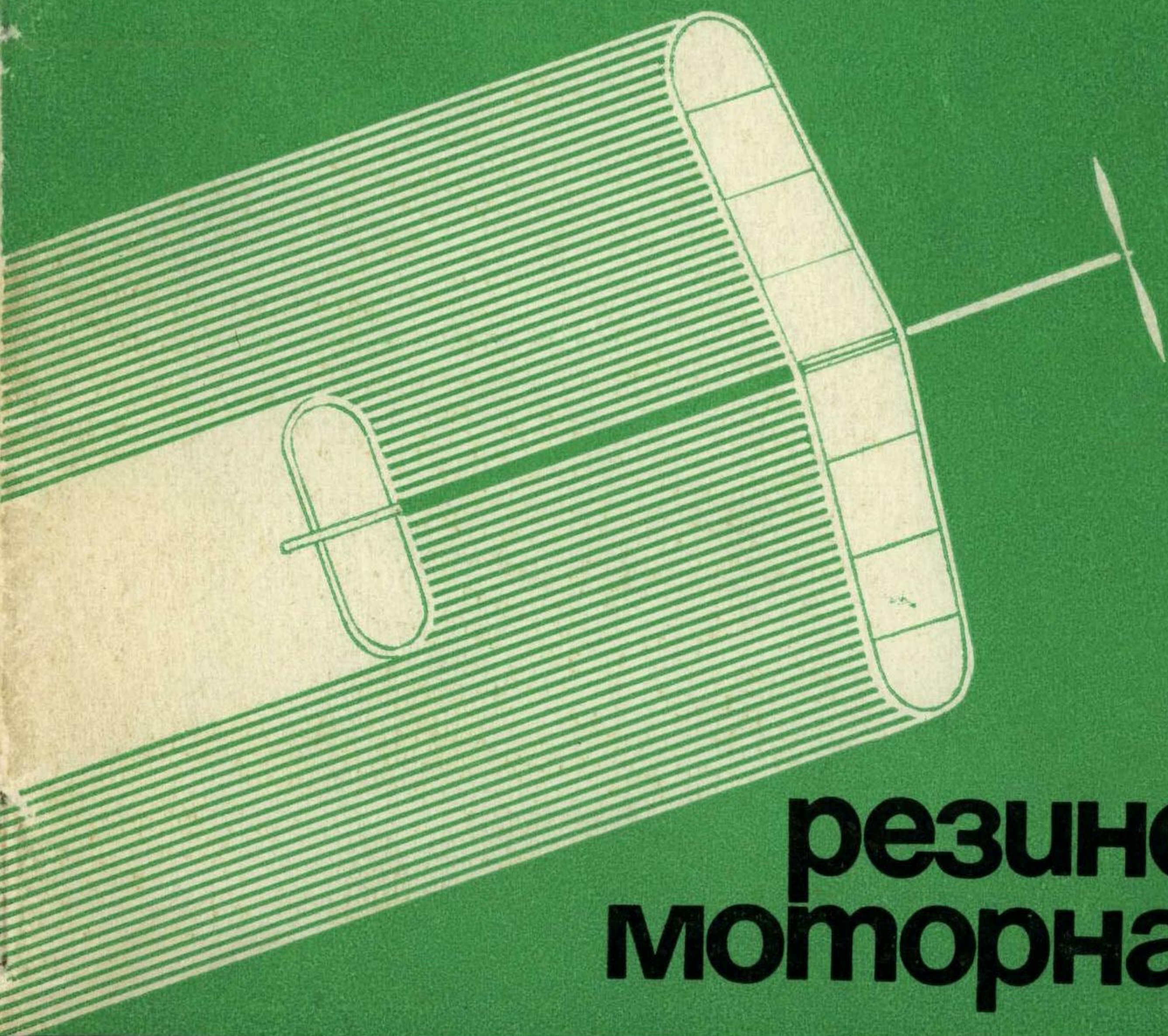


А. М. ШАХАТ



резино-
моторная

Модель

А. М. ШАХАТ,
мастер спорта

РЕЗИНОМОТОРНАЯ МОДЕЛЬ

**МОСКВА
ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА»
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР
1977**

Шахат А. М.

Ш28 Резиномоторная модель. М., ДОСААФ, 1977.

61 с. с ил.

В брошюре рассказывается о работах отечественных и зарубежных авиамоделлистов по повышению продолжительности полета резиномоторных моделей чемпионатного класса категории F-I-B.

Рассчитана на спортсменов-авиамоделлистов и руководителей авиамоделльных кружков.

Ш $\frac{60902-015}{072(02)-77}$ 112-77

65Т.5

Абрам Моисеевич Шахат

РЕЗИНОМОТОРНАЯ МОДЕЛЬ

Редактор З. П. Корягина

Художественный редактор Т. А. Хитрова

Технический редактор В. Н. Кошелева

Корректор Р. М. Рыкунина

И. Б. № 307

Г. 98360. Сдано в набор 24/VIII-1976 г. Подписано к печати 31/I-1977 г. Изд. № 1/846. Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 2. Тираж 100 000 экз. Цена 20 коп. Усл. п. л. 3,36. Уч.-изд. л. 2,97. Ордена «Знак Почета» Издательство ДОСААФ СССР. З. 1416. 107066, Москва, Новорязанская ул., д. 26.

Киевская книжная фабрика республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, ул. Воровского, 24.

СОВРЕМЕННАЯ РЕЗИНОМОТОРНАЯ МОДЕЛЬ САМОЛЕТА ЧЕМПИОНАТНОГО КЛАССА

Резиномоторная модель — снабженный эластичным двигателем спортивный летательный аппарат, подъемная сила которого образуется действием атмосферы на неподвижно закрепленное крыло. Для того чтобы лучше разобраться в усовершенствованиях, применяемых в последние годы на резиномоторных моделях, проследим путь развития данного класса моделей.

Еще в довоенные годы делались попытки автоматически управлять наклоном оси винта. Под низ моторной бобышки подкладывали упругие элементы (резина, пружина). Иногда применяли управление рулем направления. В то время авиамоделисты не имели представления о факторах, с которыми связана балансировка модели, но практика зачастую подсказывала правильные решения. Прошло много лет, и мы стали свидетелями успешного применения всевозможных усовершенствованных механизмов перебалансировки.

В 1952 году авиамоделисты начали строить модели чемпионатного класса, отнесенные Международной федерацией авиационного спорта (ФАИ) к категории F-1-B. К этим моделям в настоящее время предъявляются следующие технические требования:

- несущая поверхность — $17 \div 19 \text{ дм}^2$;
- наименьший вес — 230 гс;
- наибольшая нагрузка — 50 гс/дм^2 ;
- вес смазанного мотора — не более 40 гс.

До 1958 года вес резиномотора допускался до 80 гс. Модели с весом 80 гс могли находиться в воздухе более четырех минут. Несмотря на это, авиамоделисты работали над усовершенствованием их летных характеристик. Испытывались новые профили и турбулизаторы. И. И. Иванников проводил эксперименты с винтом изменяемого шага [ВИШ]. Шаг менялся за счет упругости лопасти и соответствующего расположения оси жесткости. В. Н. Матвеев внедрил ВИШ (см. рис. 20 [7*]). А. М. Шахат применял винт изменяемого диаметра [ВИД]. В. Н. Колпаков и В. В. Куманин внедрили механизм перебалансировки модели, автоматически управляющий стабилизатором (см. рис. 38 [8*]).

Несмотря на двукратное сокращение энерговооруженности, современные резиномоторные модели летают лучше моделей 50-х годов. Это результат большой работы спортсменов по повышению КПД винта, аэродинамики модели, умению разобратся в метеоситуации.

Знакомство с конструкцией резиномоторной модели начнем с немеханизированной модели 60-х годов, схема которой сформировалась еще в 1961 году (рис. 1). За 13 лет эксплуатации модели полностью выявились ее достоинства и недостатки. Анализируя эти недостатки и работу по их устранению, мы сможем проследить весь путь совершенствования конструкции.

Модель с профилем крыла В-8556-в была чувствительна к восходящим потокам и устойчиво держалась в них. В тихую погоду качество планирования снижалось. Крыло имело большие «ушки» и значительное поперечное V. Резиномотор — 28 нитей 3×1 «Пирелли». Винт диаметром 580 мм с шириной лопасти 54 мм. Винтомоторная бобышка — 25 гс. Представляет интерес конструктивное решение качающихся лопастей (см. вид А рис. 1 [10]). Пилон — двухстоечный, смешанной конструкции (низ — электрон, верх — бальза) — и крыльевые штырьки (Ø 2 и Ø 1,6) гнутые. Регулировка модели — с помощью наклона оси винта, отклонения руля направления и перекоса стабилизатора. Стык фюзеляжа — резьбо-

* См. соответствующий номер в списке литературы на с. 60.

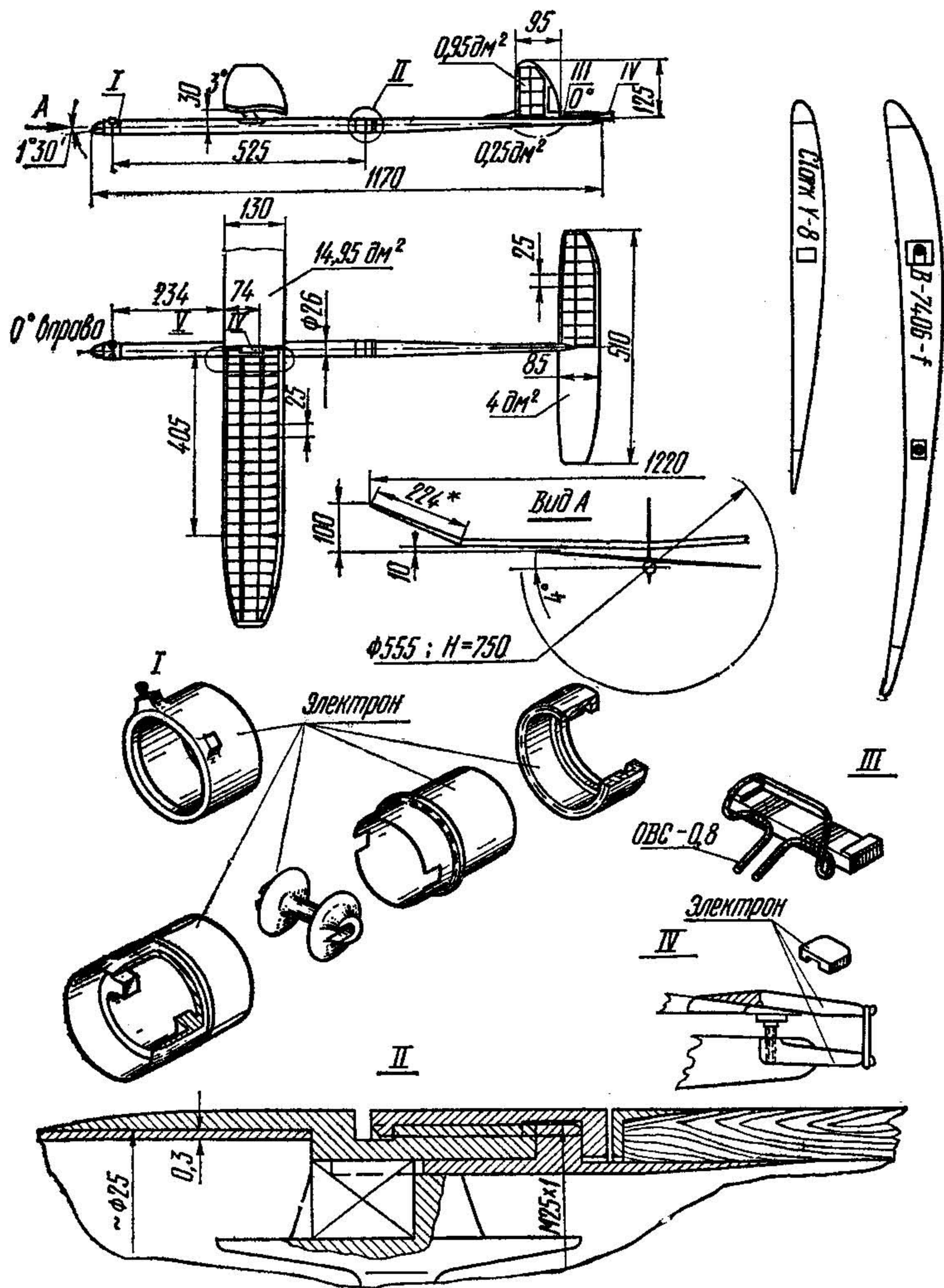


Рис. 2. Резиномоторная модель ША-66

(мотор — 24 нити 3×1 «Пирелли»; $n=450$; время раскрутки—41 с)

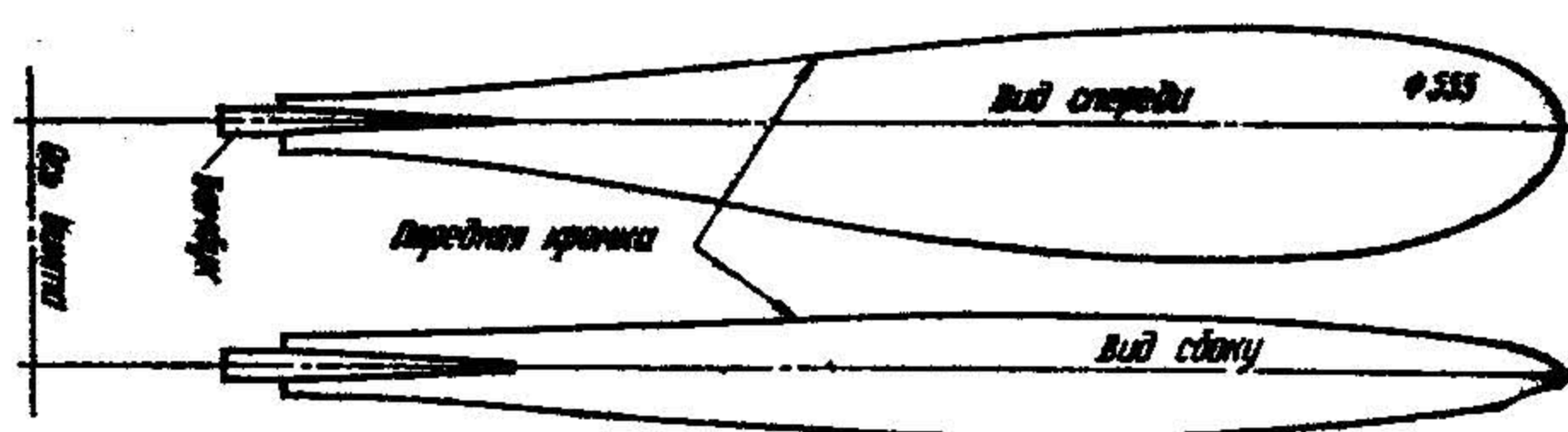


Рис. 3. Шаблоны лопасти винта

вой. Хвостовая балка фюзеляжа [Ф-2] непосредственно заворачивается в моторную часть фюзеляжа [Ф-1]. Внутренний диаметр трубы — 25 мм.

Снижение суммарного миделя трубы $\varnothing 25$ мм и пилон модели ША-73 направлено на увеличение продолжительности полета.

В последующей модели ША-62 был применен профиль В-7406-f на крыле и Clark Y-8 на стабилизаторе. Кроме того, было уменьшено поперечное V и укорочены «ушки» крыла. Пилон стал одностоечным, но тоже смешанной конструкции. В узел стыка фюзеляжа пришлось ввести накидную гайку, так как в предыдущем стыке выявился дефект: стыкуемые поверхности магниевых шпангоутов со временем изнашивались, что изменяло угловое положение стабилизатора и киля относительно крыла.

На модели ША-66 (рис. 2) в связи с введением двигателя 40 гс был внедрен резиномотор из 24 нитей 3×1 и более узкий винт (48 мм) диаметром в 555 мм (рис. 3), а также новая бобышка (см. рис. 6). Эта модель была неустойчива в термических условиях. Ее реакция на термики левого вращения привела к срывам на ответственных соревнованиях. Модель при этом переходила из правого виража в прямолинейный полет, а это порождало продольное раскачивание и потерю высоты. Так как на саратовском аэродроме преобладают термики с левым вращением, то одна из моделей отрегулирована на полет вправо — влево. Однако прежний недостаток мог проявиться в термиках с правым вращением. Проанализировав аэродинамическую схему этой модели и сопоставив ее с ША-61, можно сделать

вывод, что причина такого поведения модели — избыток путевой устойчивости. После удаления части киля под фюзеляжем ($0,25 \text{ дм}^2$) модель из правого виража стала входить в левый под влиянием соответствующего термика.

В 1968 году, после продолжительных стендовых испытаний, был внедрен винт изменяемого диаметра (ВИД), сконструированный еще в 1957 году. ВИД улучшил траекторию полета, позволил несколько поднять ось винта и повысил потолок высоты.

Для исключения крутого виража на взлете модели при сильном ветре был применен управляемый руль направления. Впоследствии был установлен многофункциональный исполнительный механизм управления (см. рис. 43). Это позволило применить механизмы перебалансировки модели, а также провести некоторые эксперименты по отклонению стабилизатора в момент окончания работы двигателя с целью замера времени парашютирования. Были проверены две конструкции механизмов перебалансировки модели с помощью стабилизатора (см. рис. 43 и 44). Более компактен и удобен в эксплуатации вариант, изображенный на рис. 43, установленный на модели ША-75. Пилон со стальными цилиндрическими штырями заменен гнутым из дюралюминия (рис. 5а). Соединение крыла пластиной по сравнению с соединением проволочными штырьками меньше нагружает крыло в момент посадки.

Участившиеся улеты парашютирующих моделей заставили перейти на принудительную посадку модели штопорением. Штопорящая модель лучше противостоит влиянию восходящих потоков, ближе приземляется и лучше наблюдается в воздухе по сравнению с парашютирующей. Как правило, штопор достигается отклонением стабилизатора на угол меньше 30° и небольшим его перекосом. Однако крутое штопорение может привести к поломке модели. Достаточно умеренное штопорение получается на границе парашютирования. Иногда таким образом отрегулированная модель штопорит в термиках, но парашютирует вне восходящих потоков.

