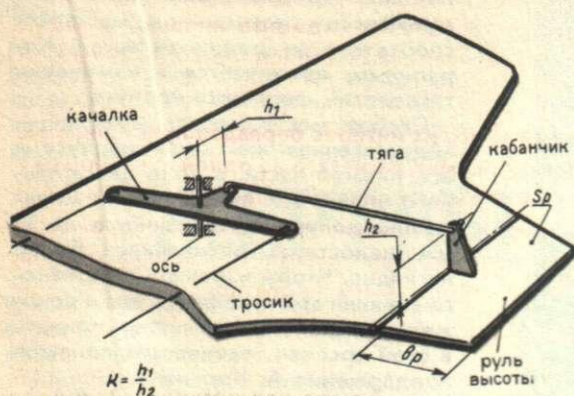


Рис. 2 Основные геометрические параметры системы управления и расчет поправочного коэффициента, учитывающего разность высот кабанчика, руля и управляющего рычага качалки (К).



$$\Delta L_{\text{корд}} = \frac{L P}{E S}, \text{ м}$$

где:
 E - модуль упругости, $2 \cdot 10^4 \text{ кгс/мм}^2$
 S - площадь сечения кордовых нитей, мм^2
 L - длина корда, м
 P - натяжка, кгс

Пример:

$$\Delta L_{\text{корд}} = \frac{16 \text{ м} \cdot 3 \text{ кгс}}{2 \cdot 10^4 \text{ кгс/мм}^2 \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^2} = 0,036 \text{ м} = 36 \text{ мм}!$$

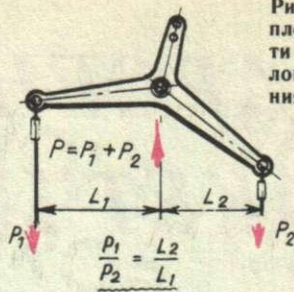


Рис. 3. Появление разности плеч и усилий на кордовые нити при использовании «стреловидной» качалки управления.

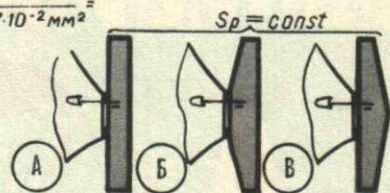


Рис. 4. Возможные модификации формы руля высоты для модели воздушного боя. А — обычная форма, Б — модификация, увеличивающая шарнирный момент, В — модификация, снижающая шарнирный момент.

ние о силах, возникающих в тягах рулей как при их растяжении, так и сжатии. При кабанчике высотой 10 мм это 0,6—0,7 кгс, что заставляет задуматься об устойчивости тонкого стержневого элемента. Причем лишь двойное увеличение размеров руля приводит к восьмикратному росту M_m !

Но главное не в этом. Мучились мы с подобной «арифметикой» ради нахождения минимального натяжения корд, необходимого для поворота руля на заданный угол. Получить искомую величину теперь несложно — надо шарнирный момент разделить на полуразмер качалки управления (соответственно выраженный в метрах или сантиметрах). Поправки нужно ввести только при значительной разности кабанчика и управляющего плеча качалки. В приведенном примере при размахе качалки 50 мм минимальное натяжение корд, когда уже модель практически повисает на одной лишь нити, оказывается равным 0,24—0,28 кгс. Много это или мало? Если говорить о моделях опытных спортсменов, то достаточно. А в других вариантах... Ведь на найденную величину влияние оказывает множество факторов: порыв ветра, на мгновение увеличивший фактическую скорость «обдувки»; значительное сопротивление закрутки после нескольких фигур кордовых нитей; ослабление натяжения при полете «в зените» или при том же порыве ветра... Все только повышает требования к точности прохождения «сигнала» от ручки к качалке.

Особо надо отметить влияние M_m на фактор, принятый называть «ветрозащищенностью». Несмотря на распыленность и неопределенность последнего понятия, ясно, что при нехватке натяжения корд руля в порывах вероятнее всего будет плавно уходить от заданного положения под воздействием возросшей аэродинамической нагрузки. Но пилот заметить это не в состоянии, он увидит лишь результат — уход модели с заданной траектории! Тогда, может быть, такой эффект и есть определяющий «ветрозащищен-

ность»? По крайней мере для пилотажных аппаратов, где располагаемый управляющий момент очень близок к суммарному шарнирному, любой недостаток натяжения будет проявляться именно в условиях порывов ветра.

А как обстоят дела в избранном нами примере? Элементарная прикидка центробежной силы в горизонтальном полете дает натяжение, в лучшем случае не превышающее 0,4 кгс при массе бойцовой 0,4 кг! Значит, запас по натяжению равен всего лишь 0,12—0,16 кгс! Вспомните, сколько негативных факторов присутствует в полете модели, добавьте к этому перечню еще и почти двукратное увеличение M_m при выходе неподвижной части горизонтального оперения на большие углы атаки (график соответствует нулевому углу атаки стабилизатора), как станет ясно: и для бойцовых моделей проблема управляемости так же важна, как и для пилотажных. Правда, у «летающих крыльев» все не так критично. Здесь сказываются малые углы отклонения рулей, а соответственно и введение поправок на соотношение длин кабанчика и управляющего рычага качалки, да и выход крыла на фигуру на углы, обратные углам отклонения руля, также смягчает условия работы системы управления. Но стоит поставить качалку с малым «размахом», снизить массу модели или установить на нее руль большой площади, как проблема станет очень близкой к реальным условиям.

В окончании разговора о шарнирных моментах надо лишь уточнить, что приведенные зависимости закономерны... для всего диапазона скоростей полета конкретной модели! Ведь при росте или снижении центробежной силы точно в такой же пропорции меняется и M_m !

Выводы однозначны. Как стало понятно, качалку рассчитывать нужно. А в качестве мер по повышению точности управления любой кордовой моделью можно рекомендовать использование увеличенных качалок (только по

«размаху», причем с сохранением углов отклонения от нейтралы, для чего придется применять и увеличенные ручки), подбирать оптимальную массу модели (от нее зависит напрямую центробежная сила) и не забывать о таком приеме, как аэродинамическая компенсация рулей, широко известная в авиации.

Системы управления касается и вопрос «стреловидности» качалки. В ряде публикаций в иностранных журналах можно встретить упоминание о подобных деталях, якобы повышающих устойчивость либо управляемость аппаратов. Рекомендуем крайне критически отнестись к таким материалам! Практические точные построения кинематики таких качалок по крайней мере не подтверждают заявленных изменений характера передачи сигнала от ручки к рулям. Кроме того, как показали испытания специально построенной экспериментальной модели с качалками всевозможных стреловидностей, за счет лишь небольших изменений данного параметра можно из абсолютно «тупого» аппарата без любых других приемов получить «сверхострый» и неустойчивый! Чтобы правильно понять воздействие стреловидности качалки на характер управления, достаточно обратить внимание на разность плеч приложения усилия натяжки тросиков управления относительно центральной оси. В результате натяжение перераспределяется по закону рычагов, и появляется разность удлинений кордовых нитей. А ведь в ряде случаев эта разность может по величине приближаться ко всему ходу качалки! Если вас затрудняют расчеты удлинений нитей, советуем испытать на любой модели две качалки — с прямой и обратной стреловидностью порядка хотя бы 20° на сторону. Полученный даже на легком аппарате эффект убедит вас в необходимости установив исключительно прямых элементов управления.

В. ОЛЬГИН