

**В. Потапов, Ю. Хухра**

**Пилотажные  
радиоуправляемые модели  
самолетов**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 656  
ББК 39.1  
В11

**В. Потапов**  
В11 Пилотажные радиоуправляемые модели самолетов / В. Потапов, Ю. Хухра –  
М.: Книга по Требованию, 2021. – 120 с.

**ISBN 978-5-458-38852-8**

Рассматривается несколько конкретных схем приемо-передающей аппаратуры радиоуправления моделями. Особое внимание уделяется стабильности и помехозащищенности аппаратуры. Брошюра рассчитана на молодежь, интересующуюся техникой управления на расстоянии по радио.

**ISBN 978-5-458-38852-8**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

[www.samizday.ru/reprint](http://www.samizday.ru/reprint)



## **КОНСТРУИРОВАНИЕ МОДЕЛИ**

Пилотажная радиоуправляемая модель самолета является наиболее сложной по сравнению с другими классами летающих моделей. Она снабжена телемеханическими устройствами, позволяющими управлять ею с земли. С помощью этих устройств можно заставить модель выполнять в воздухе любые эволюции и фигуры высшего пилотажа, которые совершает настоящий самолет. Такая особенность повышает требования, предъявляемые к модели при ее конструировании. Небрежность или неточность в расчете, легко устранимая у других моделей, здесь может быть замечена очень поздно и оплачена дорогой ценой. Постройка такой модели длится иногда более полугода и требует немалых материальных затрат, а разбиться она может в несколько секунд.

Наибольшее развитие пилотажные радиоуправляемые модели получили за последние пять-шесть лет. Этот вид авиамоделлизма является самым молодым и опыт по нему почти не обобщался. Нет еще здесь определенно сложившихся традиций. Даже теперь, когда, казалось бы, в этом классе моделей все уже ясно, идут непрерывные поиски нового и более совершенного. Ниже приводятся способы определения наивыгоднейших форм и параметров модели, основанных главным образом на данных лучших зарубежных и советских моделей и личном опыте авторов, а также подробно рассказано о различных конструкциях узлов и частей моделей, выполненных из разных материалов.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ

Параметры пилотажных моделей, как линейные, так и весовые, зависят от многих факторов: веса имеющегося или предполагаемого бортового радиооборудования; мощности и веса двигателя; находящегося в наличии строительного материала; летно-технических данных, которые требуются от модели.

Кроме этого, существуют нормы Международной авиационной федерации (ФАИ), которые лимитируют верхний предел параметров модели: вес модели не более 5 кг, площадь несущих поверхностей до 1,5 м<sup>2</sup>, нагрузка на 1 дм<sup>2</sup> площади не более 75 г, объем цилиндра двигателя (или двигателей) не более 10 см<sup>3</sup>.

Эти ограничения являются абсолютно необходимыми, так как пилотажная модель с данными выше этих пределов может легко превратиться в опасный летающий снаряд, так как скорость полета пилотажной модели равна 100—120 км/час, а в некоторых случаях при выполнении фигур высшего пилотажа доходит до 180 км/час. Нетрудно себе представить, что может случиться, если при пикировании модели откажет радиоаппаратура.

Из всех ограничений ФАИ для пилотажной радиоуправляемой модели основным является ограничение объема цилиндра двигателя. Это ограничение не позволяет создавать большие и тяжелые модели, благодаря чему все остальные параметры редко достигают 80 % верхнего предела. Для маневренной модели, способной выполнять все фигуры высшего пилотажа, необходим мощный двигатель, имеющий тягу винта, близкую к весу модели. Современный мощный двигатель с калильным зажиганием, с хорошо подобранным воздушным винтом, на форсированном режиме может развить тягу 3—3,5 кг. Следовательно, полетный вес пилотажной модели с таким двигателем не должен выходить из этих пределов. Если учесть, что двигателю пилотажной радиоуправляемой модели почти не приходится работать на форсированном режиме, то вес модели должен быть еще меньше.

Модель, вес которой превышает величину тяги винта двигателя, не сможет выполнять сложные фигуры комплекса или будет выполнять их нечетко. Модель, вес которой ниже величины тяги винта двигателя, пилотируется легче и увереннее. Излишек тяги, если он будет очень

ощутим, можно легко устранить путем дросселирования двигателя.