На модели ША-74 применен механизм перебалансировки с помощью крыла (см. рис. 45). Испытывались

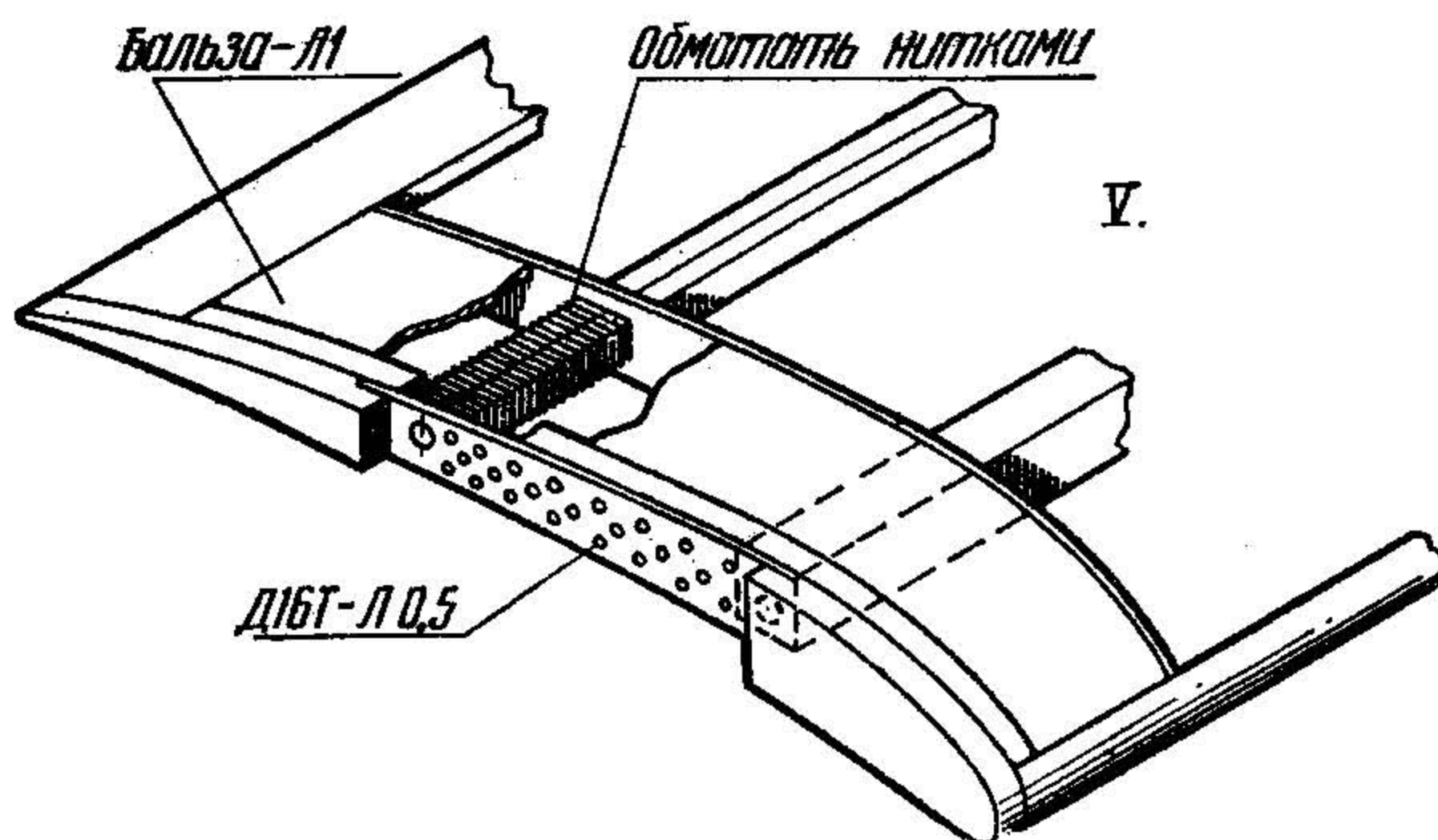


Рис. 4а. Конструкция корневой части консоли крыла модели ША-73

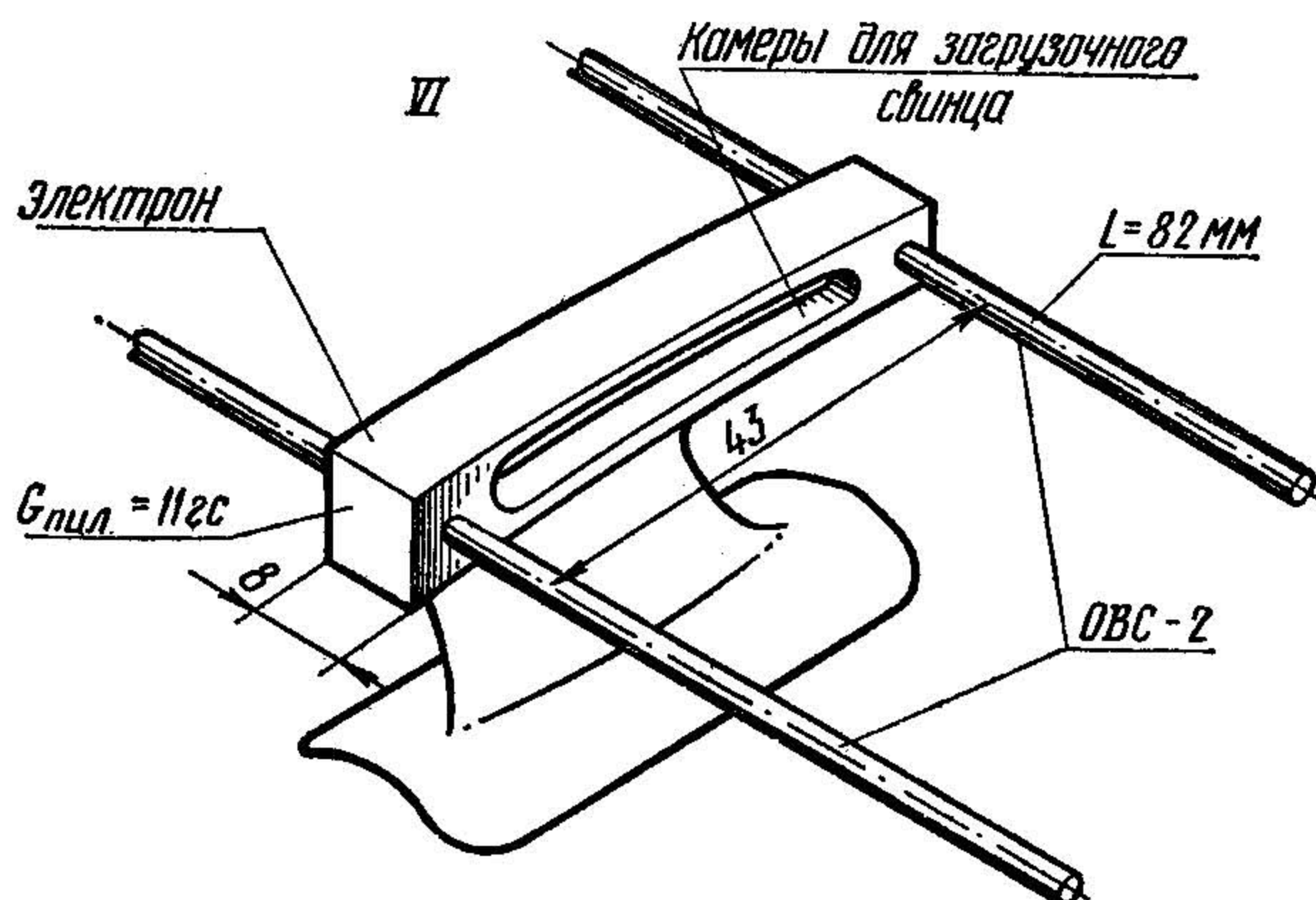


Рис. 4б. Пилон модели ША-73
(длина переднего штыря 130 мм)

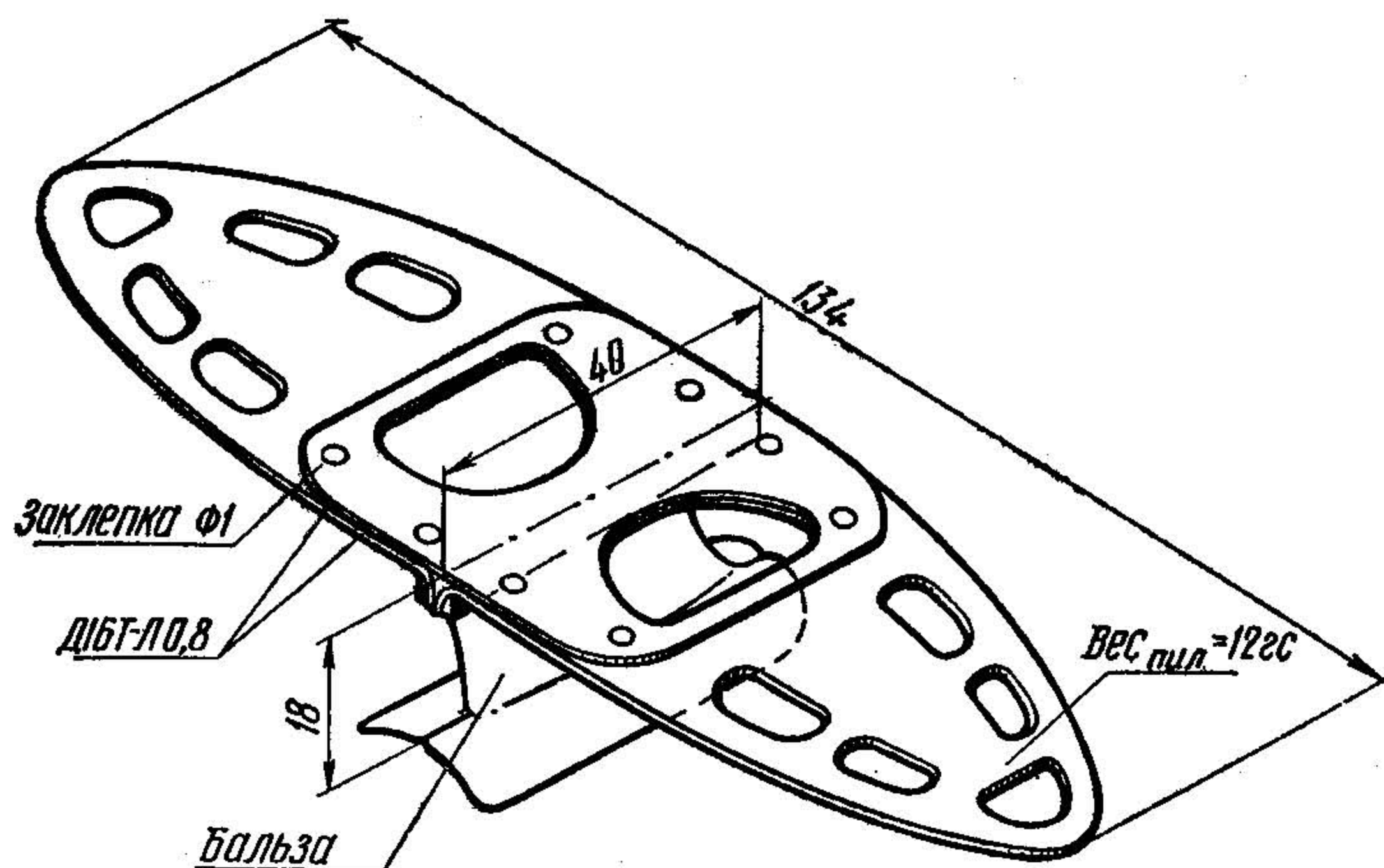


Рис. 5а. Пилон модели ША-75
(детали пилона склеены эпоксидной смолой и склепаны)

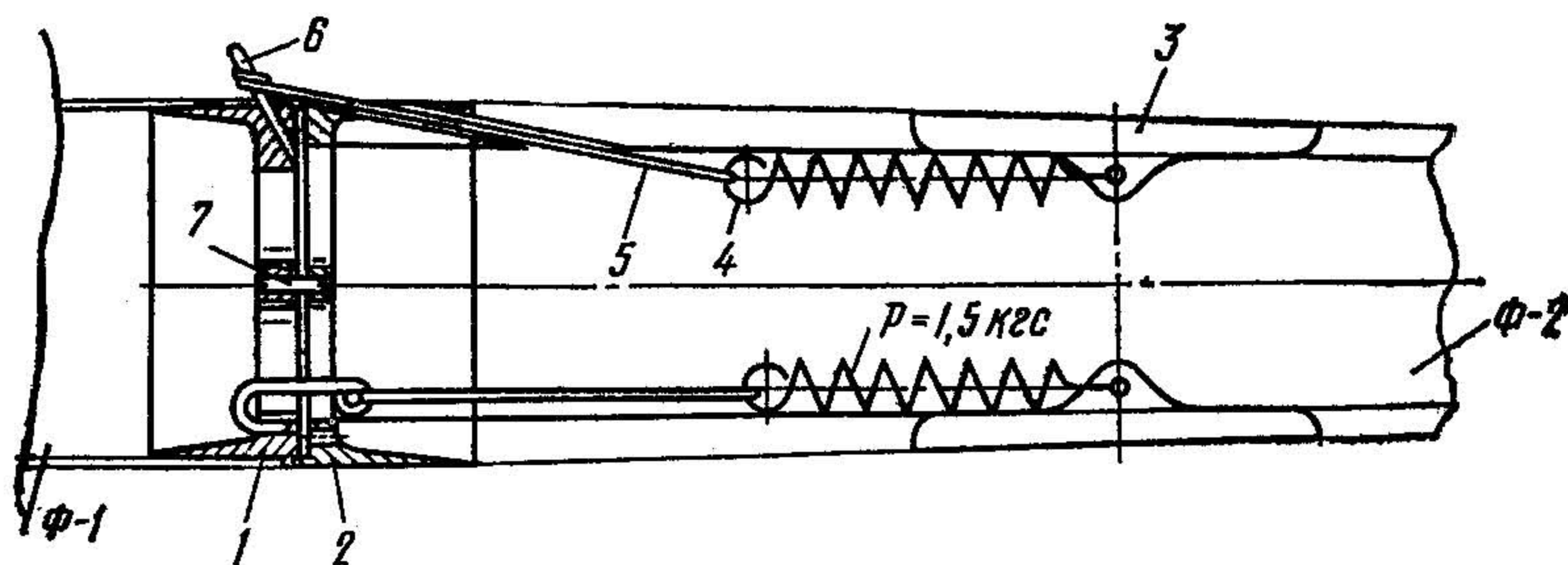


Рис. 5б. Упругое соединение частей фюзеляжа (Ф-1 и Ф-2):
1 — шпангоут (МА-8); 2 — шпангоут (МА-8); 3 — ушко (целлулоид Л1); 4 — пружина (ОВС-0,5; Д-3,3; Р, -1,5 кгс); 5 — тяга-кольцо (ОВС-0,5); 6 — штырек (ОВС-1); 7 — штырек (ОВС-1), 2 шт.

также модели беспилонной схемы (вместо пилона — бальзовый центроплан). Ось винта пришлось поднять несколько вверх. Траектория моторного полета стала крутой с последующим переходом в горизонтальный полет. Умеренного штопорения на моделях такой схемы достигнуть не удалось.

Целесообразно применить автомат перебалансировки (см. рис. 39 и 40), а также упругую подвеску хвостовой части фюзеляжа (рис. 56), которая должна облегчить примерно на 30% Ф-2, т. е. уменьшить продольный разнос масс. Следует учесть, что прочность Ф-2 обеспечивается исходя из условия грубой посадки модели. Особенно опасен жесткий удар. Модель при этом мгновенно затормаживается, а стабилизатор и киль, продолжая двигаться по инерции, сжимают и изгибают Ф-2. Это нередко приводит к потере продольной устойчивости хвостовой балки фюзеляжа.

Упругая подвеска Ф-2 должна разгрузить конструкцию балки.стыковочный узел фюзеляжа стал конструктивно проще и легче, а его эксплуатация — более удобной. Указанное на рис. 56 усилие пружины ($P=1,5$ кгс) следует считать предварительным.

Ниже дана конструктивно-технологическая схема резиномоторной модели.

