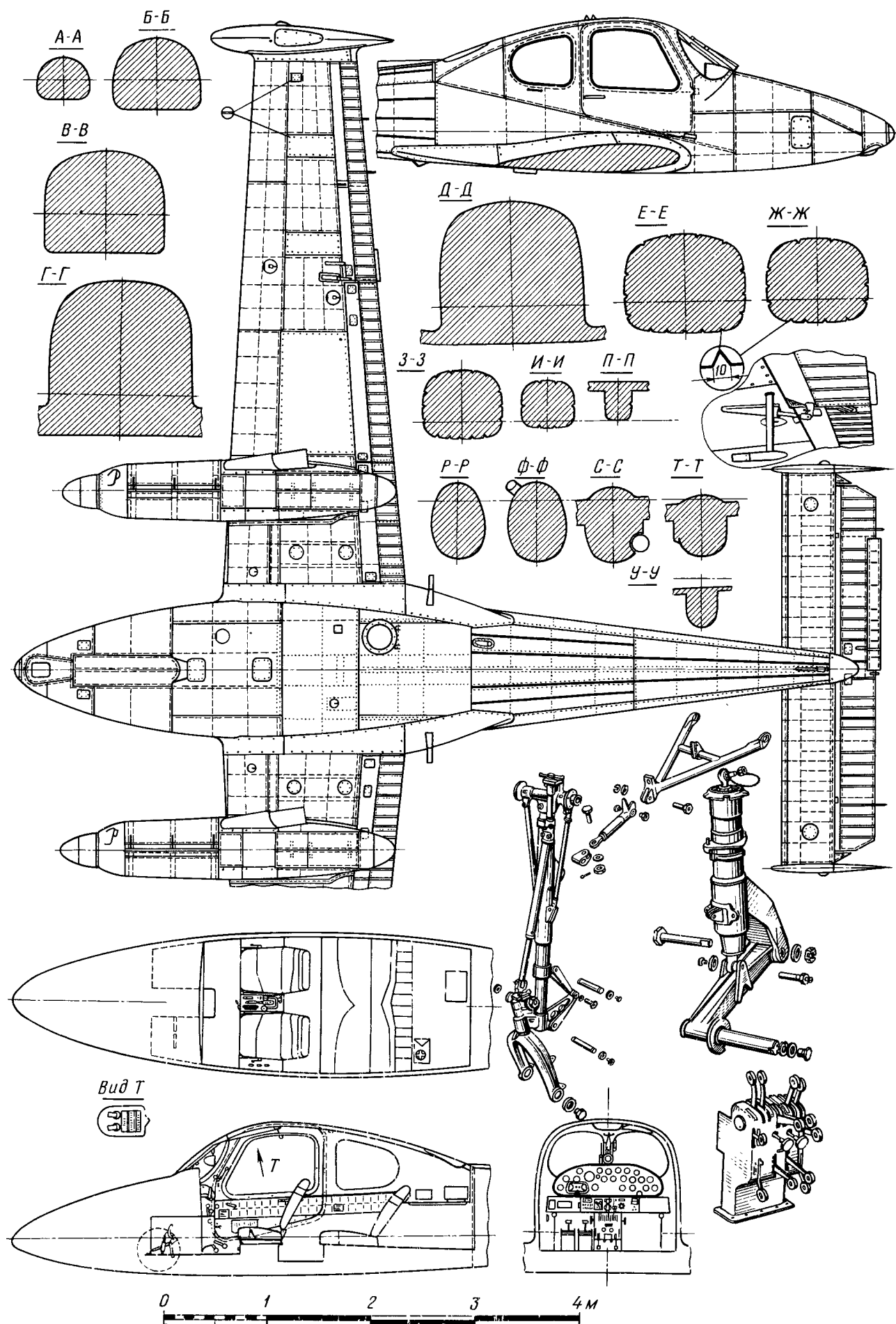


Рис. 277. Детали конструкции и оборудования самолета ИЛ-200 Д «Мераз»

туры забортного воздуха; 3 — курсовой гироскопический указатель; 4 — сигнальные лампы; 5 — авиаторизонт; 6 — указатель радиоконюаса; 7 — магнитный компас; 8 — вакуумметр; 9 — гиромагнитный компас; 10 — включатель прицела; 11 — указатель наддува; 12 — давление масла; 13 — указатель оборотов; 14 — температура масла; 15 — давление топлива; 16 — указатель шасси и щитков; 17 — температура цилиндров двигателя; 18 — измеритель количества топлива; 19 — указатель топлива по бакам; 20 — температура подогрева воздуха карбюратора; 21 — подсос топлива; 22 — лампочки контроля положения шасси; 23 — вариометр; 24 — указатель поворота и скольжения; 25 — указатель скорости; 26 — указатель высоты; 27 — бортовые неподвижные пулеметы; 28 — верхняя турельная установка; 29 — кормовая установка; 30 — боковой блистерный пулемет; 31 — капот двигателя; 32 — носовые подвижные пулеметы; 33 — входные люки; 34 — обтекатель антенны радиополукомюаса.

Окраска самолета была в основном камуфляжная со знаками принадлежности. В наших войсках — верх оливково-зеленый, низ светло-голубой, звезды — на бортах фюзеляжа и снизу на крыльях.

Прототип наиболее подходит для копирования под макет и летающую кордовую модель.

Самолет Л-200 Д «Морава»

Разработка этого самолета (рис. 272) началась в 1955 году. Через два года был облетан первый образец, а в 1958 году в Чехословакии приступили к его серийному изготовлению. Сначала он был оснащен двумя моторами Вальтер Минор 6-III мощностью 160 л. с., а с 1959 года — мотором МЗ37 мощностью 209 л. с. Это один из лучших самолетов чехословацкой авиационной промышленности тех лет, поставлявшийся многие годы на экспорт в другие страны. Эксплуатировался этот самолет и в нашей стране, получив прозвище «воздушное такси». Звучало это скорее дружелюбно, чем иронически.