Все сказанное выше не означает, что можно строить пилотажную модель, только имея мощный двигатель. Модели строят с любыми двигателями, но пилотажные возможности моделей тем ниже, чем больший вес их приходится на  $1 \text{ см}^3$  объема цилиндра двигателя. На пилотажной радиоуправляемой модели, способной выполнять весь комплекс пилотажа, вес на  $1 \text{ см}^3$  объема цилиндра двигателя не должен превышать 350 г.

На пилотажных моделях последних лет применяются одноцилиндровые двигатели с калильным зажиганием. Кубатура их цилиндра колеблется в пределах от 7,5 до  $10 \text{ см}^3$ . Эти двигатели имеют преимущество по сравнению с дизелями в основном по мощности и малому весу на единицу мощности.

Опытному авиамodelисту должно быть известно, что вес модели еще не определяет ее размеров. Можно сделать две модели одного веса, но совершенно разных размеров. Размер модели играет такую же важную роль, как и вес. Поэтому выбору размеров модели надо уделить большое внимание.

Для пилотажной модели очень важную роль играет запас прочности. Поэтому при выборе размеров нужно не забывать, что большая и громоздкая модель всегда уступает в прочности маленькой модели при условии, что они одного веса. Известно также, что пилотажная модель маленького размера выполняет фигуры пилотажа с меньшим зрительным эффектом, чем большая. Это происходит оттого, что скорость такой модели больше, а размеры меньше. Кроме того, управлять маленькой моделью значительно труднее. Приходится выбирать среднее между крупной и небольшой моделью. В последние годы размеры моделей более или менее стабилизировались, т. е. они достигли предела, который ограничивается кубатурой двигателя. И если вес модели, приходящийся на кубатуру двигателя, ежегодно снижается, то размеры модели остаются почти без изменений. Эти размеры находятся в пределах  $7,5—8,5 \text{ дм}^2$  несущей площади поверхности модели на  $1 \text{ см}^3$  объема цилиндра двигателя.

Если, например, мы имеем двигатель с объемом цилиндра  $8,2 \text{ см}^3$  и в среднем дадим  $8 \text{ дм}^2$  площади на  $1 \text{ см}^3$

двигателя, то  $8,2 \text{ см}^3 \cdot 8 \text{ дм}^2/\text{см}^3 = 65,6 \text{ дм}^2$ . Такова будет площадь несущих поверхностей нашей модели.

Если прибавить к этому, что размах крыльев современной пилотажной модели колеблется в пределах 1 700—1 900 мм, а длина фюзеляжа 1 100—1 300 мм, то можно считать основные параметры пилотажных моделей определены:

- кубатура цилиндра двигателя от 7,5 до 10  $\text{см}^3$ ;
- вес модели (полетный) 350 г на 1  $\text{см}^3$  цилиндра двигателя;
- площадь несущих поверхностей в пределах 7,5—8,5  $\text{дм}^2$  на 1  $\text{см}^3$  цилиндра двигателя;
- размах крыльев 1 700—1 900 мм;
- длина модели 1 100—1 300 мм.

Все эти параметры соответствуют средним данным лучших советских и зарубежных моделей.

### ВЫБОР СХЕМЫ МОДЕЛИ

Схема пилотажной радиоуправляемой модели не имеет решающего значения.

Одинаково хорошо выполняют фигуры высшего пилотажа модели с высоким и низким расположением крыла (рис. 1) и модели — точные копии самолетов.

В последние годы все большее распространение получают пилотажные модели — копии реактивных самолетов со стреловидным и даже треугольным крылом. У этих моделей, конечно, вместо реактивного двигателя устанавливается обычный, винтовой, но в полете модель полностью имитирует полет реактивного самолета. Правда, такие модели пока еще по пилотажу уступают обычным, но внешний эффект от их полета значительно выше.

Безусловно, обычные нормальные схемы модели, специально созданные для пилотажа, будут всегда иметь преимущества перед схемами, где из-за внешнего эффекта приходится считаться с тем или иным несоответствием формы и размеров.