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА РЕЗИНОМОТОРНОЙ МОДЕЛИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ МОДЕЛИ

$S_{\text{общ}}$ — 18,95 дм²

$S_{\text{кр}}$ — 14,95 дм²

$G_{\text{мод}}$ — 230,5 гс

$G_{\text{кр}}$ — 49 гс

$G_{\text{ст}}$ — 8,5 гс

$G_{\text{бобышки}}$ — 37 гс

$G_{\text{лопасти}}$ — 4 гс

$D_{\text{винта}}$ — 555 мм

$H_{\text{винта}}$ — 750 мм

$G_{\text{ф=1}}$ — 41 гс
(без пилона)

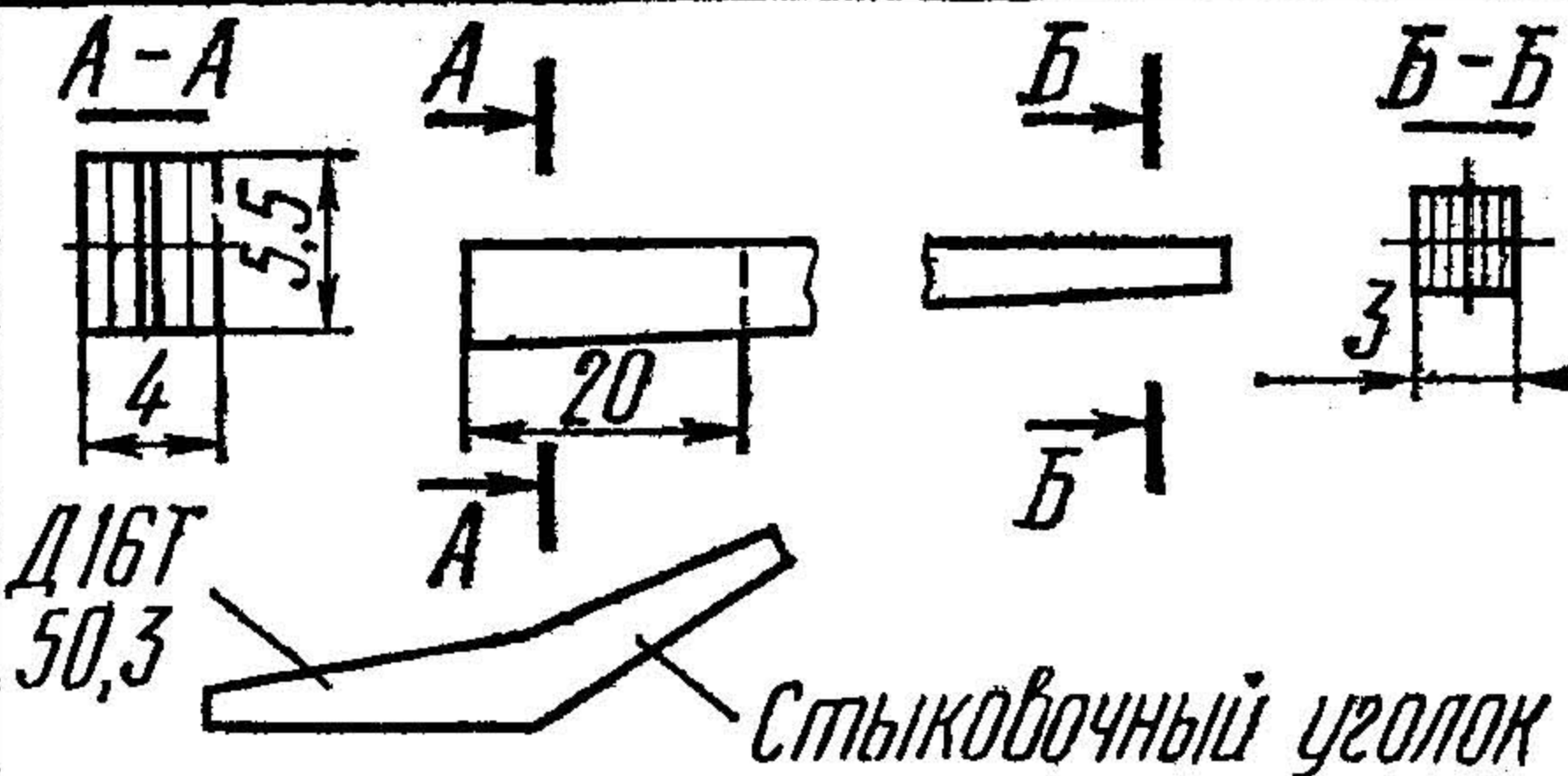
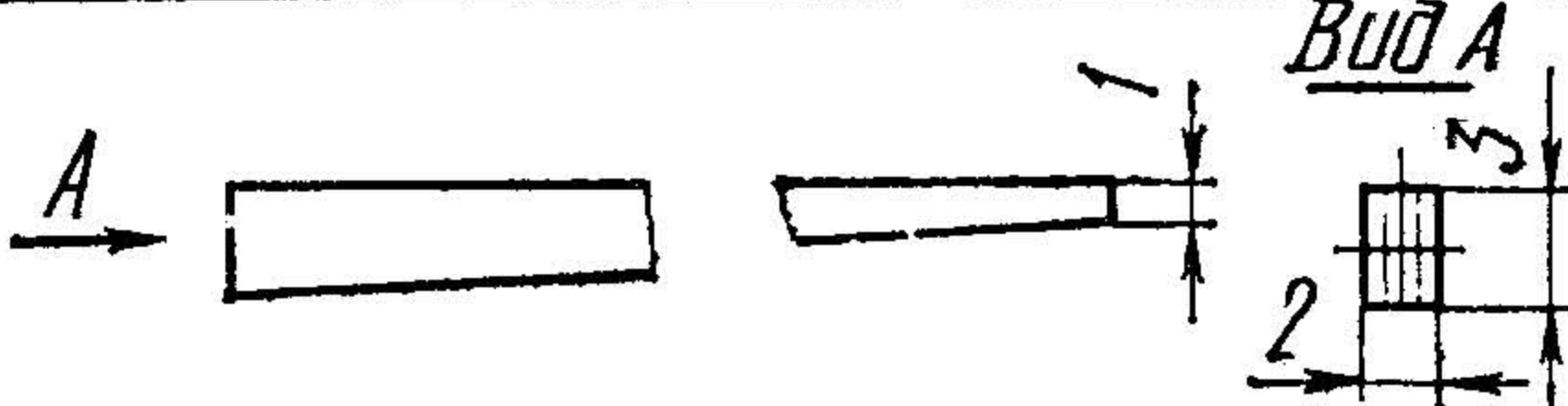
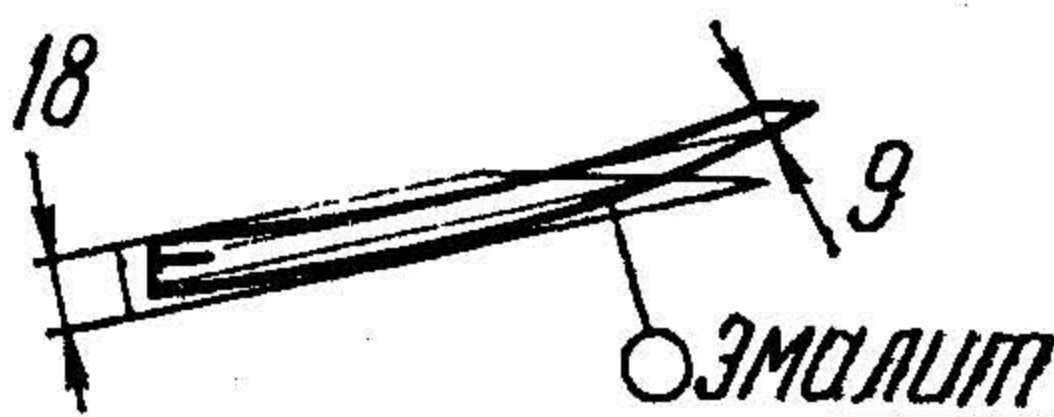
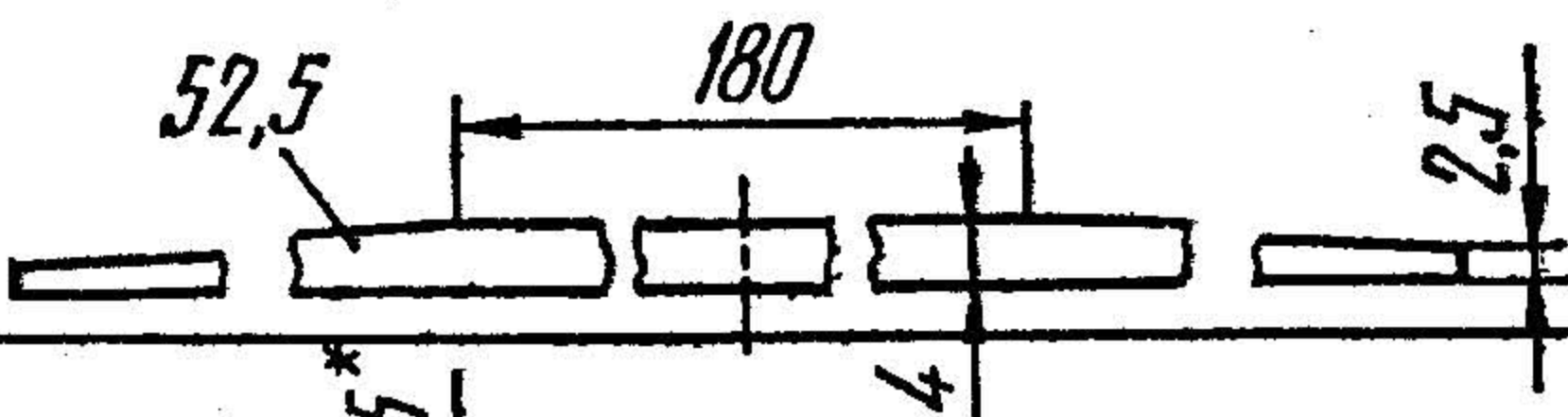
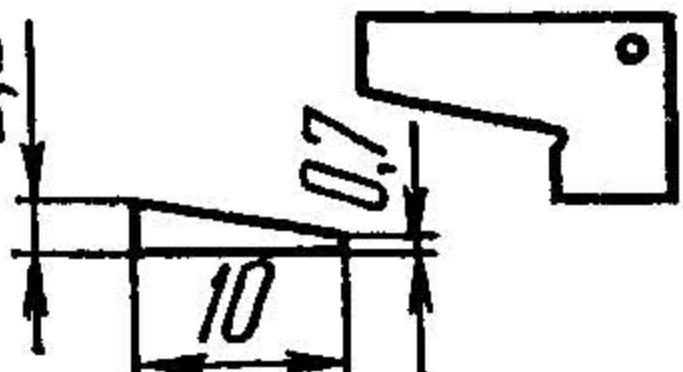
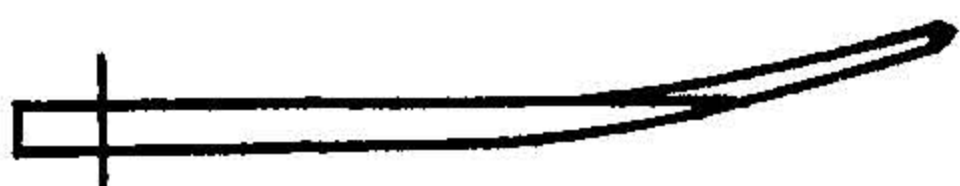
$G_{\text{пилона}}$ — 11 гс
(со штырьками)

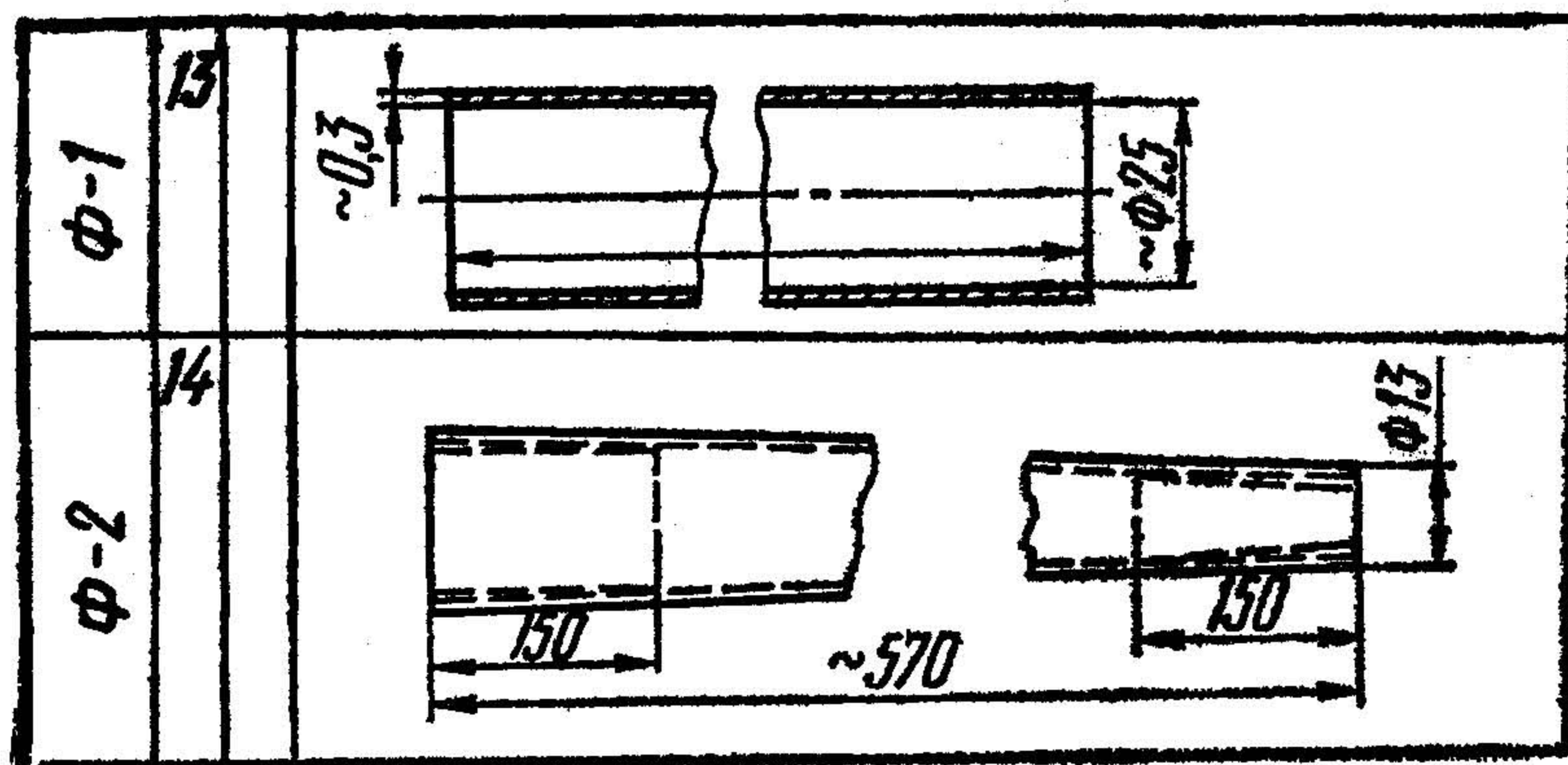
$G_{\text{ф=2}}$ — 22 гс

Таблица 1

Пояснения к схеме

Номера деталей по схеме	Наименование деталей	Вес, гс	Рекомендации по технологии изготовления
1	Лонжерон передний	2,7	Паз под штырек фрезеруется и распиливается круглым надфилем
2	Лонжерон задний	1,5	Паз пропиливается круглым надфилем
3	Кромка передняя	1,9	Обрабатывается протяжкой или вручную. Контур проверяется контрольным шаблоном. Пазы для нервюр фрезеруются
4	Кромка задняя	1,8	Трапецеидальное сечение получается на циркулярной пиле, оснащенной специальной линейкой. Контур — вручную
5	Нервюра	1,5 (10 шт.)	Вырезается из дощечки по шаблону (окна — глазным скальпелем). Переднее окно распиливается по месту
6	Лонжерон передний	—	Паз под стыковочный уголок фрезеруется или распиливается шлицовкой
7	Лонжерон задний	—	Стыковочный уголок (целлулоид S1) приклеивается к задней грани лонжерона
8	Кромка передняя «ушка»	—	Заготовка размачивается около двух часов в горячей воде, потом приматывается бинтом к оправке; стыковочный уголок — целлулоид S1
9	Кромка задняя «ушка»	—	Контур вырезается по шаблону; стыковочный уголок — целлулоид S1
10	Лонжерон	—	—
11	Кромка передняя	—	Упорное место кромки укрепляется буком (S1, 140)
12	Кромка задняя	—	—
13	Трубка	$G_{тр} = 36$ $G_{пер. шп-та} = 2$ $G_{зад. шп-та} = 2$	Трубка из Д16Т туго посажена на токарную оправку из стальной трубы
14	Трубка	$G_{тр} = 5,5$ $G_{вкл} = 2,5$	Бальзовая заготовка ($\gamma = 0,1 - 0,12$ и $S = 1,2$ мм) распаривается в горячей воде и приматывается бинтом к дюралевой оправке. Бальзовые вкладыши ($l = 150$) вклеиваются

"УШКО" (Б каркаса = 4,12с)		6	Бальза	0,16	 стыковочный уголок
		7	Бальза	0,16	 Вид А
		8	Бальза	0,14	 оправка для изготовления передней кромки
		Бальза	0,14	 эмаль	
Стабилизатор Б каркаса = 6,72с)	Бальза	0,14			
	Бальза	0,12	 оправка для изготовления		
	12		 		



МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ВИНТОВ

Винтомоторная группа резиноmotorной модели состоит из двигателя (резиноmotorа), движителя (винта) и корпуса (бобышки), соединяющего резиноmotor с винтом.

За последние годы в отечественных и зарубежных журналах опубликованы механизмы сопряжения воздушного винта с резиноmotorом, имеющие новые оригинальные узлы (рис. 6, 7, 8).

Механизм сопряжения воздушного винта с резиноmotorом состоит из следующих составных частей: узла втулки (рис. 9), узла ступицы (рис. 10) и узла стопора (рис. 11).

Узел втулки состоит из корпуса, изготавливаемого из дюралюминия или магниевых сплавов. В корпусе размещены два шариковых подшипника. Обычно осевая нагрузка воспринимается одним лишь передним подшипником.