Самолет был низкопланом цельнометалличе-

ской конструкции с убирающимся трехколесным шасси. Фюзеляж — полускорлупной конструкции из дюралюминиевой обшивкой. Просторная, широкая, пятиместная кабина с дверями автомобильного типа обеспечивала хороший обзор. Переднее остекление имело стеклоочиститель автомобильного типа. Хвостовая часть за кабиной была усилена ребром в виде низкого киля. Хвостовое оперение — свободнонесущее, цельнометаллическое с разнесенными на концы киями. Руль направления и руль высоты оборудованы триммерами и имели обшивку с редким треугольным гофром (рис. 276 и 277).

Свободнонесущее цельнометаллическое крыло было оснащено взлетно-посадочными щитками и элеронами с гофрированной обшивкой. На концах крыла укреплялись в обтекателях дополнительные баки для горючего. Между четвертой и пятой нервюрами размещалась моторная рама, на которой крепился вниз цилиндрами, шестицилиндровый двигатель воздушного охлаждения, оснащенный трехлопастным управляемым воздушным винтом. Основные стойки шасси, закрепленные в мотогондолах, имели масляно-пневматическую амортизацию с кулисным креплением полуоси колеса. В убранном положении они закрывались щитками. Переднее колесо, поворотное, с демпфером колебаний, убиралось назад и закрывалось щитком. Колеса — пневматики, основные — тормозные. Приборное оборудование предназначено для полета в любых метеословиях днем и ночью.

Данные самолета: размах — 12,325 м; длина — 8,665 м; несущая площадь — 17,28 м²; максимальная взлетная масса — 1950 кг; максимальная скорость — 310 км/ч, эксплуатационная — 285 км/ч, дальность полета — 1900 км.

Благодаря «чистым» внешним формам и возможности хорошо закапотировать авиамодельный двигатель внутреннего сгорания самолет подходит для копирования под макет и кордовую летающую модель.

Окраска самолета отличается достаточным разнообразием в зависимости от принадлежности стране или ведомству.

Литература

Гаевский О. К. Авиамоделирование. М., ДОСААФ, 1990.
Готтесман В. А. Профили для летающих моделей. М., ДОСААФ, 1958.
Журнал «Крылья Родины».
Журнал «Моделист-конструктор».
Журнал «Моделярш» (Чехословакия).
Журнал «Моделяш» (Польша).
Журнал «Авиация и космонавтика» (Чехословакия).
Журнал «Авиационные новости» (ГДР).
Костенко И. К., Демин С. И. Советские самолеты. М., ДОСААФ, 1973.
Куманин В. Регулировка и запуск летающих моделей. М., ДОСААФ, 1959.

Лагутин О. В. Самолет на столе. М., ДОСААФ, 1988.
Лучанский И. А. Воздушные винты для летающих моделей. М., ДОСААФ, 1958.
Тарадеев Б. В. Летающие модели-копии. М., ДОСААФ, 1983.
Хухра Ю. Модели-копии самолетов. М., ДОСААФ, 1959.
Шавров В. Б. История конструкций самолетов в СССР до 1938 года. М., «Машиностроение», 1969.
Шавров В. Б. История конструкций самолетов в СССР 1938—1950 гг. М., «Машиностроение», 1978.
Шир Веслав. Миниатюрная авиация. Варшава, Изд-во «Сообщения и связи», 1978.