Нормальной схемой пилотажной радиоуправляемой модели считается модель с крылом, расположенным снизу или сверху фюзеляжа; реже бывают модели со среднерасположенным крылом. Эти модели одинаково хорошо пилотируются. Если сравнить пилотажную радиоуправляемую модель с моделью свободного полета (неуправ-



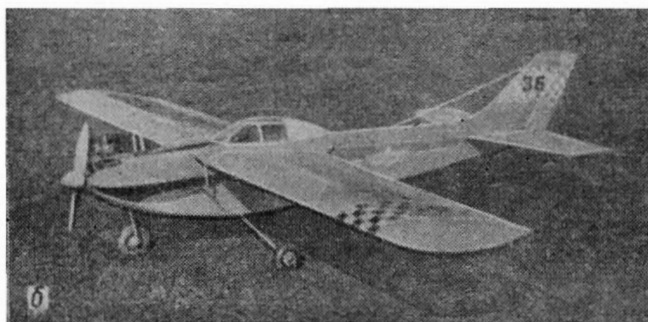
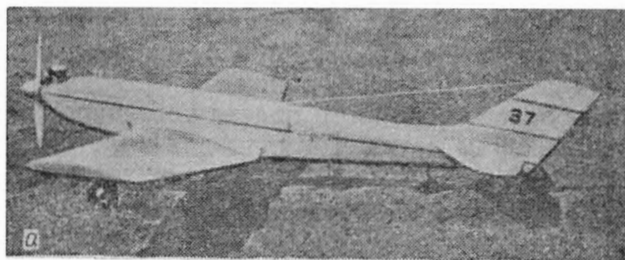


Рис. 1. Радиоуправляемые пилотажные модели:  
а — низкоплан; б — высокоплан; в — копия

ляемой), то сразу у первой бросается в глаза очень небольшой угол  $V$  крыла. Этот угол обычно бывает в пределах от 0 до  $5^\circ$ , в то время как у моделей свободного полета он редко бывает меньше  $10^\circ$ .

Последнее объясняется тем, что у пилотажной модели должен быть значительно меньший запас устойчивости,

чем у модели свободного полета, иначе она потеряет маневренность. Этим же объясняется и значительно меньшая площадь хвостового оперения пилотажной модели. Если для моделей свободного полета устойчивость является определяющим параметром, то для пилотажной радиоуправляемой модели большая устойчивость вредна.

Выбирая модели с низким или высоким расположением крыла, необходимо учитывать величину смещения оси двигателя вниз в зависимости от расположения крыла и удобство доступа к радиоаппаратуре, установленной на модели под крылом.

Крыло радиоуправляемой модели составляет значительный процент от общего лобового сопротивления модели. Чтобы погасить кабрирующий момент, возникающий от сопротивления высокорасположенного крыла, приходится смещать ось воздушного винта, т. е. двигателя, вниз на 8—12°. При этом часть тяги двигателя используется не по прямому назначению. У модели с низкорасположенным крылом этих потерь практически не возникает.

Если считать, что устойчивость и пилотажные качества у модели с низко- и высокорасположенным крылом одинаковые, то, следовательно, низкоплан лучше, так как у него почти полностью используется тяга винта.

Но если рассматривать обе модели с точки зрения удобства эксплуатации и живучести, то недостатки от потери тяги окажутся незначительными по сравнению с эксплуатационными преимуществами высокоплана. Высокорасположенное крыло меньше ломается при грубых посадках, особенно с креном. Кроме того, на этих моделях более удобен доступ к радиоаппаратуре, которая расположена в фюзеляже и прикрыта крылом. Достаточно снять крыло, и доступ к аппаратуре открыт.

Модель с низким расположением крыла не обладает такими преимуществами. Доступ к аппаратуре у нее условен тем, что после снятия крыла фюзеляж нужно перевернуть и установить на специальную подставку. Это сложно и неудобно.

За последние годы модели высокопланов все больше вытесняют модели низкопланов. Это еще раз подтверждает, что для пилотажной радиоуправляемой модели схема играет второстепенную роль.

Форма крыла и хвостового оперения также не оказы-

ваает значительного влияния на качество полета и пилотирования. Одинаково хорошо летают и выполняют пилотажи модели с прямоугольной формой крыла и оперения и трапециевидной.