Гнездо для подшипников размещено в передней части втулки с целью приближения точки подвески резиноmotorа к передней границе фюзеляжа. Обратная схема сейчас применяется реже (рис. 12). Гнездо обра-

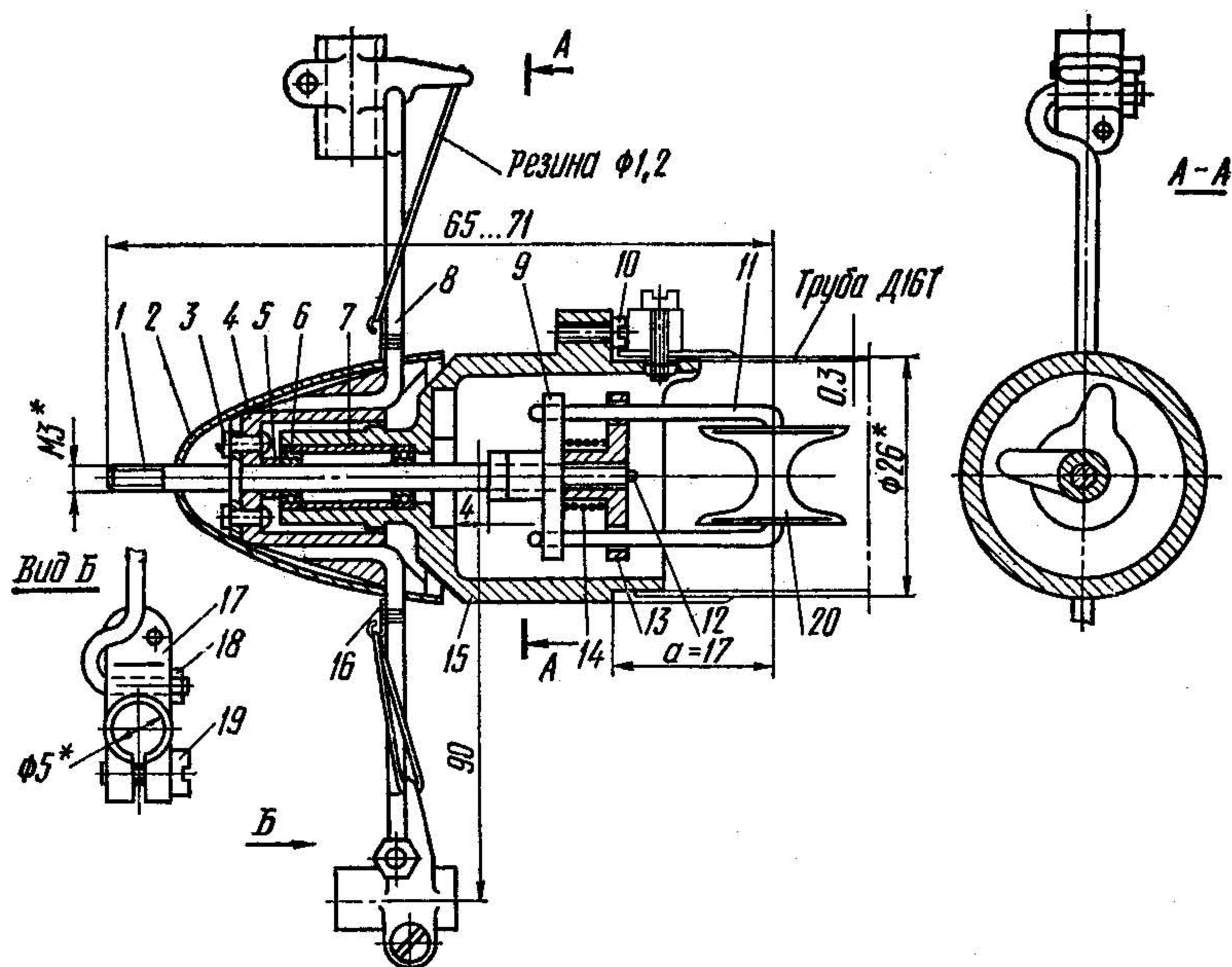


Рис. 6. Бобышка (сборочный чертеж):

1 — валик; 2 — кок (дюраль, Л-0,5); 3 — заклепка $\varnothing 1,5$; 4 — ступица; 5 — втулка; 6 — подшипник (3×7); 7 — втулка; 8 — подвеска (ОВС-2); 9 — стопор; 10 — винт (ст. М2); 11 — хомут (ОВС-1,6); 12 — шпонка (сталь); 13 — гайка; 14 — пружина (ОВС-0,5; Д-6,7); 15 — втулка; 16 — крючок (ОВС-0,7); 17 — втулка; 18 — гайка М2 (сталь); 19 — винт М3 (сталь); 20 — ролик (МА-8)

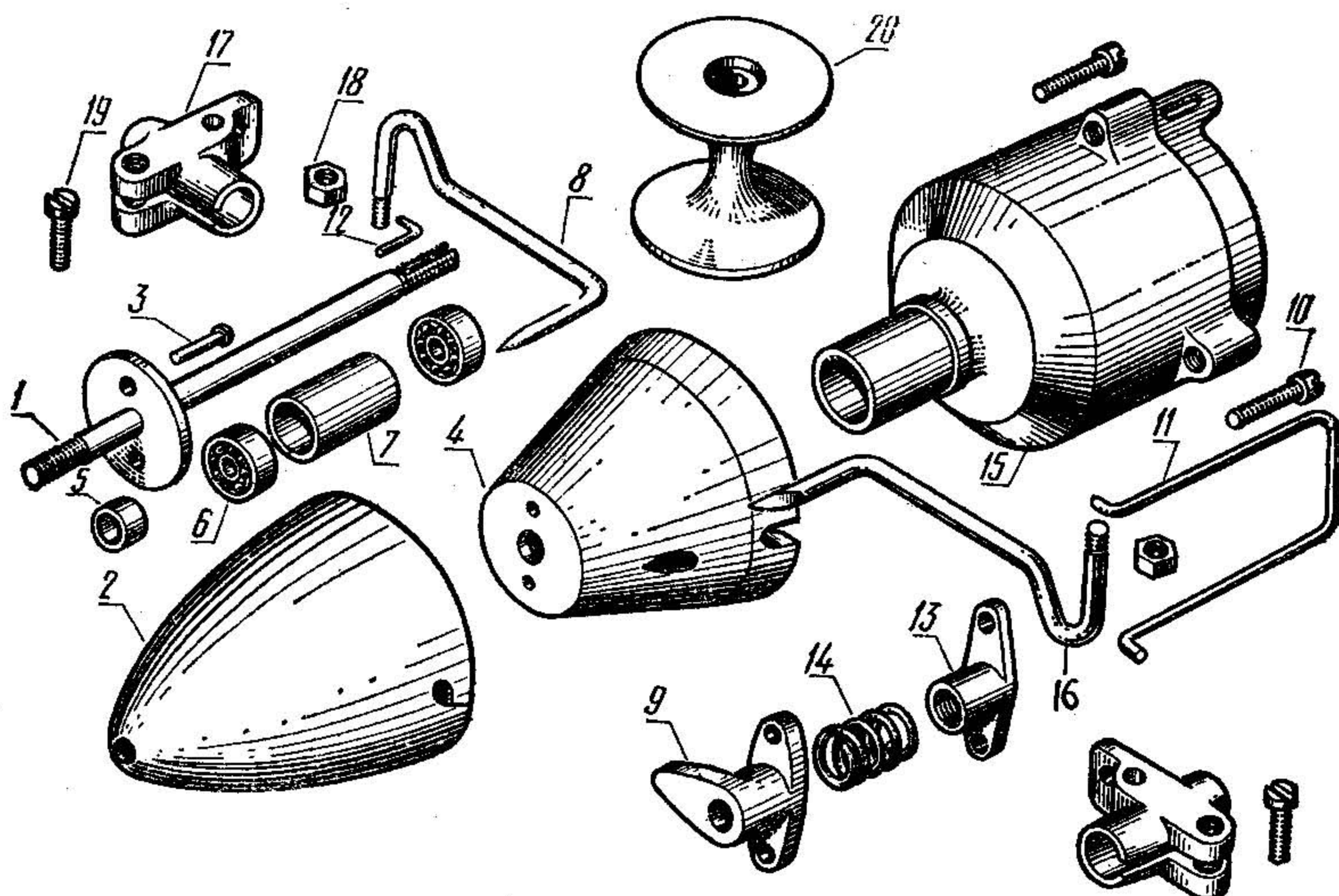


Рис. 7. Детали бобышки
(нумерацию деталей см. по рис. 6)