Рис. 278. Варианты раскраски самолета Як-3



Рис. 279. Вариант раскраски самолета Як-18

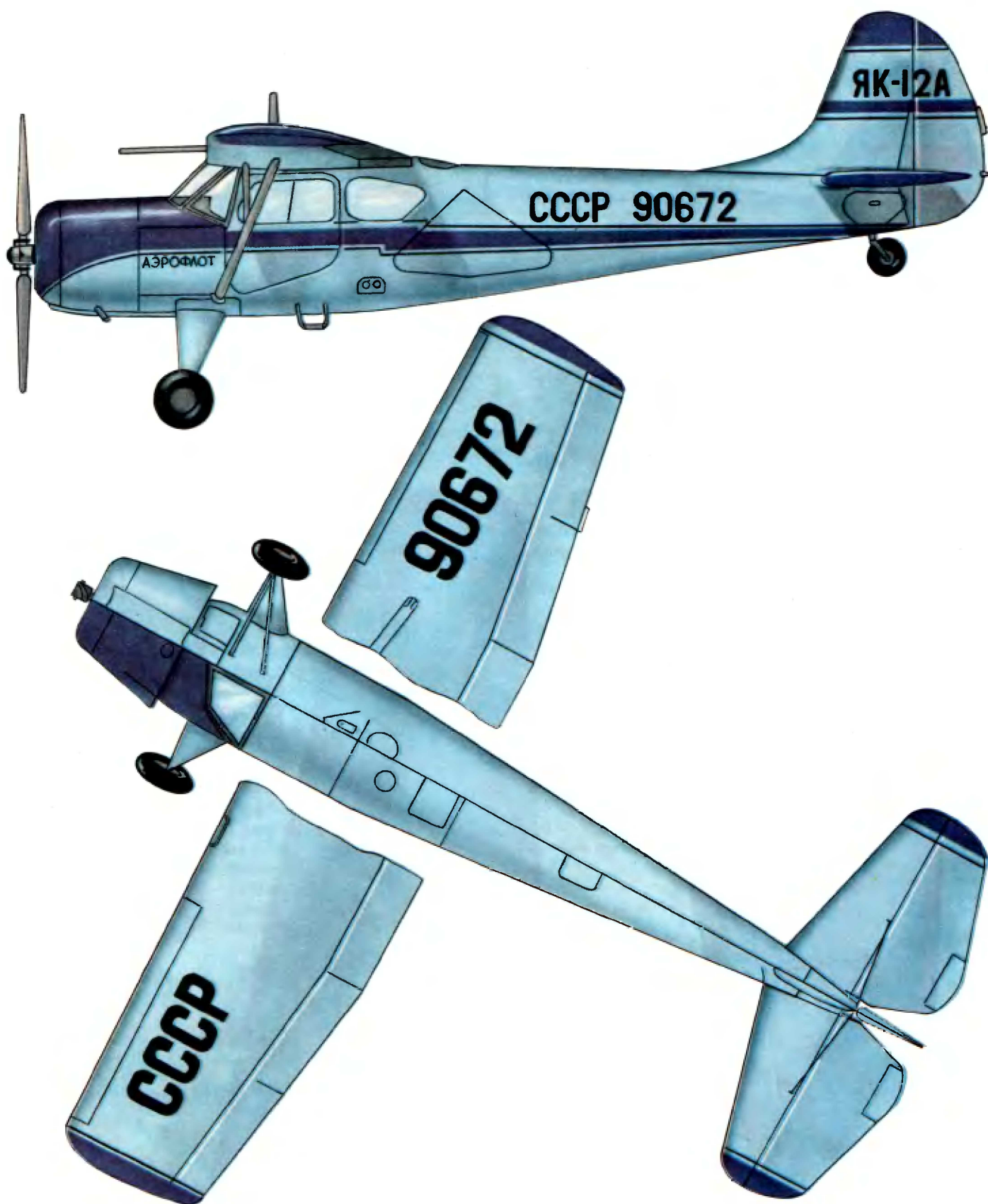


Рис. 280. Вариант раскраски самолета Як-12А