Форма крыла и оперения в плане больше зависит, пожалуй, от прочностных требований, чем от аэродинамических, о чем будет сказано ниже.

Место расположения стабилизатора выбирается с таким расчетом, чтобы он не попадал в аэродинамическую тень от крыла. Особенно тщательно это нужно учитывать у моделей с высоким расположением крыла. На пилотажной модели для улучшения устойчивости пути необходим киль большого размера — около 50% от площади стабилизатора. Устанавливать такой киль не всегда удобно, поэтому чаще всего его выносят дальше, назад, одновременно уменьшая площадь. Такое расположение киля способствует лучшему вводу модели в штопор и повышает эффективность руля поворота при выполнении некоторых фигур пилотажа.

Форма и объем фюзеляжа в основном зависят от необходимости выполнить его вместительным и наличия материалов; на аэродинамику это оказывает второстепенное значение. Характерная черта фюзеляжа пилотажной модели — несколько укороченная носовая часть, что повышает маневренность модели.

## **РАЗМЕРЫ МОДЕЛИ И ВЫБОР ПРОФИЛЕЙ**

Мы рассказали об основных, общих параметрах модели. Значительную роль играет также выбор размеров и соотношений всех частей модели, а также правильный подбор профилей крыла и хвостового оперения.

Для устойчивого полета и хорошей управляемости модели площадь стабилизатора должна равняться  $\frac{1}{6}$  от общей несущей площади модели, остальные  $\frac{5}{6}$  должны приходиться на крыло. Это соотношение считается наиболее выгодным.

Определив площади крыла и стабилизатора, необходимо установить их размеры. Как уже говорилось, размах крыла модели обычно бывает в пределах от 1 700 до 1 900 мм. Нужно определить удлинение крыла и стабилизатора. Удлинение играет немаловажную роль, от него

зависит прочность крыла и хвостового оперения. Так как пилотажной модели приходится испытывать очень большие перегрузки, не следует увлекаться большим удлинением. Наиболее выгодным удлинением крыла можно считать от 6 до 7, стабилизатора от 3 до 4. Зная площадь крыла и стабилизатора, а также величину удлинения, нетрудно получить их размеры.

Устойчивость и управляемость модели зависит не только от соотношений площадей крыла и стабилизатора, но и от плеча, т. е. расстояния от крыла до стабилизатора. При большом плече растет эффективность стабилизатора, при малом — уменьшается. При взятом нами соотношении площадей крыла и стабилизатора расстояние от задней кромки крыла до передней кромки стабилизатора лучше всего брать в пределах 1,2—1,5 длины центральной хорды крыла. Длина носовой части модели от передней кромки крыла до воздушного винта обычно бывает от 0,8 до 1 длины центральной хорды крыла. Пользуясь этими данными, нетрудно определить и общую длину фюзеляжа.

На рис. 2 показаны соотношения частей, наиболее выгодные для пилотажной модели обычной схемы. Эти соотношения составлены на основании данных лучших моделей. Пользуясь такими соотношениями, можно довольно просто спроектировать модель.

Большое значение для пилотажной модели имеет правильный подбор профиля крыла. При выборе профиля необходимо учитывать разносторонние, противоречивые требования.

Если на обычной модели свободного полета к профилю крыла предъявляется лишь одно основное требование — аэродинамическое качество, то к профилю крыла пилотажной модели предъявляются три требования: аэродинамическое качество при нормальном полете, аэродинамическое качество при перевернутом полете и прочность крыла, которая в большой степени зависит от толщины профиля.