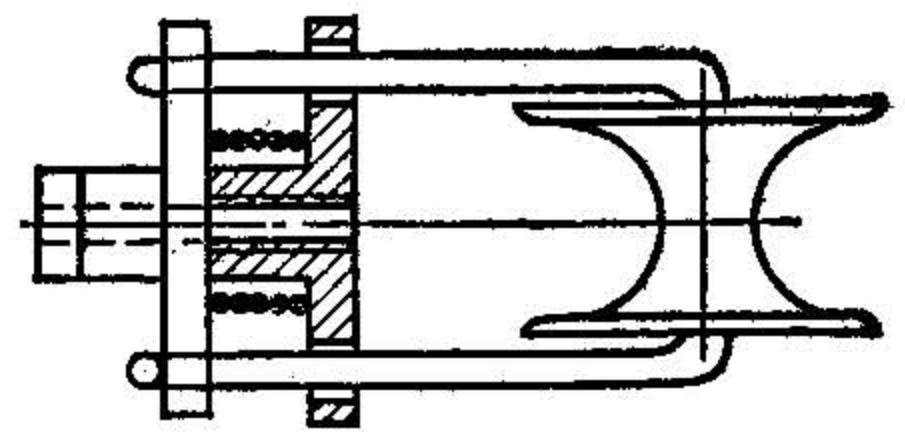


Рис. 11. Узел стопора

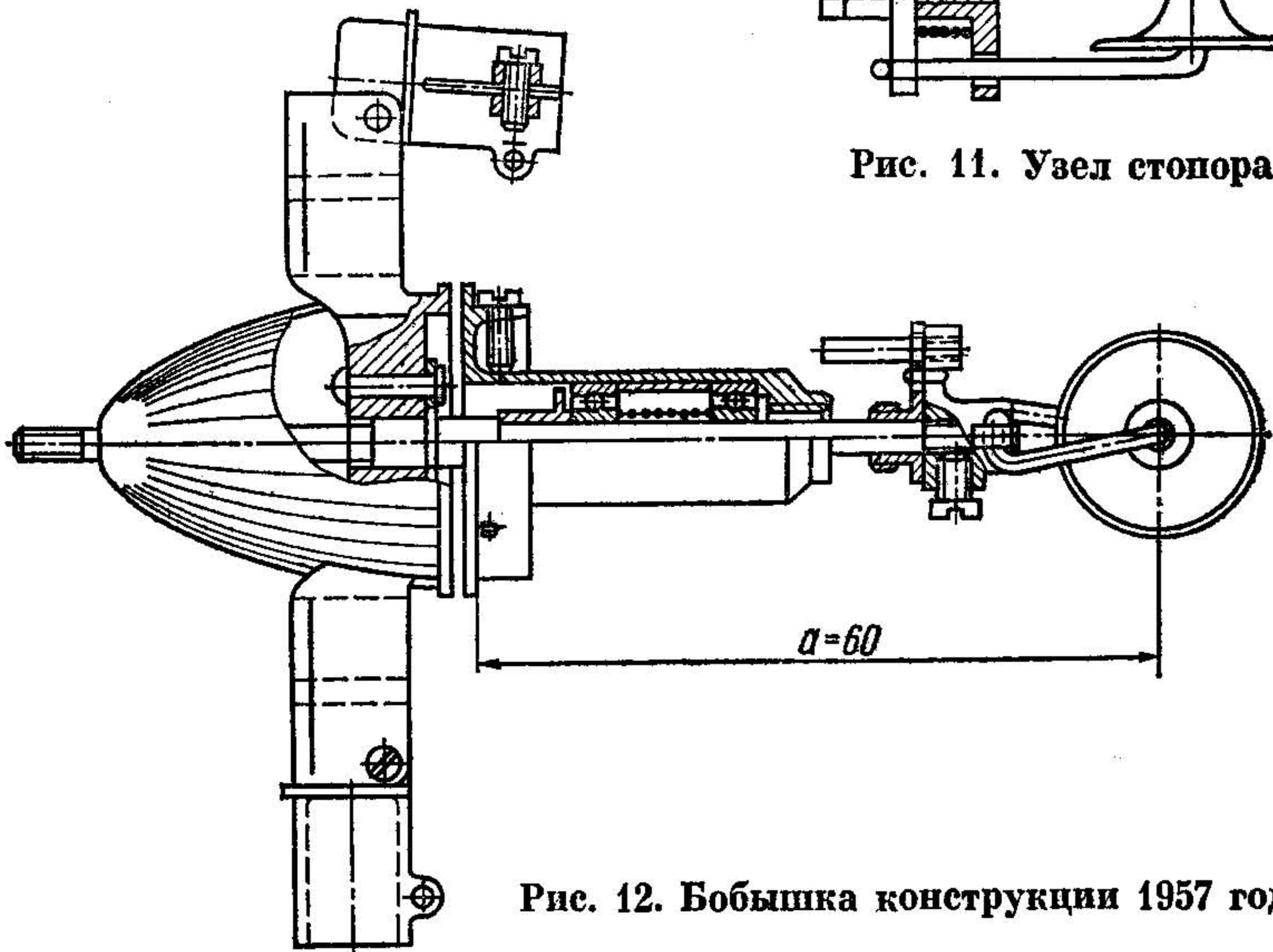


Рис. 12. Бобышка конструкции 1957 года

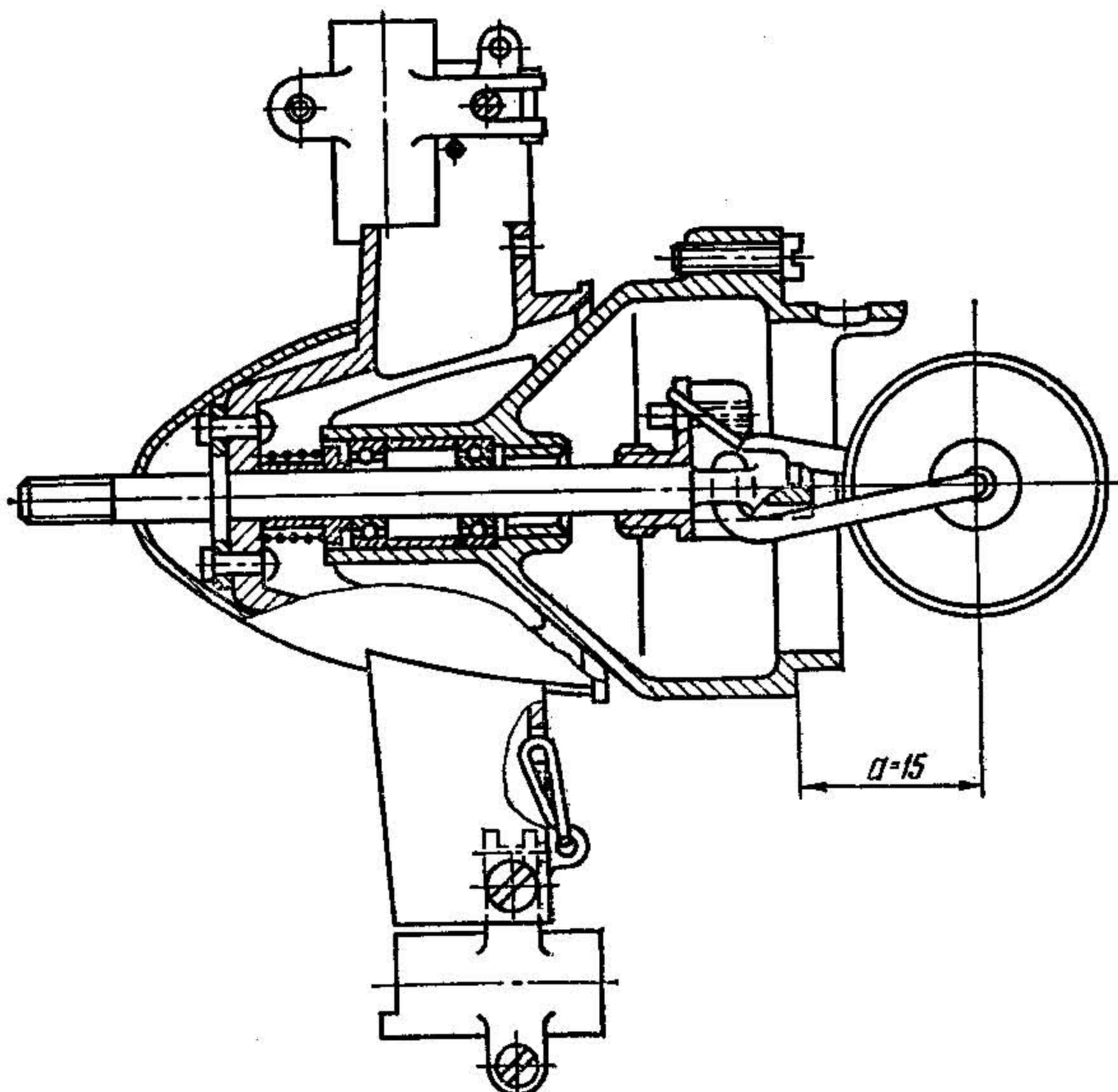


Рис. 13. Бобышка с жесткой ступицей и винтовым стопором

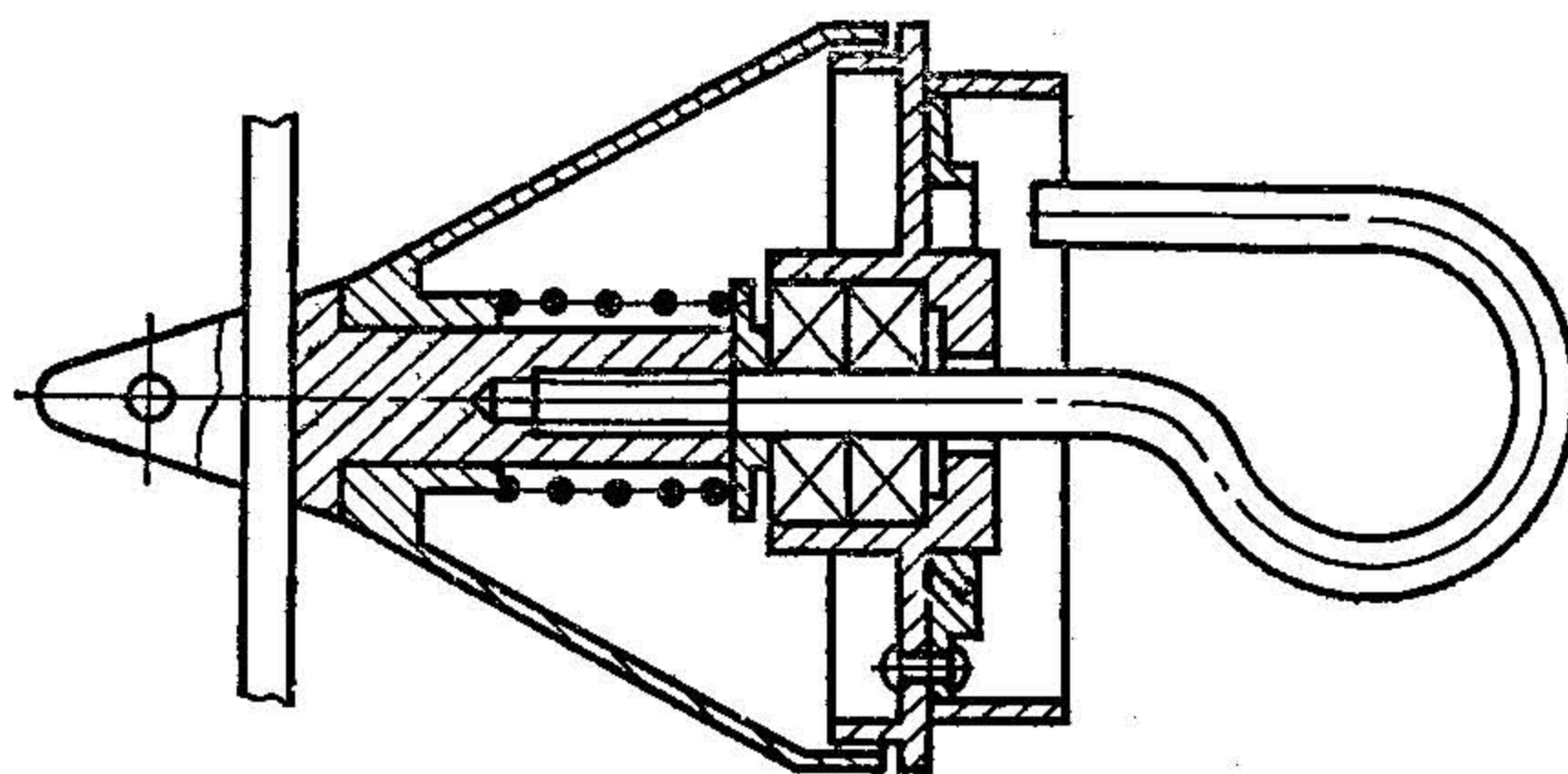


Рис. 14. Бобышка с разъемной ступицей

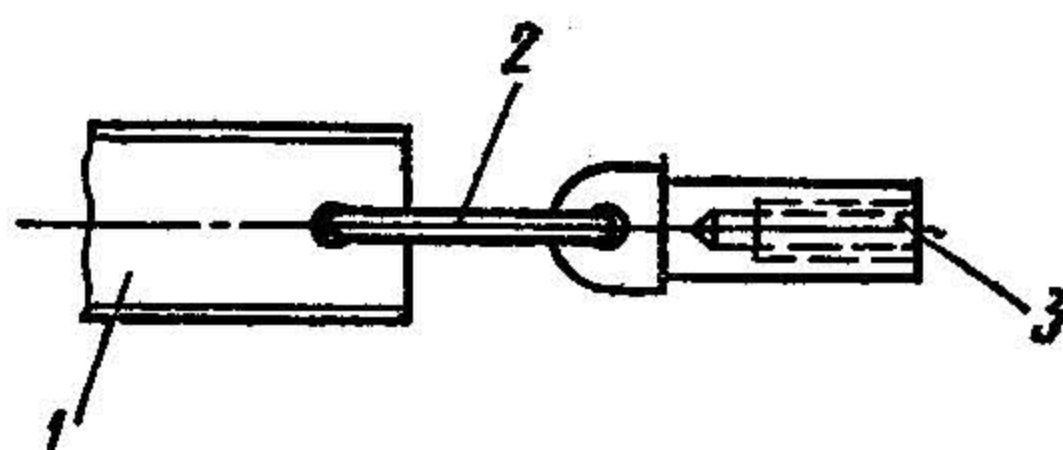


Рис. 15. Приспособление для закрутки резиномотора:

1 — шпиндель дрели; 2 — кольцо (ОВС-1,6); 3 — гайка заводная (ст, 45, калить HRC 30—35)

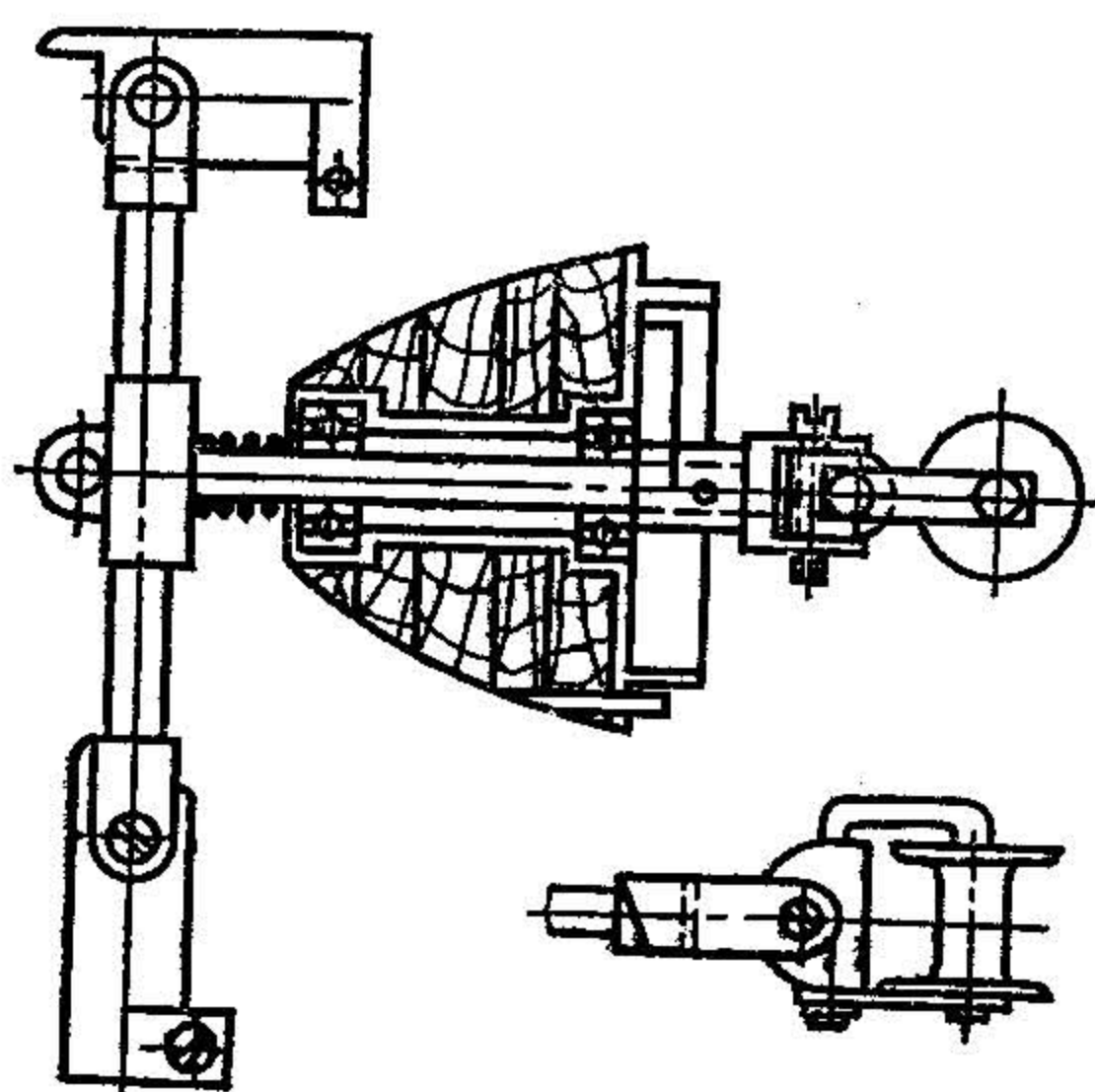


Рис. 16. Бобышка с подвеской ролика на шарнире Гука

ботано за одну установку, что обеспечивает соосность подшипников. Встречаются втулки с гнездами под подшипники, расточенными с двух установок (см. рис. 16).

Для удобства регулировки углов наклона оси винта (вниз, вправо) на втулке предусмотрены опорные точки под регулировочные винты, устанавливаемые на переднем шпангоуте фюзеляжа.

При экспериментировании с различными винтомоторными группами на одной модели регулировочные винты лучше расположить на втулке.

Применяемые ступицы можно разделить на два вида: жесткие (обычно фрезерованные, рис. 12 и 13) и упругие, выполняемые из пружинной проволоки (см. рис. 6). Упругие, как менее трудоемкие и в меньшей степени нагружающие вал винта при грубых посадках, получили наибольшее распространение. Обычно узел ступицы образует неразъемное соединение с валом винта (см. рис. 10), но встречаются и разъемные резьбовые соединения (рис. 14). Они менее надежны, ибо при стопорении возможно отвинчивание ступицы от вала. В результате — неправильное складывание лопастей и изменение траектории планирования.

Опыт показал, что валы воздушных винтов из проволоки ОВС диаметром 2 мм в результате грубых посадок деформируются. Выправить же вал в полевых условиях, особенно на неразъемной бобышке, трудно. Поэтому лучше применять 3-мм гнутые из проволоки или точеные валы. Более качественным получается точеный вал, но он более трудоемок. Передняя часть вала заканчивается узлом сочленения с приспособлением для закрутки резиномотора (рис. 14, 16). При резьбовом окончании вала на дрели вместо крючка укрепляют специальную гайку (рис. 15). Заднюю часть вала заканчивают ушком, на которое надевают хлорвиниловую трубку или ролик (см. рис. 14 и 6). В другом варианте прямое окончание вала соединяется со стопорным устройством резьбой или штифтом (см. рис. 6 и 16).

В целях снижения лобового сопротивления модели лопасти винта в конце моторного режима полета скла-

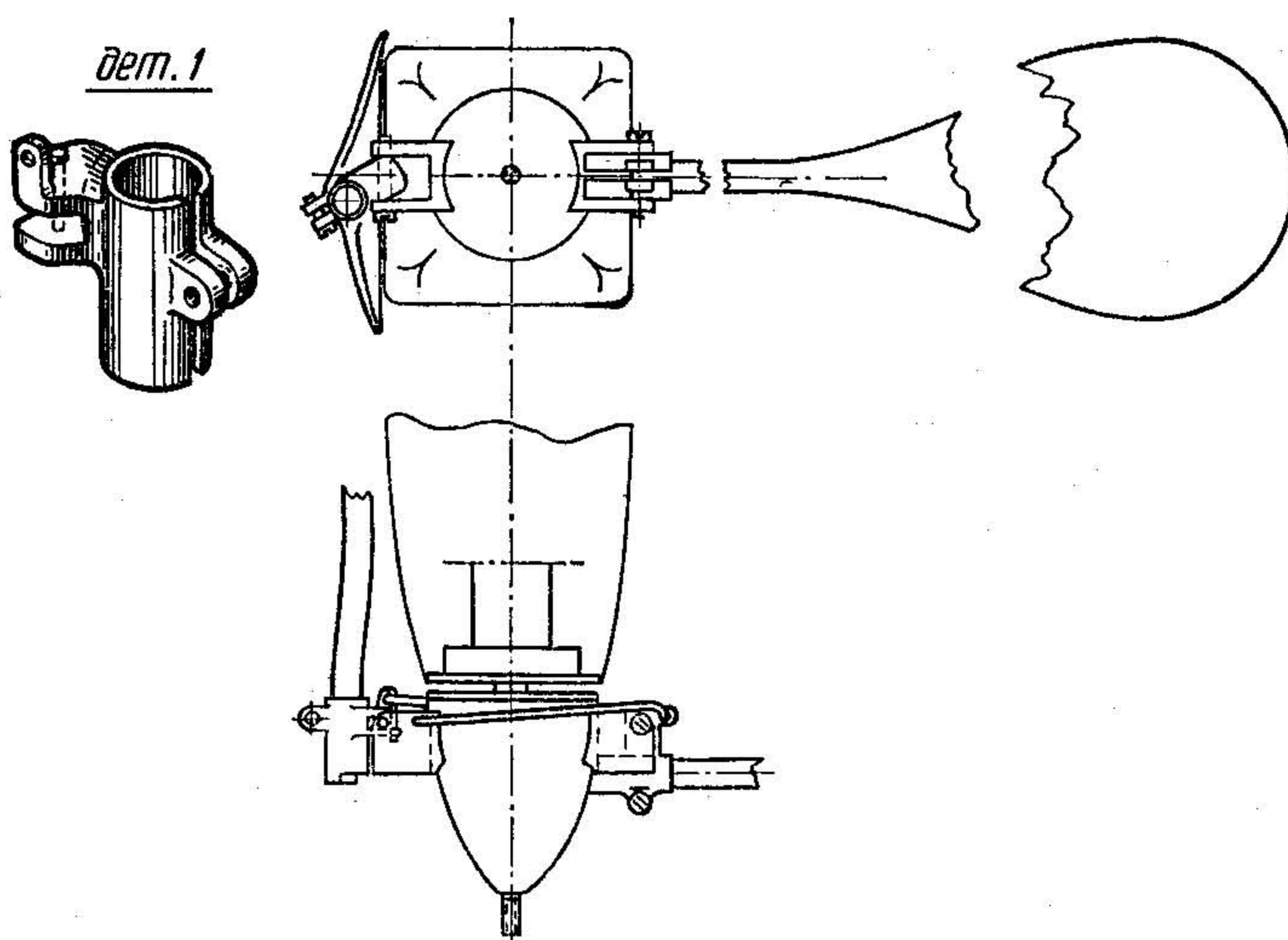


Рис. 17. Бобышка с качающимися втулками для лопастей

дываются, для чего лопасти соединяются со ступицей шарнирно. Это соединение, как правило, разъемное и позволяет в случае поломки лопастей заменить их в полевых условиях.

Такая конструкция упрощает регулировку шага винта. Это особенно важно при экспериментировании с винтомоторными группами. Лопасти винта складываются назад под воздействием воздушного потока и резиновых колец или пружин и прижимаются к фюзеляжу (рис. 16, 17). Вариант подвески, обеспечивающей определенный зазор между лопастью и фюзеляжем, приведен на рис. 6, 18, 20. В первом случае у фюзеляжа возникают завихрения, которые могут увеличить вредное сопротивление модели. Во втором случае между лопастью и фюзеляжем имеется зазор от 20 до 50 мм, что сказывается на путевой устойчивости.

Стремясь предельно уменьшить влияние сложенных лопастей на продольную и боковую устойчивость модели, усложняют конструкцию ступицы, обеспечивая качание лопастей. При этом сложенные лопасти занимают вертикальное положение и их горизонтальная проекция уменьшается (рис. 17 и 1, вид А).

Узел стопорения предназначен для прекращения вращения винта в момент приближения тяги к нулю и фиксации лопастей в сложенном положении. Если вовремя не сложить лопасти, то их сопротивление приведет к резкому снижению высоты полета, а произвольное их складывание сделает нестабильным режим планирования. Модель, нормально планирующая кругами со сложенными по бокам фюзеляжа лопастями, летит по прямой при горизонтальном расположении лопастей. Прямолинейное планирование приводит к продольному раскачиванию модели и существенному сокращению продолжительности полета.

В бобышке (см. рис. 6) стопорение винта происходит мгновенно и надежно в момент входа стопора в гнездо втулки под воздействием пружины. Нередко авиамоделисты применяют стопор, под воздействием которого сложенные лопасти совершают несколько колебаний вокруг фюзеляжа. Такого рода стопорение нежелательно. Обычно стопорение осуществляется с помощью пружины сжатия, усилие которой подбирается практически. В данной бобышке усилие пружины в рабочем положении равно 0,8 кгс, и после стопорения остаются нераскрученными семь-девять оборотов резиномотора.

Часто пружина устанавливается перед подшипниками (см. рис. 13). При этом вал винта перемещается вперед, что возможно при подвижной посадке вала в подшипниках. Однако зазор нежелателен, он порождает биение оси. Кроме того, выступающая часть вала увеличивается, что не выгодно для восприятия нагрузок. При этом возрастает также зазор между коком и втулкой, увеличивается сопротивление и возникает возможность загрязнения бобышки. Этот недостаток устранен в конструкции, показанной на рис. 14.

Узел стопорения, показанный на рис. 6, 11, лишен этих недостатков, но конструкция его более сложная.

До сих пор еще встречается винтовой стопор мгновенного действия (см. рис. 13). Однако при эксплуатации выявились недостатки. Во-первых, возможно стопорение в момент выпуска модели с толчком, а это неизбежно приводит к аварии (поломка лопастей). Кроме того, соприкасающиеся поверхности стопора и втулки в результате трения подвергаются износу, и при шаге

резьбы, равном 1 мм, износ даже в 0,01 мм меняет положение сложенных лопастей на $3,6^\circ$.

Принято уравнивать реактивный момент от винта поворотом оси в сторону вращения (вправо при правом винте). А на моделях с высокими пилонами (без механизмов перебалансировки) приходится наклонять вал винта еще и вниз. И наоборот, в схеме среднеплана вал отклоняют вверх. Если принять углы наклона вправо и вниз равными $1^\circ 30'$, то угол, образованный осью винта и строительной горизонталью фюзеляжа, будет равен примерно 2° .

Рассмотрим две бобышки (см. рис. 12 и 13). У первой точка подвески резиномотора удалена от торца фюзеляжа на 60 мм, а у второй на 15 мм. При наклоне оси в 2° точка подвески двигателя сместится от оси фюзеляжа в первом случае на 2 мм, а во втором на 0,5 мм. Таким образом, при прочих равных условиях во втором случае внутренний диаметр фюзеляжа можно сделать меньше на 3 мм. В этом основное преимущество короткой бобышки.

Разнообразно конструктивное оформление элемента подвески резиномотора: от простейших крючков до сложного шарнира Гука (см. рис. 16).

Простой на вид крючок не так уж легко согнуть из 3-мм проволоки ОВС. Часть крючка, сопрягающаяся с двигателем, должна быть совершенно гладкой и симметричной оси вала. Асимметрия вызовет биение двигателя. Однако правильно согнутый крючок из 2-мм проволоки ОВС тоже порождает биение из-за недостатка жесткости. Еще сложнее согнуть крючок Z-образный (см. рис. 20, вид А). В этом случае резиноmotor в месте подвески раздваивается, что создает благоприятные условия для работы резиновых нитей на крючке.

Идеальным соединением при передаче вращения для двух пересекающихся жестких осей является шарнир Гука. Но в данном случае достаточно изготовить подвеску ролика, изображенную на рис. 6.