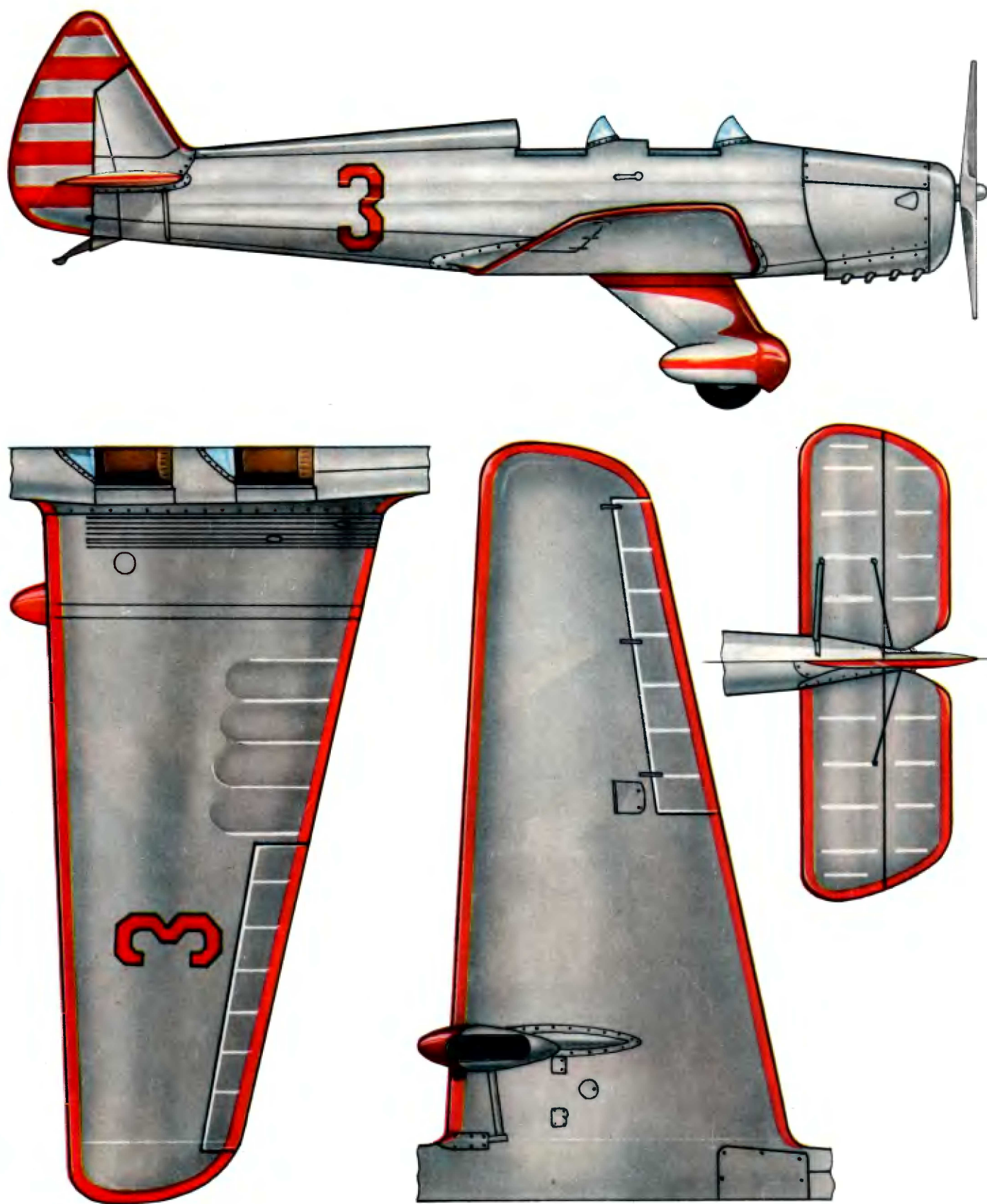


Рис. 281. Раскраска самолета УТ-2 с мотором Рено

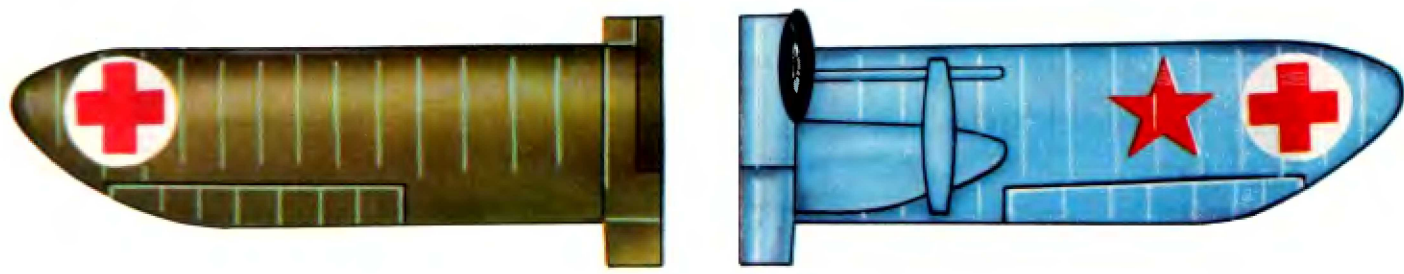
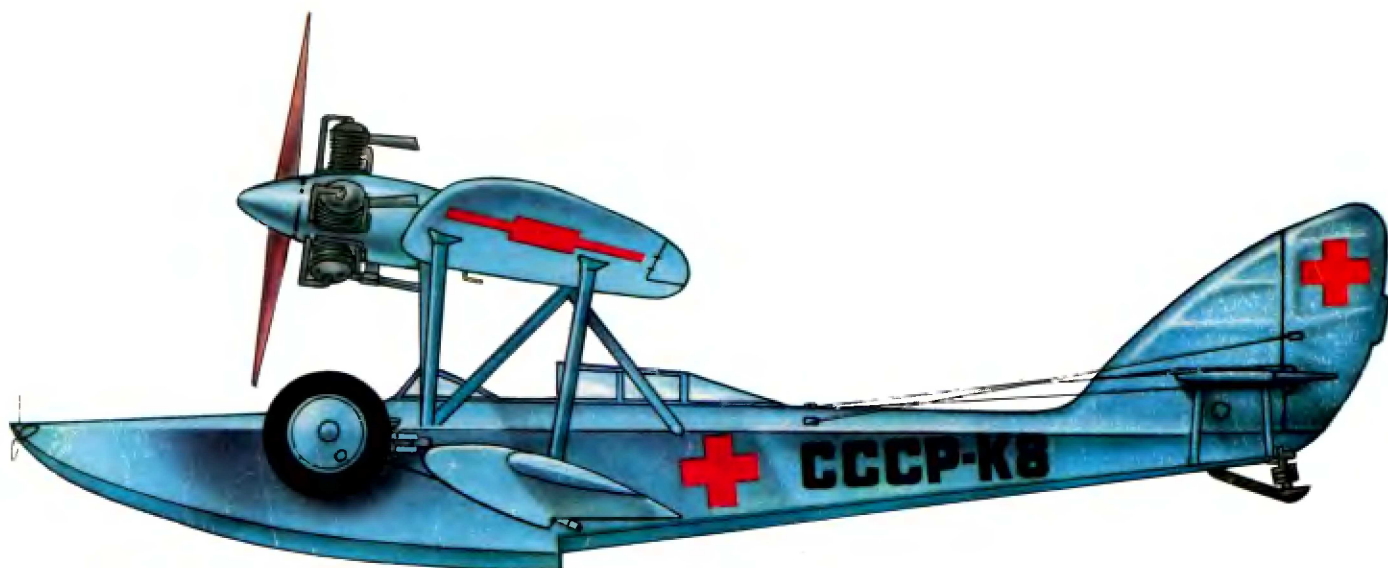