Лучшим для пилотажной модели считается двояковыпуклый профиль, по форме близкий к симметричному с относительной толщиной от 13 до 16%. Конечно, для полета модели в нормальном и перевернутом положениях лучше всего подошел бы профиль симметричный. Но пилотажная модель лишь незначительную часть полета на-

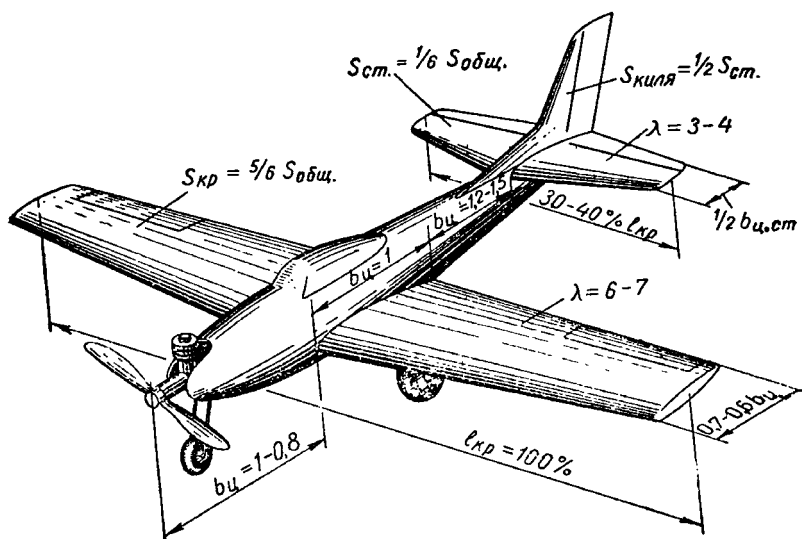


Рис. 2. Соотношение частей пилотажной модели

ходится в перевернутом положении, поэтому симметричный профиль применять нецелесообразно.

Как уже говорилось, крыло пилотажной модели при пилотировании испытывает очень большие перегрузки, следовательно, оно должно быть прочным. Крыло с тонким профилем для этой цели не подходит. Управлять моделью, имеющей крыло с тонким профилем (11—12%), значительно труднее, так как такая модель резко реагирует на отклонение руля и полет ее не получается плавным.

Крыло с толстым профилем, наоборот, даже при резких отклонениях рулей реагирует на изменение угла атаки не так резко, и полет модели получается более плавным. Кроме того, крыло толстого профиля имеет большее сопротивление, и модель при выполнении фигур не способна к быстрому разгону в момент пикирования. Поэтому все фигуры такая модель выполняет с более постоянной скоростью. Модель с тонким крылом, наоборот, при пикировании сильно разгоняется, пилотаж ее получается неровным.

Крыло с толстым профилем прочнее, поэтому лучше. Такое крыло можно изготовить более легким за счет

уменьшения веса лонжеронов. Большая высота лонжеронов позволяет без ущерба для прочности сделать их более тонкими. В толстом крыле более удобно разместить механизмы управления элеронами. При пикировании модели может возникнуть флаттер крыла (вибрация), который обычно приводит к разрушению модели в воздухе. Флаттер чаще всего наблюдается у крыла, имеющего тонкий профиль, следовательно, и в этом отношении толстый профиль имеет преимущества.

К профилю стабилизатора и киля по сравнению с крылом предъявляются значительно меньшие требования. Единственное основное требование — это обеспечение необходимой прочности. Аэродинамика здесь играет второстепенную роль, и форму профиля можно брать любую при условии, что профиль будет симметричным.

В отличие от крыла толщину профиля стабилизатора нужно брать минимальной, но обеспечивающей необходимую прочность. Следует учитывать, что стабилизатору и киллю приходится испытывать переменные нагрузки при отклонениях рулей и действовать в потоке воздушного винта, вызывающем вибрации. Поэтому при выборе профиля стабилизатора и киля требования прочности стоят на первом месте.

### **ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ**

На современной пилотажной модели имеется семь управляемых элементов. Каждый элемент приводится в действие в две противоположные стороны от нейтрального положения (нейтрали). Два из семи элементов не имеют собственного привода, а объединены параллельно с элементами, имеющими привод. Таким образом, для управления всеми элементами современной радиоуправляемой модели необходимо иметь десять каналов управления.

На рис. 3 изображена кинематическая схема всех управляемых элементов модели. Квадратами обозначены рулевые машинки: руля поворота 1 (объединен с рулевым колесом), карбюратора двигателя 2, руля высоты 3 (объединен с тормозами колес), элеронов 4, триммера руля высоты 5. Элементы управления модели делятся на аэродинамические, необходимые для полета и выполнения пилотажа, и чисто механические, необходимые для рулеж-