На рис. 33 изображен шарнирно подвешенный двойной открытый ролик, выполняющий функции крючка.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПОТОЛКА ВЫСОТЫ ПОЛЕТА МОДЕЛИ

Достигнуть наибольшей высоты возможно лишь при условии эффективной работы воздушного винта.

Эту задачу легче решить при постоянстве моторного режима. На резиномоторной модели крутящий момент ($M_{кр}$) двигателя, обороты и тяга все время меняются. При этом скорость модели, особенно в начальной стадии полета,— не установившаяся, что не позволяет выдержать относительную поступь винта $\lambda = \frac{v}{n_c D}$ в диапазоне наивысшего КПД.

Обычно нормальный режим полета обеспечивается наклоном оси винта вниз, что влечет некоторую потерю высоты по сравнению с теоретически возможной. Применение перебалансировки модели, особенно функционально связанной с $M_{кр}$ мотора, более рационально, но ее недостаток — увеличение скорости полета, которая накладывает ряд ограничений на конструкцию модели. Как же полностью использовать преимущества автоматизации моторного полета?

Рассмотрим начальную стадию моторного полета, примерно первые семь секунд раскрутки двигателя, за которые расходуется около 40% энергии резиномотора.

1-й вариант — модель с винтом фиксированного диаметра (ВФД) и с изменяемым шагом (ВИШ). В начальной стадии полета, как правило, диаметр винта не соответствует $M_{кр}$ мотора. Он меньше необходимого. Это приводит к увеличению оборотов, росту тяги и скорости полета. При удачном подборе V , n_c и D можно получить наивыгоднейшее значение λ , но скорость модели при этом превысит оптимальное ее значение, равное примерно 4,5 м/с [5]. А это приводит к некоторым потерям. Так как диаметр винта постоянен и подобран для среднего значения $M_{кр}$, то улучшение качеств моторного полета возможно за счет изменения шага винта. Обычно в начальной стадии полета требуется больший шаг, чтобы сохранить эффективные углы атаки винта (α). Такого рода ВИШ применяют некоторые ведущие спортсмены, например, Бела Манин (рис. 18 [9]), Иоахим Лефлер (рис. 19 [12, 16]), В. Н. Матвеев (рис. 20).

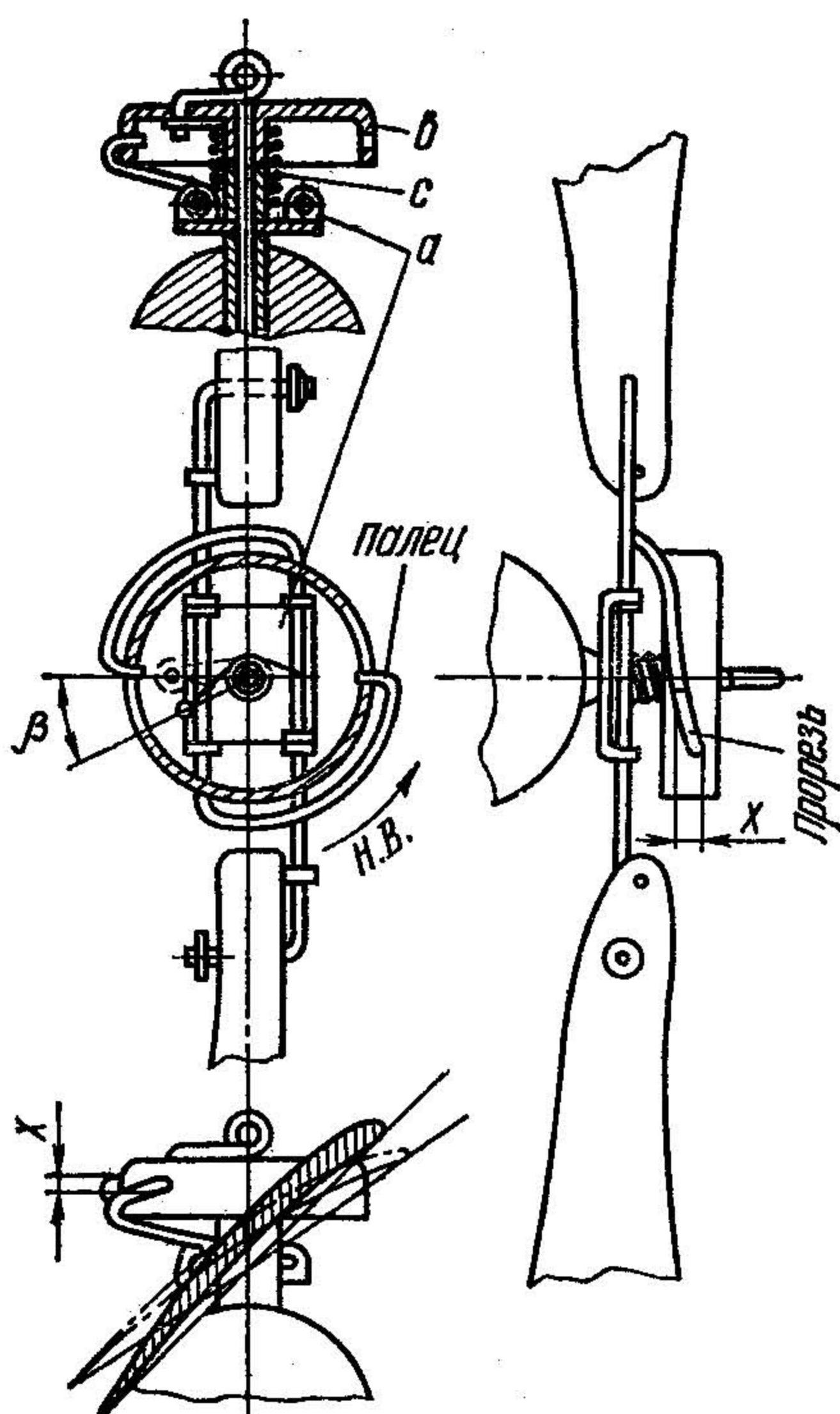


Рис. 18. ВИШ конструкции
Бела Мани

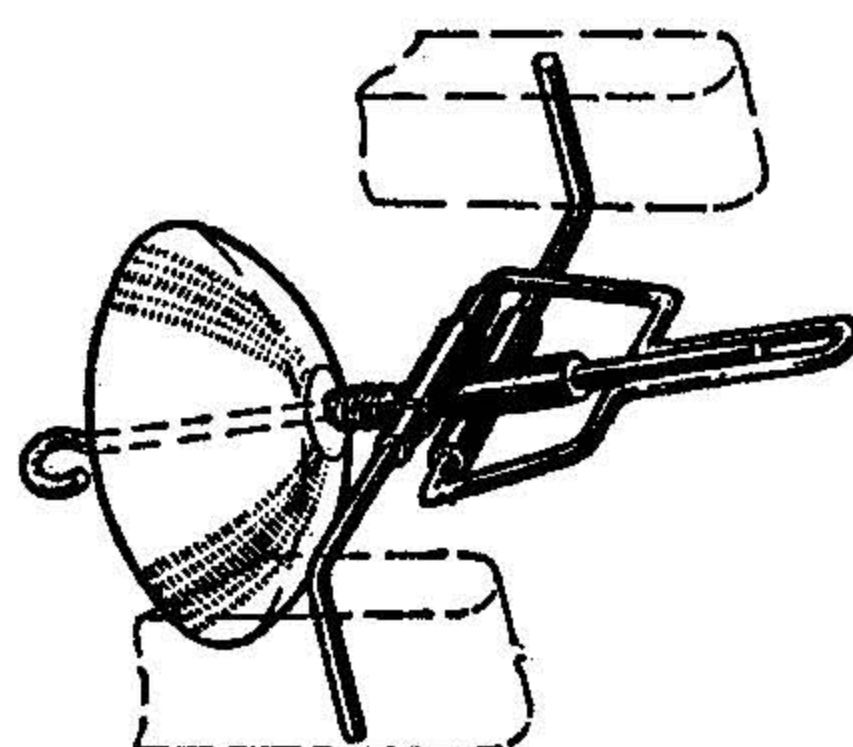


Рис. 19. ВИШ конструк-
ции Иоахима Лефлера

2-й вариант — модель с винтом изменяемого диаметра (ВИД). Если автоматически менять диаметр винта с $D_{\text{макс}}$ до $D_{\text{мин}}$ в процессе раскрутки резиномотора, то в начальной стадии, при большом диаметре винта, обороты будут относительно меньше, что может привести к уменьшению тяги (см. табл. 2 и 3 раздела «Винт изменяемого диаметра»). Скорость понизится, а регулировка модели облегчится. Сэкономленная энергия резиномотора использована в дальнейшем. Но в этом случае желательно увеличение шага в начале полета.

Для резиномоторных моделей существует оптимальный угол (Θ), при котором достигается наибольшая

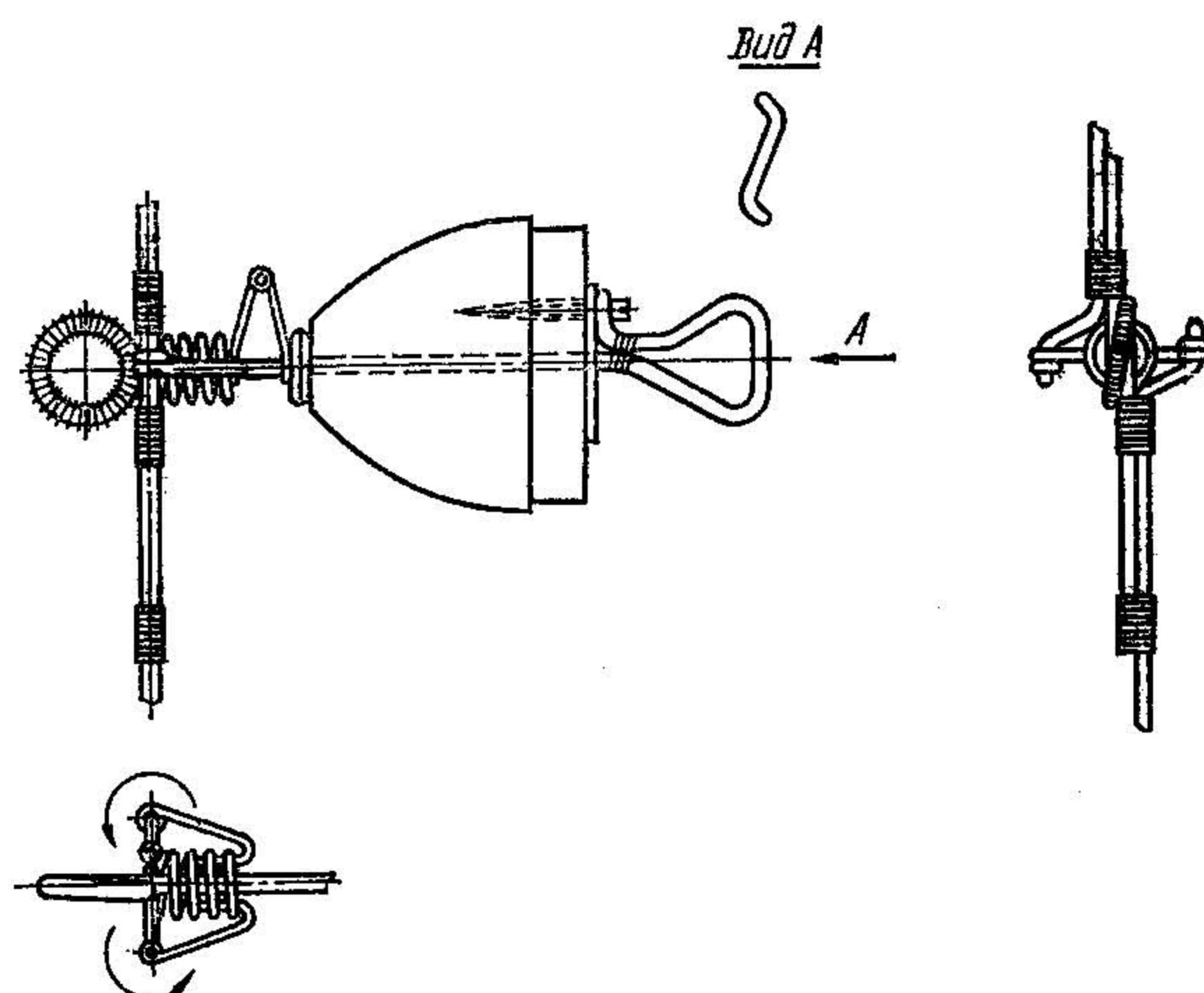


Рис. 20. ВИШ конструкции В. Н. Матвеева

высота (подробней см. с. 26 книги Э. П. Смирнова [5], где приводится $\Theta_{\text{опт}} = 10\text{—}20^\circ$). Этот угол подъема не постоянен, а изменяется с 45° до 0° . Данные получены расчетным путем, и их не следует смешивать с углами подъема в реальных условиях.

Уменьшение разброса тяг во времени вызовет сокращение диапазона изменения углов подъема, и углы подъема резиноmotorной модели с ВИД приблизятся к оптимальным.

3-й вариант — модель с ВФД и оптимальным механизмом перебалансировки, т. е. с автоматом, работающим от крутящего момента резиноmotorа и воздействующим на угол установки крыла (см. рис. 39, 40).

Изменением угла атаки крыла путем его перекладки достигается почти полное совпадение оси фюзеляжа с направлением скорости, что снижает сопротивление модели на всех режимах полета.

Если правильно замерять воздушную скорость модели, обороты винта и изменение диаметра винта в полете, то можно получить данные для проектирования перечисленных механизмов. Замеряя тягу винта на модели и крутящий момент резиноmotorа, можно построить характеристики винта α , $\beta = f(\lambda)$ и найти про-

изводные зависимости (см. рис. 23), что позволит правильно спроектировать модель. Рассмотрим зависимости:

$$\chi = f(\lambda) \text{ и } \eta = f(\lambda),$$

где α — коэффициент тяги определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{p}{\rho n_c^2 D^4};$$

$$\beta \text{ — } \quad \quad \quad \text{мощности} \quad \quad \quad \beta = \frac{2\pi M}{\rho n_c^2 D^5};$$

$$\chi \text{ — } \quad \quad \quad \text{момента} \quad \quad \quad \chi = \frac{\beta}{2\pi};$$

$$\eta \text{ — } \quad \quad \quad \text{полезного действия}$$

$$\eta = \frac{PV}{2\pi M n_c} \text{ или } \eta = \frac{\alpha}{\beta} \lambda,$$

Высота полета модели зависит в основном от энерговооруженности, т. е. от отношения веса резиномотора (G_d) к весу модели (G_m) $\frac{G_d}{G_m}$ и от КПД винта.

Так как вес модели выдерживают в пределах установленного минимума, то потолок модели при прочих равных условиях зависит от мощности, развиваемой винтом, и времени работы двигателя.

Связь между этими параметрами следующая:

$$N_v = N_d \eta,$$

где N_v — мощность винта;

N_d — мощность двигателя;

η — КПД винта.

Из приведенной формулы следует, что потолок модели можно поднять, повышая мощность двигателя, КПД винта и продолжительность работы резинового мотора. Мощность резиномотора в процессе раскрутки постоянно меняется, так как она зависит от крутящего момента и оборотов, которые во времени непостоянны (рис. 21).

$$N_d = \frac{Mn}{716,2} [\text{л. с.}],$$

где M — крутящий момент двигателя (кгсм);

n — число оборотов в минуту;

716,2 — постоянная величина.

Рассмотрим процесс подбора диаметра винта (D). Большинство авиамоделистов применяет винты фиксированного диаметра (ВФД). Диаметр, как правило, подбирают по среднему крутящему моменту и средним оборотам ($M_{\text{ср}}, n_{\text{ср}}$), т. е. по средней мощности.

Как же это сказывается на работе винта? Вначале винт из-за избытка мощности двигателя становится легким и раскручивается быстрее. В конце раскрутки, из-за падения крутящего момента резиномотора, винт становится тяжелым и его обороты падают (рис. 22, кривая $n_c = f(t)$ для ВФД).

Мощность двигателя, необходимая для полета модели, может быть представлена как

$$N_d = \frac{Pv}{75\eta} \text{ [л. с.]},$$

где P — тяга винта (кгс);

v — скорость полета модели (м/с).

А тягу можно выразить так:

$$P = \alpha \rho n_c^2 D^4 \text{ [кгс]},$$

где α — опытный коэффициент, зависящий от формы и числа лопастей, от относительного шага h и характеристики режима λ :

$$\alpha = f(\lambda), \quad \lambda = \frac{v}{n_c D};$$

ρ — массовая плотность воздуха = 0,125; $\frac{\text{кгс} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$;

n_c — обороты винта в секунду;

λ — относительная поступь винта;

D — диаметр винта, м.

Диаметр ВИД подбирается с учетом изменения мощности двигателя. В начальной стадии раскрутки резиномотора диаметр ВИД больше диаметра ВФД, а в конечной стадии меньше. При этом вначале обороты ВИД меньше, а в конце больше оборотов ВФД. Практически у ВФД обороты меняются от 19 до 7,5 об/с, а у ВИД — от 16 до 8 об/с в начале и конце раскрутки резиномотора.