Рис. 282. Варианты раскраски самолета Ш-2

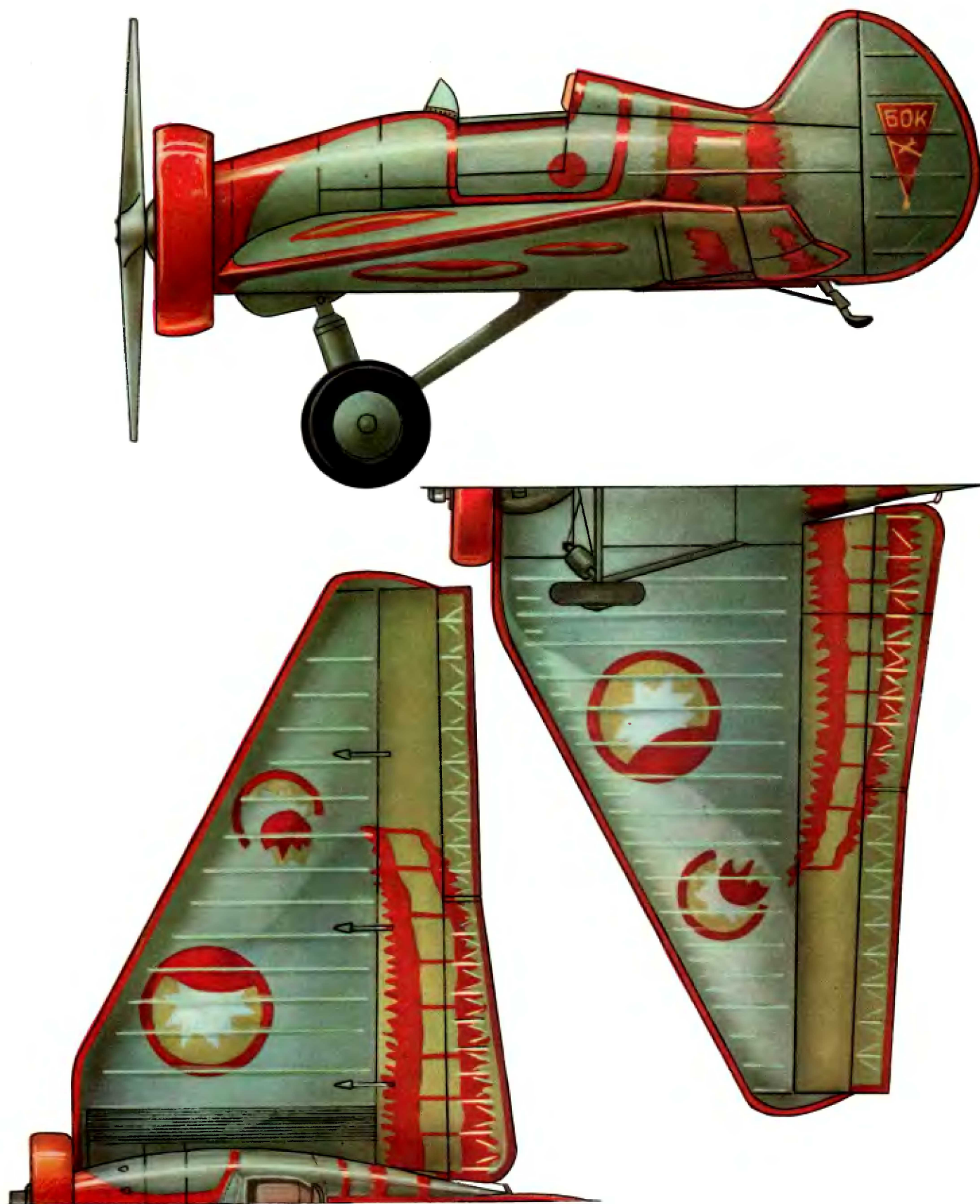


Рис. 283. Раскраска самолета БОК-5

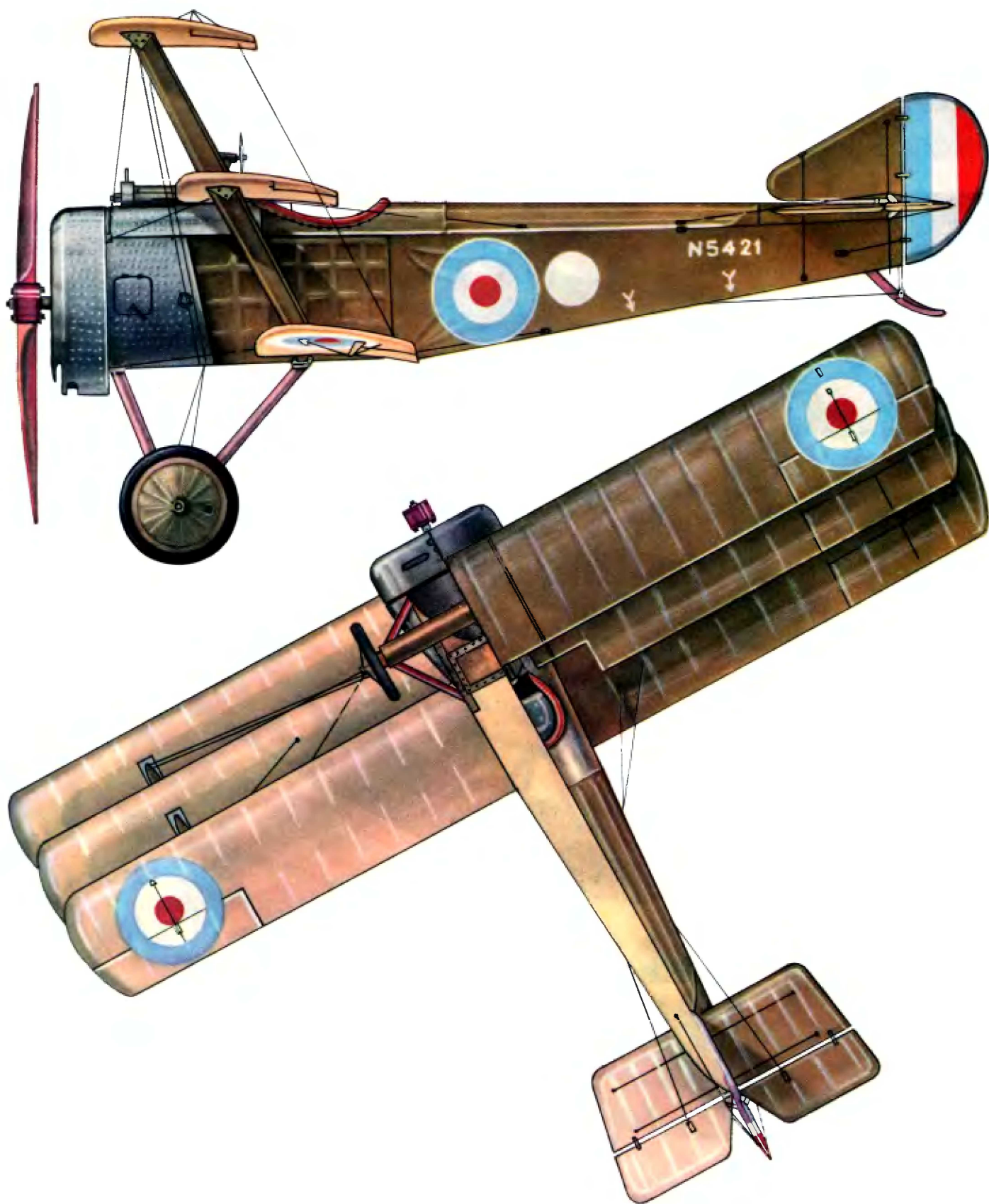


Рис. 284. Вариант раскраски самолета Сопвич-триплан



Рис. 285. Варианты раскраски самолета Пайпер J-4