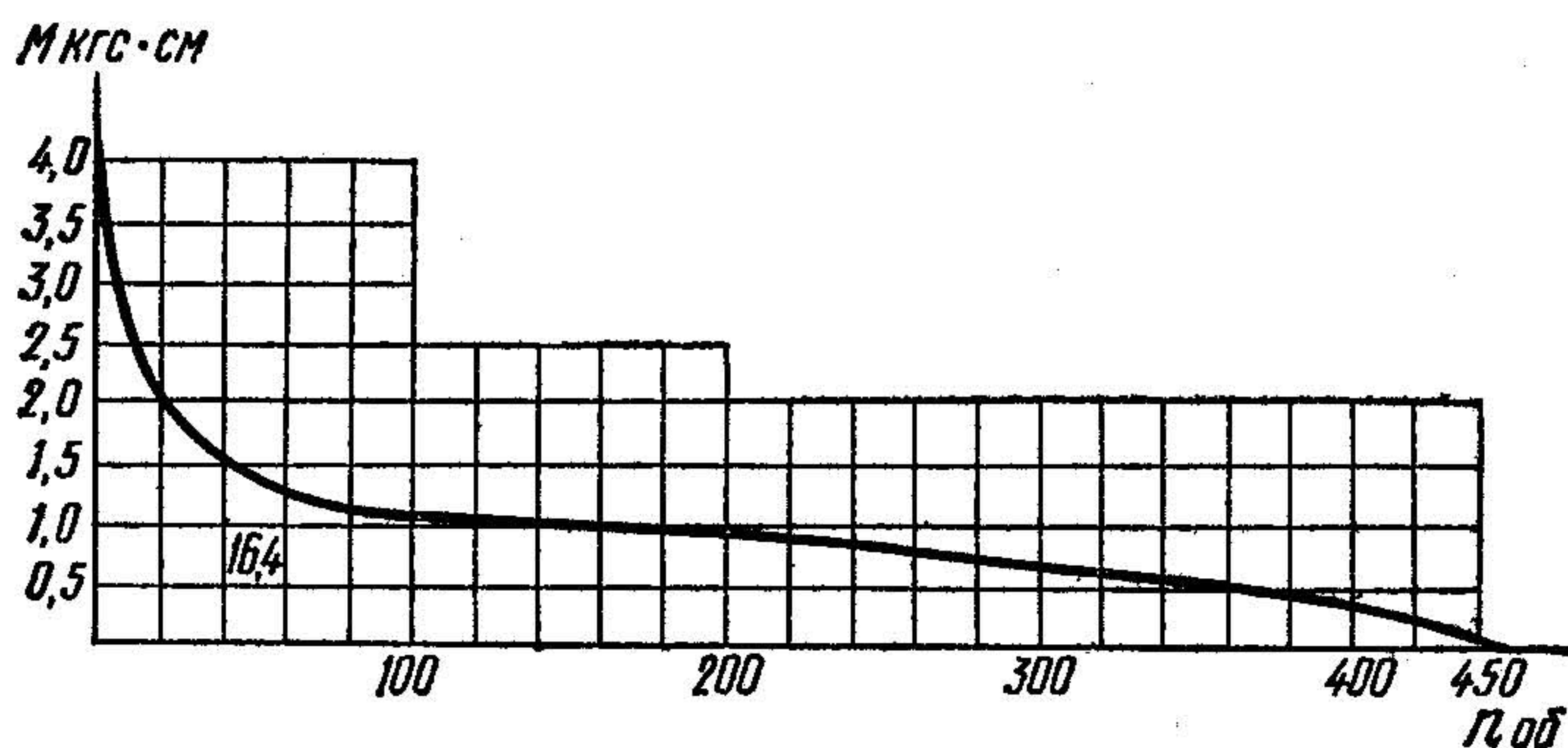


Рис. 21. Диаграмма раскручивания резиномотора:
 $M-f(t)$ — (падение момента по раскручиванию). Вес двигателя — 40 гс. Сеч. $0,72 \text{ cm}^2$ (12 ниток 1×6), трехкратная вытяжка

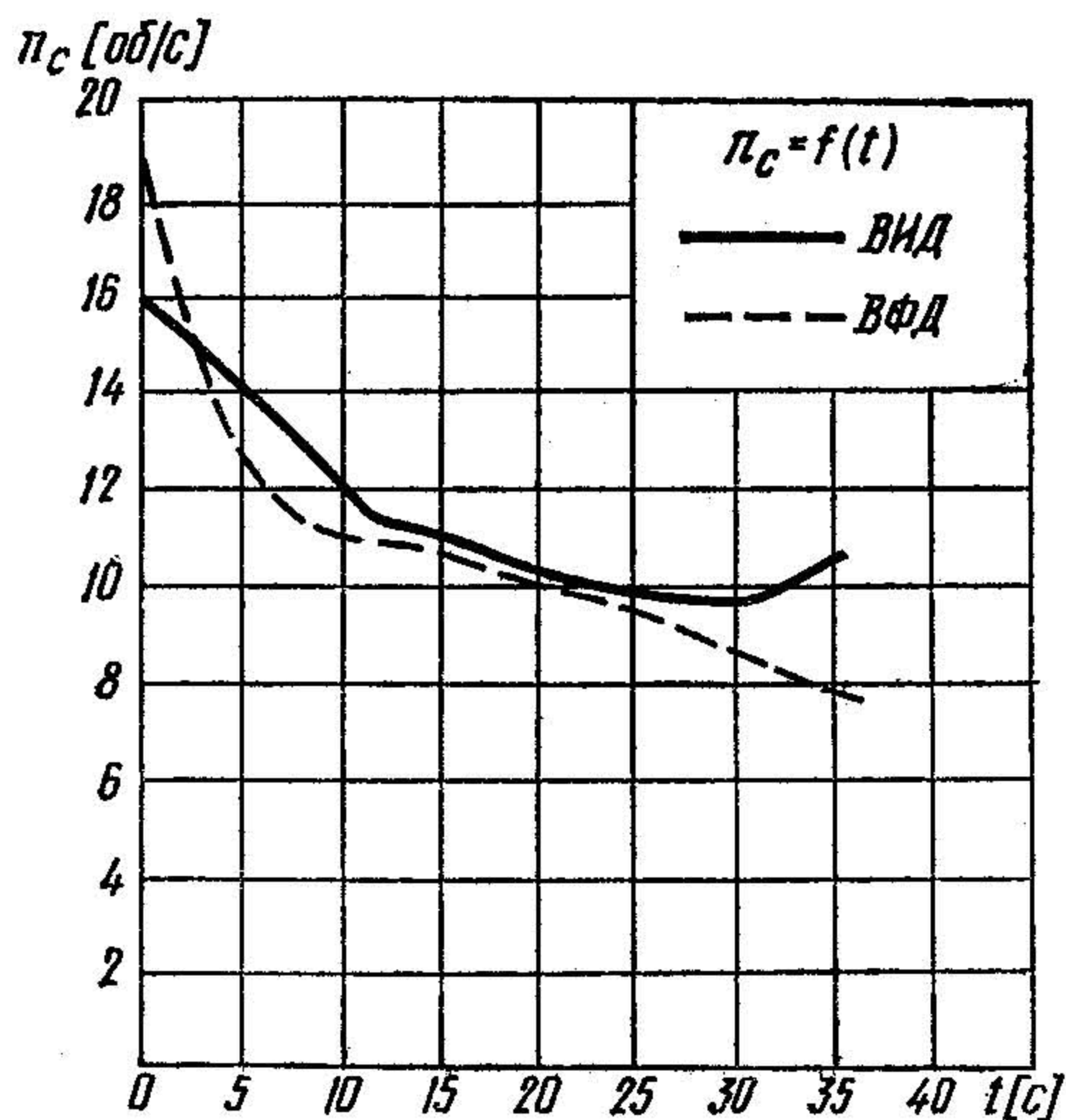


Рис. 22. График изменения оборотов во времени

При этом можно обеспечить относительное уменьшение тяги в начальный момент, избыток которой заставляет обычно наклонять ось винта вниз. ВИД позволяет этот наклон уменьшить. С другой стороны, уменьшение диапазона оборотов может дать некоторый прирост коэффициента полезного действия у ВИД по сравнению с ВФД.

Теперь перейдем к количественной оценке ВИД и ВФД. Начнем с определения тяги в каждую секунду работы винта (см. табл. 2 на с. 33, P^{**}).

Тяга определяется по формуле:

$$P = \alpha \rho n_c^2 D^4.$$

Коэффициент α берем с рис. 23, на котором даны характеристики двухлопастного винта с профилем CLARK Y, относительной толщиной 8% и относительным шагом $h = 1,35$ [6].

Коэффициент покрытия указанного винта в два раза больше коэффициента покрытия экспериментального винта.

Коэффициент покрытия винта выражается:

$$\sigma = \frac{K \cdot b_{\text{макс}}}{D},$$

где K — число лопастей;

$b_{\text{макс}}$ — максимальная ширина лопасти.

Чем меньше σ , тем выше КПД.

Для ВИД n_c — секундные обороты и D — значение диаметра винта берем с графика раскрутки винта $D = f(t)$ и $n_c = f(t)$, полученного на стенде (рис. 24).

Для ВФД n_c берется с соответствующего графика раскрутки винта $n_c = f(t)$.

РАСЧЕТ ЛЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Время полета модели складывается из времени моторного полета и времени планирования:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{м. п}} + t_{\text{п. п.}}$$

Принимаем аэродинамическое качество модели $K_{\text{мод}} = 10$; вес модели $G_{\text{м}} = 0,230$ кгс и вертикаль-

ную скорость планирования $V_{\text{упл.}} = 0,5 \text{ м/с}$ (при $C_y = 0,98$). Располагаемая мощность N_p расходуется на горизонтальный полет ($N_{\text{гор}}$) и набор высоты.

1. Из условия равновесия сил в горизонтальном полете лобовое сопротивление будет равно:

$$Q = \frac{G_m}{K_{\text{мод}}} = \frac{0,23}{10} = 0,023 \text{ кгс.}$$

2. Отсюда мощность, необходимая для горизонтального полета, будет:

$$N_{\text{гор}} = \frac{Qv}{75} = \frac{0,023 \cdot 5}{75} = 0,00153 \text{ л. с.}$$

3. Определяем располагаемую мощность, развиваемую винтом:

$$N_p = \frac{Pv}{75} = \frac{5}{75} P = 0,067P.$$

4. Избыток мощности, расходуемый для набора высоты, подсчитываем по формуле:

$$N_{\text{изб}} = N_p - N_{\text{гор}}.$$

5. Затем определяем скорость набора высоты:

$$v_y = \frac{75 \cdot N_{\text{изб}}}{0,23} \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] \quad v_y = 326 \cdot N_{\text{изб}}.$$

6. Потолок модели будет равняться:

$$H = \sum_i H_i = \sum_i (t_i v_{yi}),$$

где H_i — высота, набранная моделью в определенную (i) секунду полета;

v_{yi} — скорость набора высоты в определенную секунду полета;

t_i — определенная секунда полета.

Расчеты для ВИД приведены в табл. 2, а для ВФД — в табл. 3.

Из табл. 2 берем время работы мотора ($t_{\text{м.п}}$) и потолок модели (H):

$$t_{\text{мп}} = 36 \text{ с, } H = 80,24 \text{ м,}$$

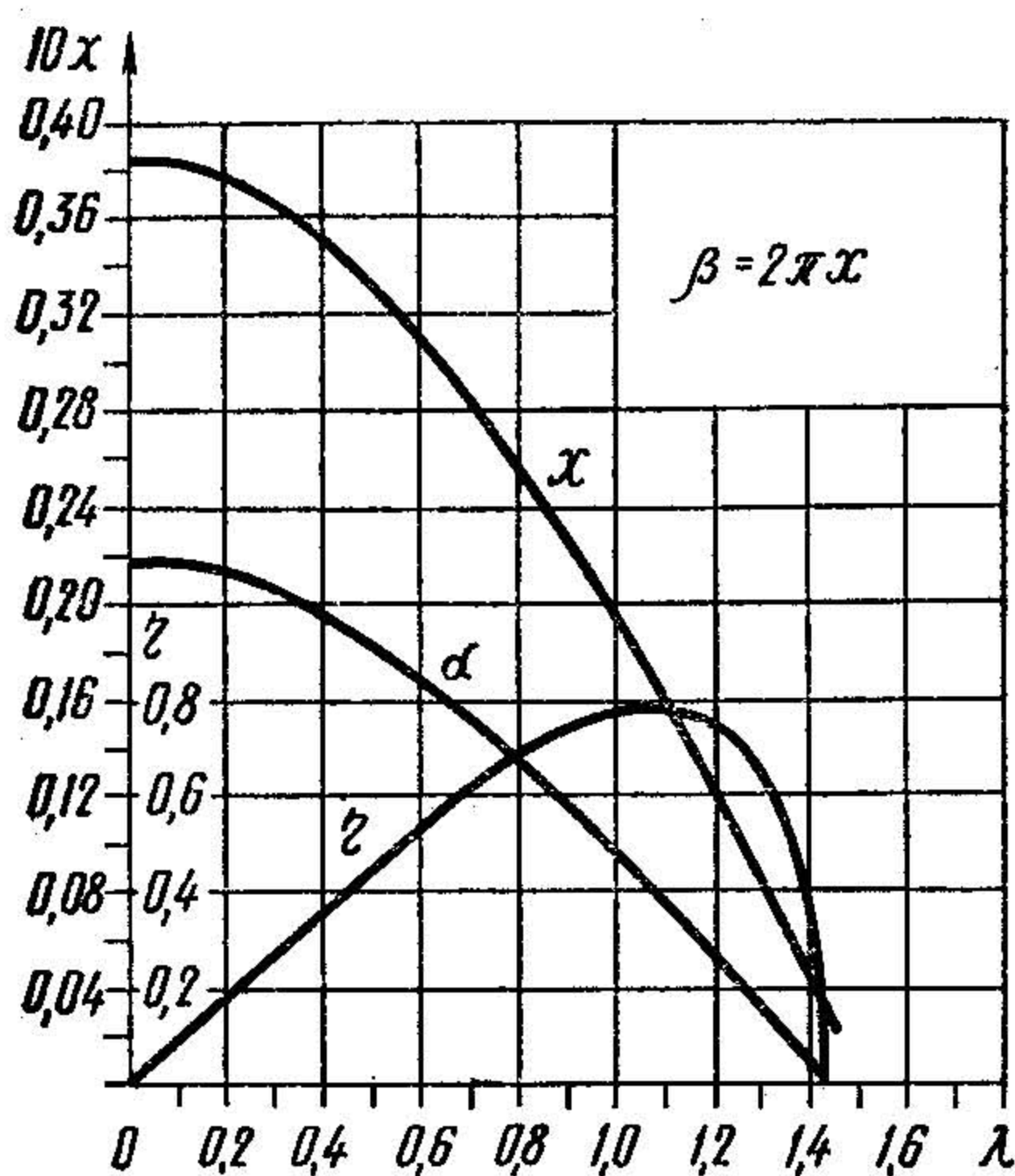


Рис. 23. Характеристики двухлопастного авиамодельного винта

(из книги М. Хорейши «Аэродинамика летающих моделей»)

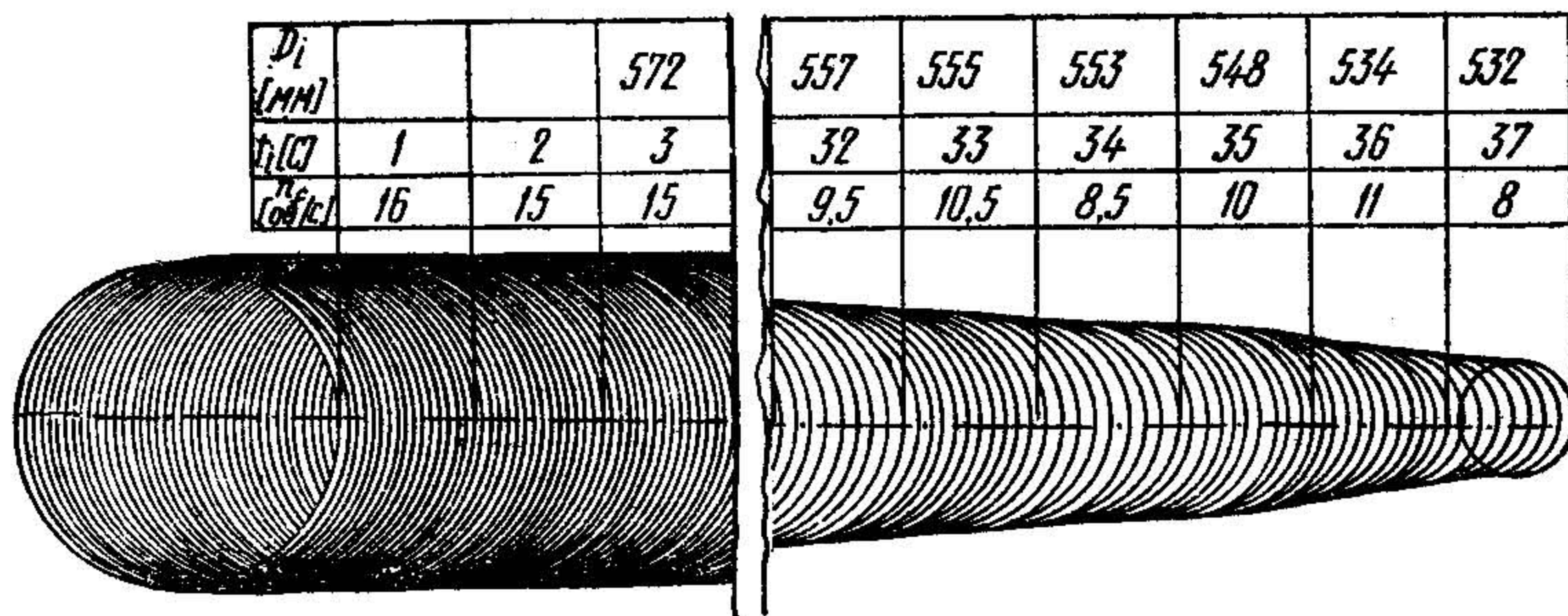


Рис. 24. График раскрутки резиномотора

а также продолжительность:

$$t_{n_{\text{ВИД}}} = t_{\text{м. п}} + t_{\text{п. п}} = t_{\text{м. п}} + \frac{H}{v_{\text{пл.}}} = 36 + \frac{80,24}{0,5} = 201 \text{ с.}$$

Из табл. 3 берем время работы мотора $t_{\text{м. п}} = 36$ с и потолок модели $H = 57,18$ м:

$$t_{n_{\text{ВФД}}} = 36 + \frac{57,18}{0,5} = 150 \text{ с.}$$

Таблица 2

ВИНТ ИЗМЕНЯЕМОГО ДИАМЕТРА (ВИД)