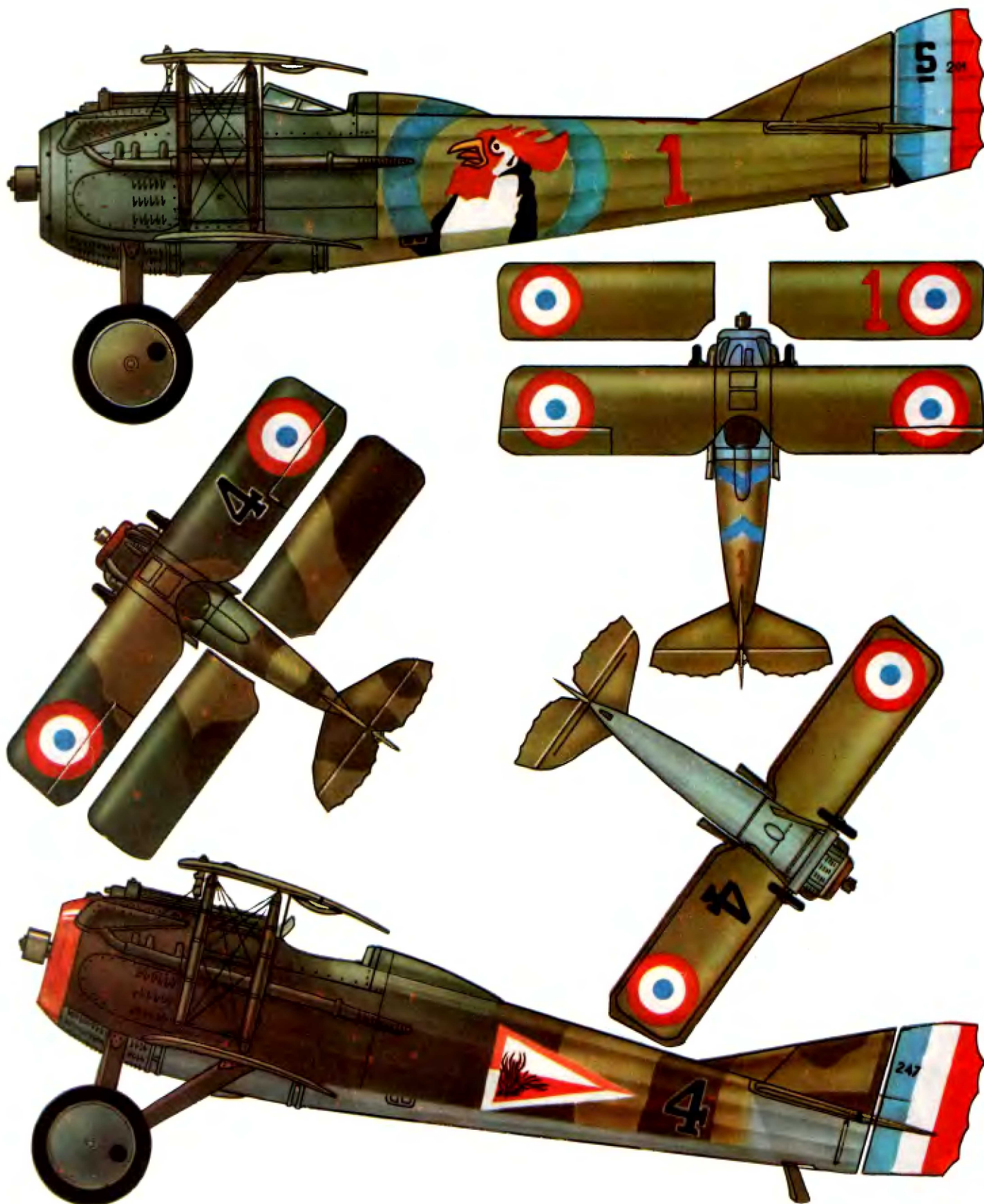


Рис. 286. Варианты раскраски самолета СПАД С-VIII



Рис. 287. Вариант раскраски самолета Аустер Mk-III

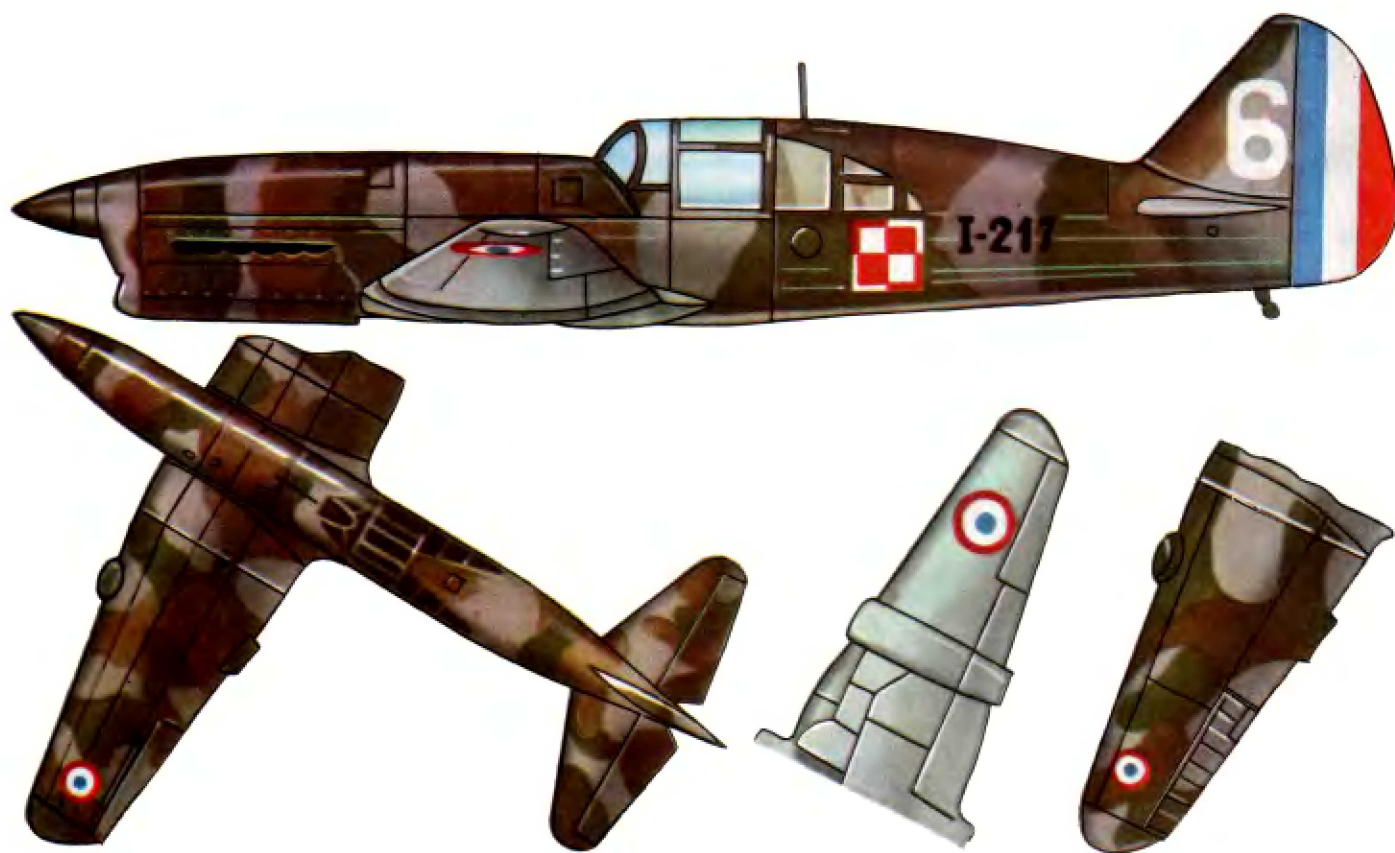


Рис. 288. Варианты раскраски самолета Кодрон С.714



Рис. 289. Варианты раскраски самолета Глостер «Гладиатор»



Рис. 290. Вариант раскраски самолета Лаке Ла-4



Рис. 291. Вариант раскраски самолета Б-25 с советскими опознавательными знаками

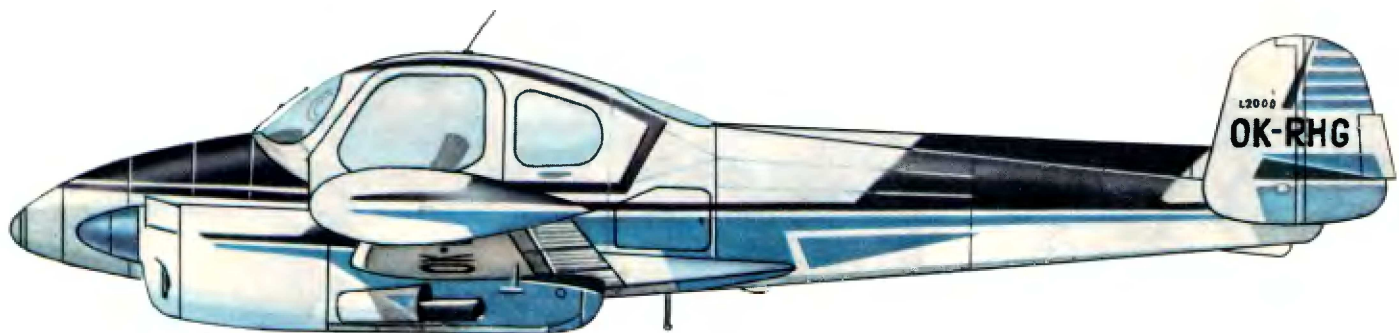
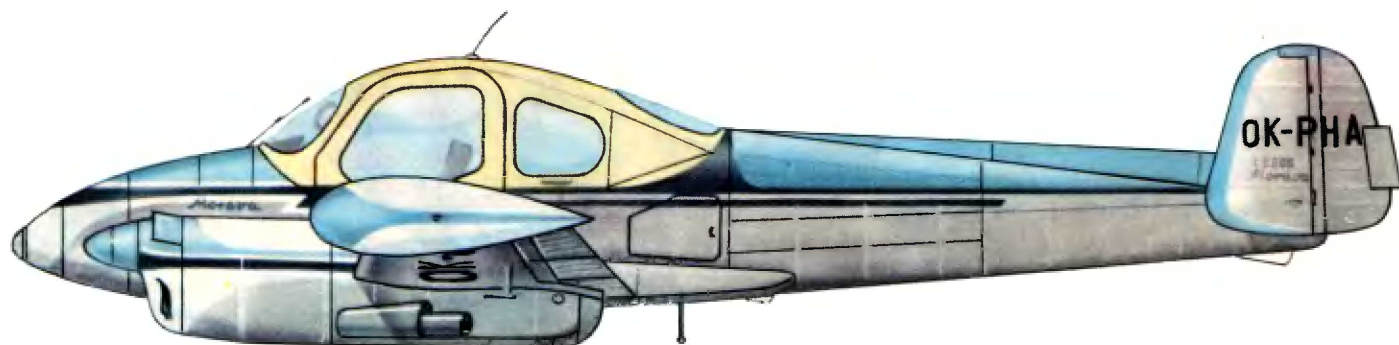
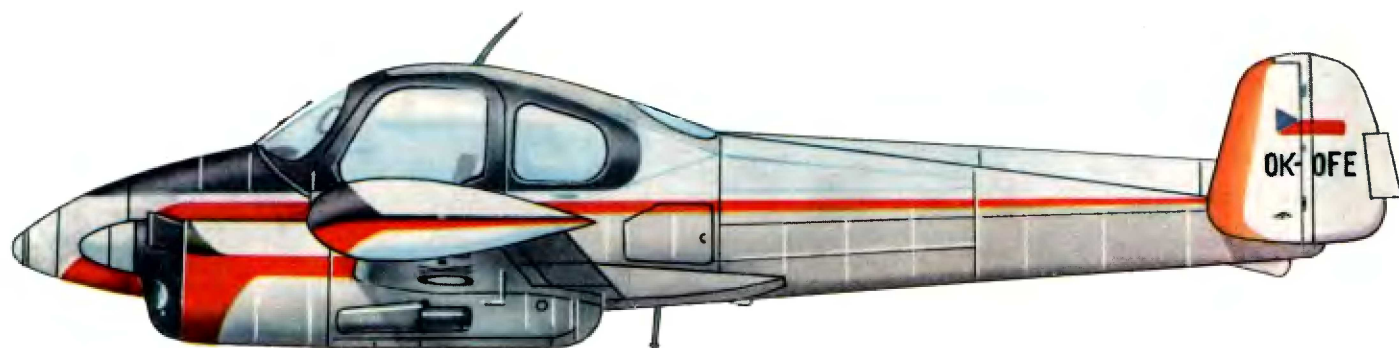


Рис. 292. Варианты раскраски самолета Л-200 Д «Морава»



Рис. 293. Вариант раскраски самолета Фли Беби

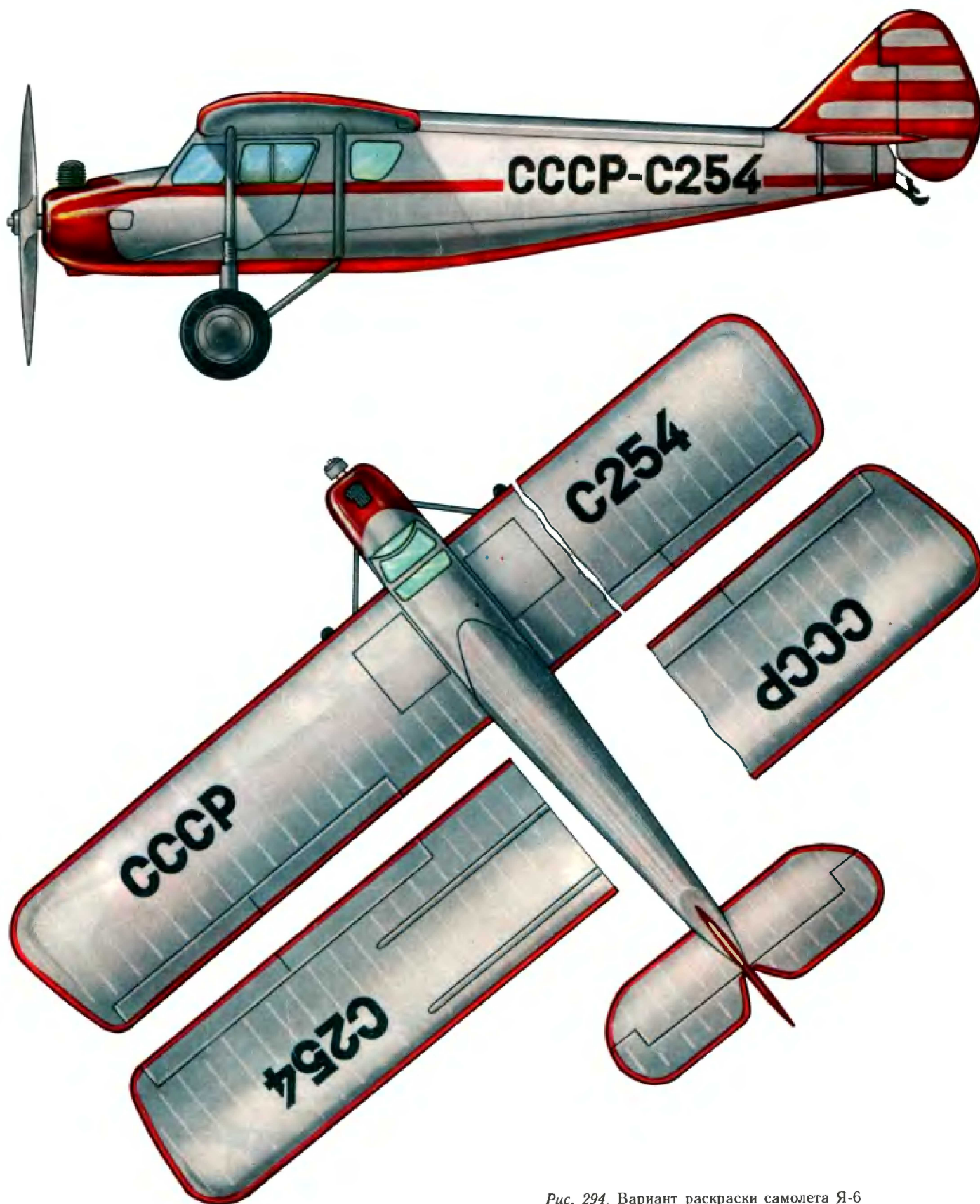


Рис. 294. Вариант раскраски самолета Я-6

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Макеты самолетов	8
Настольные макеты	9
Музейные макеты	13
Окраска макетов	26
Некоторые сведения из аэродинамики	31
Число Рейнольдса	32
Сопротивление воздуха	33
Пограничный слой	33
Индуктивное сопротивление	35
Геометрические характеристики несущих плоскостей	35
Геометрия профилей и профили	37
Подъемная сила	39
Балансировка и устойчивость модели	41
Продольная устойчивость	41
Боковая устойчивость	43
Поперечная устойчивость и взаимодействие с устойчивостью пути	44
Центр тяжести	44
Управляемость	45
Воздушный винт на летающей модели	47
Гироскопический эффект винта	50
Реактивный момент и влияние воздушной струи от винта	51
Летающие модели-копии	53
Выбор прототипа и чертеж	55
Основные принципы разработки конструкции	60
Кордовые модели	73
Кордовые контурные модели-полукопии	79
Кордовые модели спортивного класса категории <i>F-4-B</i>	88
Модели-копии свободного полета	99
Модели с механическими двигателями	103
Модели с резиновыми двигателями	118
Радиоуправляемые модели	139
Модели-копии гидросамолетов	148
Модели-копии реактивных самолетов	154
Пилотирование моделей-копий	159
Пилотирование кордовых моделей	159
Пилотирование радиоуправляемых моделей	160
Краткое описание и схемы самолетов, пригодных для копирования	170
Самолет Як-3	170
Самолет Як-18	171
Самолет Як-12А	174
Модификация самолета УТ-2 с мотором Рено	174
Амфибия Ш-2	180
Самолет-летающее крыло БОК-5	183
Самолет Сопвич-триплан	188
Самолет Пайпер Л-4	191
Самолет СПАД С-VIII	199
Самодельный самолет Фли Бэби	202
Самолеты Аустер Ск-III и «Антарктик 6»	204
Самолет Кодрон С.714	204
Самолет Глостер «Гладиатор»	204
Самолет Цессна-185 «Скивагон»	207
Самолет-амфибия Лаке Ла-4	209
Самолет Норт Американ В-25 Джей («Митчелл»)	212
Самолет Л-200 Д «Морава»	222
Литература	222

Научно-популярное издание

БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ ТАРАДЕЕВ
МОДЕЛИ-КОПИИ САМОЛЕТОВ

Художественный редактор *Т. А. Хитрова*
Технический редактор *З. И. Сарвина*
Корректор *О. С. Назаренко*

ИБ № 5115

Сдано в набор 15.02.90. Подписано в печать 10.07.91. Формат 60×90¹/₈. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. п. л. 30,0. Усл. кр.-отт. 39,75. Уч.-изд. л. 31,25. Тираж 50 000 экз. Заказ № 71. Цена 3 р. 50 коп. Изд. № 5/д-100.

Ордена «Знак Почета» издательство ЦК ДОСААФ СССР «Патриот»
129110, Москва, Олимпийский просп., 22.
Областная книжная типография, 320091, г. Днепропетровск,
ул. Горького, 20.