Принимаем $V = 5$ м/с

t_i [с]	n_{c_i} [об/с]	D_i [м]	λ_i	α_i	P_i^* [кгс]	P_i^{**} [кгс]	N_{pi} [л. с.]	$N_{изб_i}$ [л. с.]	V_{y_i} [м/с]
1	16	0,572	0,547	0,177	0,610	0,305	0,02070	0,01917	6,27
2	16	0,572	0,583	0,170	0,513	0,256	0,01715	0,01562	5,09
3	15	0,572	0,583	0,170	0,513	0,256	0,01715	0,01562	5,09
4	15	0,572	0,583	0,170	0,513	0,256	0,01715	0,01562	5,09
5	14	0,572	0,62	0,164	0,430	0,215	0,01440	0,01287	4,20
6	14	0,572	0,62	0,164	0,430	0,215	0,01440	0,01287	4,20
7	14	0,5715	0,622	0,163	0,428	0,214	0,01433	0,01267	4,20
8	14	0,571	0,626	0,163	0,423	0,211	0,01420	0,01012	4,15
9	13	0,571	0,674	0,155	0,348	0,174	0,01165	0,00897	3,30
10	12,5	0,571	0,700	0,151	0,314	0,157	0,01050	0,00787	2,92
11	12	0,571	0,73	0,146	0,280	0,140	0,00940	0,00671	2,56
12	11,5	0,5705	0,776	0,141	0,246	0,123	0,00824	0,00563	2,29
13	11	0,570	0,797	0,134	0,214	0,107	0,00716	0,00563	1,84
14	11	0,5695	0,800	0,133	0,213	0,107	0,00716	0,00563	1,84
15	10,5	0,569	0,837	0,127	0,183	0,091	0,00610	0,00457	1,52
16	12	0,569	0,733	0,145	0,174	0,087	0,00583	0,00430	1,40
17	12	0,569	0,733	0,145	0,174	0,087	0,00583	0,00430	1,40
18	10,5	0,5685	0,835	0,127	0,183	0,091	0,00610	0,00457	1,52
19	10,5	0,568	0,84	0,126	0,180	0,090	0,00603	0,00450	1,47
20	10,5	0,568	0,84	0,126	0,180	0,090	0,00603	0,00450	1,47
21	10,5	0,568	0,84	0,126	0,180	0,090	0,00603	0,00450	1,47
22	10	0,567	0,883	0,118	0,153	0,076	0,00509	0,00356	1,16
23	10	0,567	0,883	0,118	0,153	0,076	0,00509	0,00356	1,16
24	10	0,5665	0,883	0,118	0,153	0,076	0,00509	0,00356	1,16
25	10	0,566	0,883	0,118	0,153	0,076	0,00509	0,00356	1,16
26	10	0,566	0,883	0,118	0,153	0,076	0,00509	0,00356	1,16
27	9,5	0,5655	0,93	0,110	0,127	0,063	0,00422	0,00269	0,88
28	9,5	0,5655	0,93	0,110	0,127	0,063	0,00422	0,00269	0,88
29	10	0,5645	0,885	0,118	0,150	0,075	0,00503	0,00350	1,14
30	10	0,5635	0,887	0,117	0,148	0,074	0,00496	0,00343	1,12
31	9,5	0,561	0,94	0,118	0,201	0,100	0,00670	0,00517	1,67
32	9,5	0,557	0,946	0,117	0,184	0,092	0,00616	0,00463	1,51
33	10	0,555	0,857	0,123	0,162	0,081	0,00543	0,00390	1,27
34	8,5	0,553	1,06	0,095	0,106	0,053	0,00355	0,00202	0,66
35	10	0,548	0,91	0,113	0,127	0,063	0,00422	0,00269	0,88
36	11	0,534	0,85	0,124	0,151	0,075	0,00503	0,00350	1,14
37	8	0,532	1,18	0,056	0,030	0,015	0,00100		

 $H = 80,24$ м P^* — тяга винта, приведенного в книге М. Хорейши. P^{**} — тяга экспериментального винта.

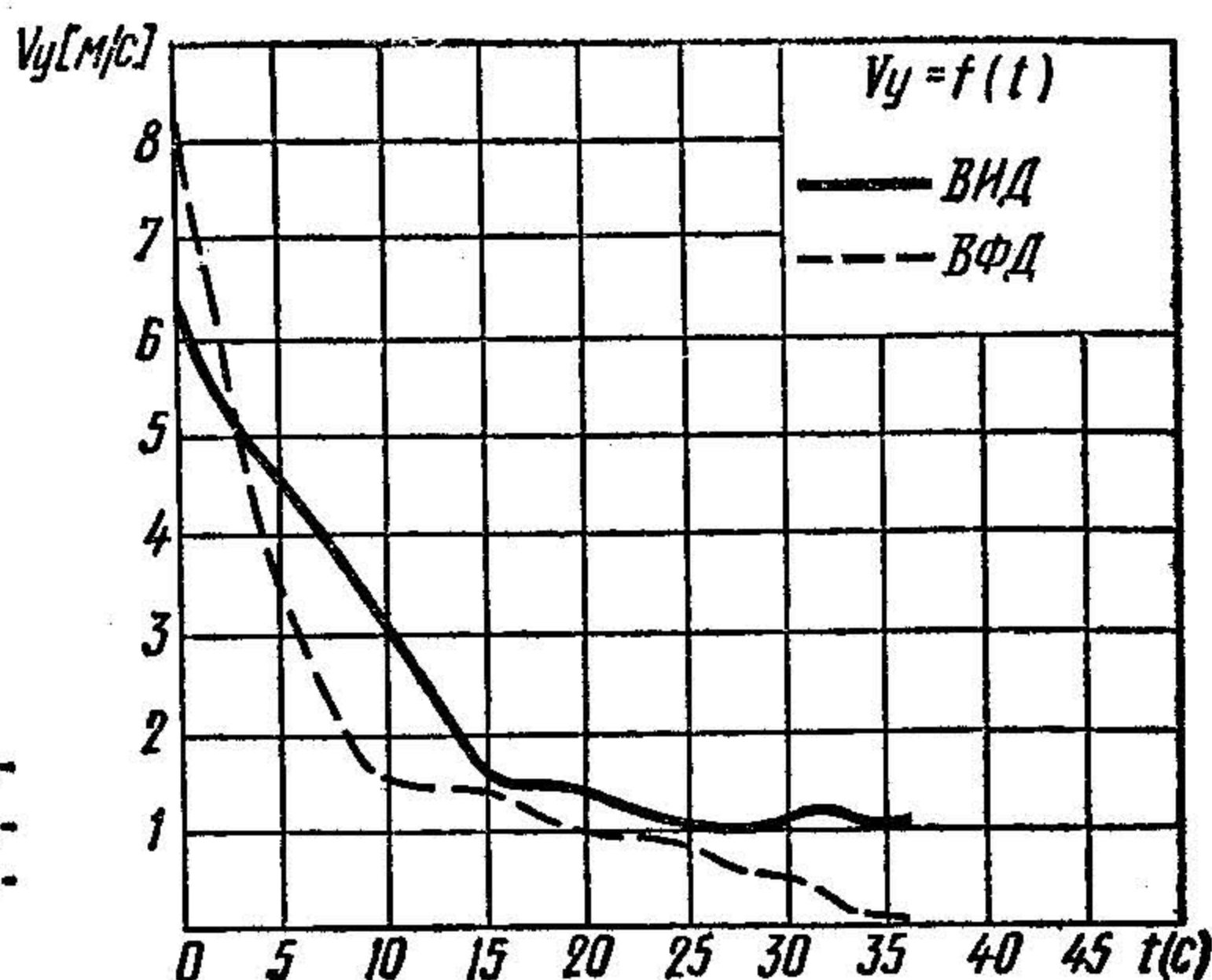
ВИНТ ФИКСИРУЕМОГО ДИАМЕТРА (ВФД)

Принимаем $V = 5$ м/с, $D = 0,555$ м

t_i [с]	n_{c_i} [об/с]	λ_i	α_i	P_i^* [кгс]	P_i^{**} [кгс]	N_{P_i} [л. с.]	$N_{изб_i}$ [л. с.]	V_{y_i} [м/с]
1	19	0,476	0,186	0,795	0,3975	0,02660	0,02507	8,19
2	15	0,600	0,168	0,447	0,2235	0,01495	0,01342	4,37
3	15	0,600	0,168	0,447	0,2235	0,01495	0,01342	4,37
4	15	0,600	0,168	0,447	0,2235	0,01495	0,01342	4,37
5	13	0,693	0,151	0,320	0,1600	0,01070	0,00917	3,0
6	13	0,693	0,151	0,320	0,1600	0,01070	0,00917	3,0
7	12	0,750	0,142	0,243	0,1215	0,00810	0,00657	2,15
8	12	0,750	0,142	0,243	0,1215	0,00810	0,00657	2,15
9	11	0,818	0,130	0,187	0,0935	0,00626	0,00473	1,55
10	11	0,818	0,130	0,187	0,0935	0,00626	0,00473	1,55
11	11	0,818	0,130	0,187	0,0935	0,00626	0,00473	1,55
12	11	0,818	0,130	0,187	0,0935	0,00626	0,00473	1,55
13	11	0,818	0,130	0,187	0,0935	0,00626	0,00473	1,55
14	11	0,818	0,130	0,187	0,0935	0,00626	0,00473	1,55
15	11	0,818	0,130	0,187	0,0935	0,00626	0,00473	1,55
16	11	0,818	0,130	0,187	0,0935	0,00626	0,00473	1,55
17	10,5	0,858	0,123	0,163	0,0815	0,00543	0,00390	1,27
18	10	0,900	0,115	0,1365	0,0682	0,00456	0,00303	0,99
19	10	0,900	0,115	0,1365	0,0682	0,00456	0,00303	0,99
20	10	0,900	0,115	0,1365	0,0682	0,00456	0,00303	0,99
21	10	0,900	0,115	0,1365	0,0682	0,00456	0,00303	0,99
22	10	0,900	0,115	0,1365	0,0682	0,00456	0,00303	0,99
23	10	0,900	0,115	0,1365	0,0682	0,00456	0,00303	0,99
24	10	0,900	0,115	0,1365	0,0682	0,00456	0,00303	0,99
25	10	0,900	0,115	0,1365	0,0682	0,00456	0,00303	0,99
26	9,5	0,947	0,106	0,113	0,0565	0,0378	0,00225	0,725
27	9,5	0,947	0,106	0,113	0,0565	0,0378	0,00225	0,725
28	9	1,000	0,096	0,093	0,0565	0,0308	0,00155	0,505
29	9	1,000	0,096	0,093	0,0465	0,0308	0,00155	0,505
30	9	1,000	0,096	0,093	0,0465	0,0308	0,00155	0,505
31	9	1,000	0,096	0,093	0,0465	0,0308	0,00155	0,505
32	8,5	1,080	0,080	0,0685	0,0342	0,00228	0,00075	0,245
33	8	1,130	0,069	0,0525	0,0262	0,00174	0,00021	0,069
34	8	1,130	0,069	0,0525	0,0262	0,00174	0,00021	0,069
35	8	1,130	0,069	0,0525	0,0262	0,00174	0,00021	0,069
36	8	1,130	0,069	0,0525	0,0262	0,00174	0,00021	0,069
37	7,5	1,2	0,053	0,0352	0,0176	0,00121	0,00021	0,069
38	7,5	1,2	0,053	0,0352	0,0176	0,00121	0,00021	0,069

На рис. 25 дан график зависимости $V_y = f(t)$. $H = 57,18$ м.

Рис. 25. График изменения вертикальной скорости подъема во времени



Относительный прирост времени полета за счет ВИД составит 34%.

Определим относительный прирост суммарной тяги, или импульса силы:

$$\sum_i P_{i\text{ВИД}} = 4,49 \text{ кгс} \quad \sum_i P_{i\text{ВФД}} = 3,5 \text{ кгс},$$

$$\frac{\sum_i P_{i\text{ВИД}}}{\sum_i P_{i\text{ВФД}}} = \frac{4,49}{3,5} = 1,28.$$

Прирост суммарного импульса силы составит 28%, так как для ВИД

$$\sum_i (P_i t_i) = 4,49 \text{ кгс} \cdot \text{с}, \text{ а для ВФД}$$

$$\sum_i (P_i t_i) = 3,5 \text{ кгс} \cdot \text{с}.$$

На рис. 26 суммарный импульс силы выражается площадью, ограниченной кривой $P = f(t)$ и осями координат.

РАСЧЕТ ВИНТА ИЗМЕНЯЕМОГО ДИАМЕТРА

Исходными данными для расчета служит диаграмма раскручивания резиномотора (см. рис. 21).

Размечаем на оси оборотов ($n_{об}$) некоторое количество участков. С целью более точного расчета в зоне

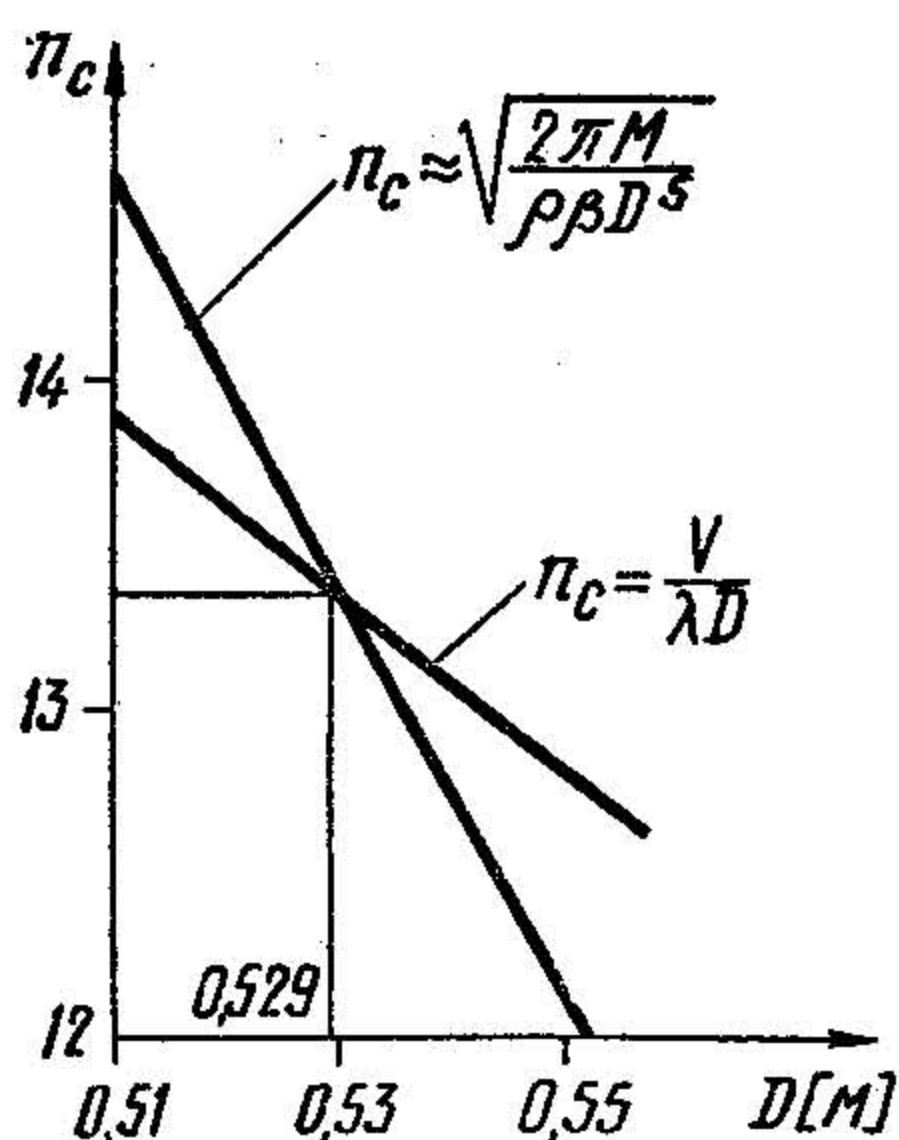


Рис. 26. График для определения диаметра винта

крутого изменения кривой берем большее количество участков. Для каждого участка, заменяя криволинейные фигуры прямоугольниками равной площади, находим среднее значение крутящего момента (M).

Принимаем относительный шаг винта $h = 1,35$ и скорость полета модели $V = 5$ м/с.

Расчет проводим в следующем порядке:

Решая уравнения

$$\lambda = \frac{v}{n_c D} \text{ и } M_v = \frac{\rho \beta}{2\pi} n_c^2 D^5$$

относительно n_c , получаем два выражения для оборотов:

$$n_c = \frac{v}{\lambda D} [1], \quad n_c = \sqrt{\frac{2\pi M_i}{\rho \beta D_i^5}} [2],$$

где β — коэффициент мощности, а $\beta = 2\pi\chi$ [3];

ρ — массовая плотность воздуха $\left(0,125 \frac{\text{кгс/с}^2}{\text{м}^4}\right)$;

M_i — средний крутящий момент резиномотора (кгс·м) для данного участка;

χ — коэффициент момента; значение χ берем с номограммы рис. 23.

Решение уравнений [1] и [2] проводим следующим образом.

Задаемся рядом значений D и одним λ , и по ним находим значения n_c по формуле [1]. Затем для выбранного λ определяем χ по рис. 23 и подсчитываем β по формуле [3]. После этого можно найти значения n_c по формуле [2].

Равенства оборотов достигаем методом последовательных приближений. Для ускорения подбора диаметра винта можно построить график (рис. 26).

Данный расчет дает качественную оценку ВИД. Аналогичный расчет для двигателя из венгерской резины приведен в табл. 4 и 5.

Таблица 4

$$v = 5 \text{ м/с}, \quad h = 1,35.$$

Учас-ток	λ	D [м]	$n_c = \frac{\Delta}{\lambda D}$	M_i [кгс·м]	β	$n_c = \sqrt{\frac{2\pi M_i}{\rho \cdot \beta D_i^3}}$
I	0,85	0,51	13,8	0,22	0,150	14,6
		0,52				13,9
		0,53				13,2
		0,54	12,8			12,6
		0,55				12,1

Как видно из табл. 4, обороты получаются разными. Выбираем для данного λ тот диаметр, который по обеим формулам дает одинаковые обороты. Так, в данном примере расчетный диаметр винта равен 0,529 м (см. рис. 26).

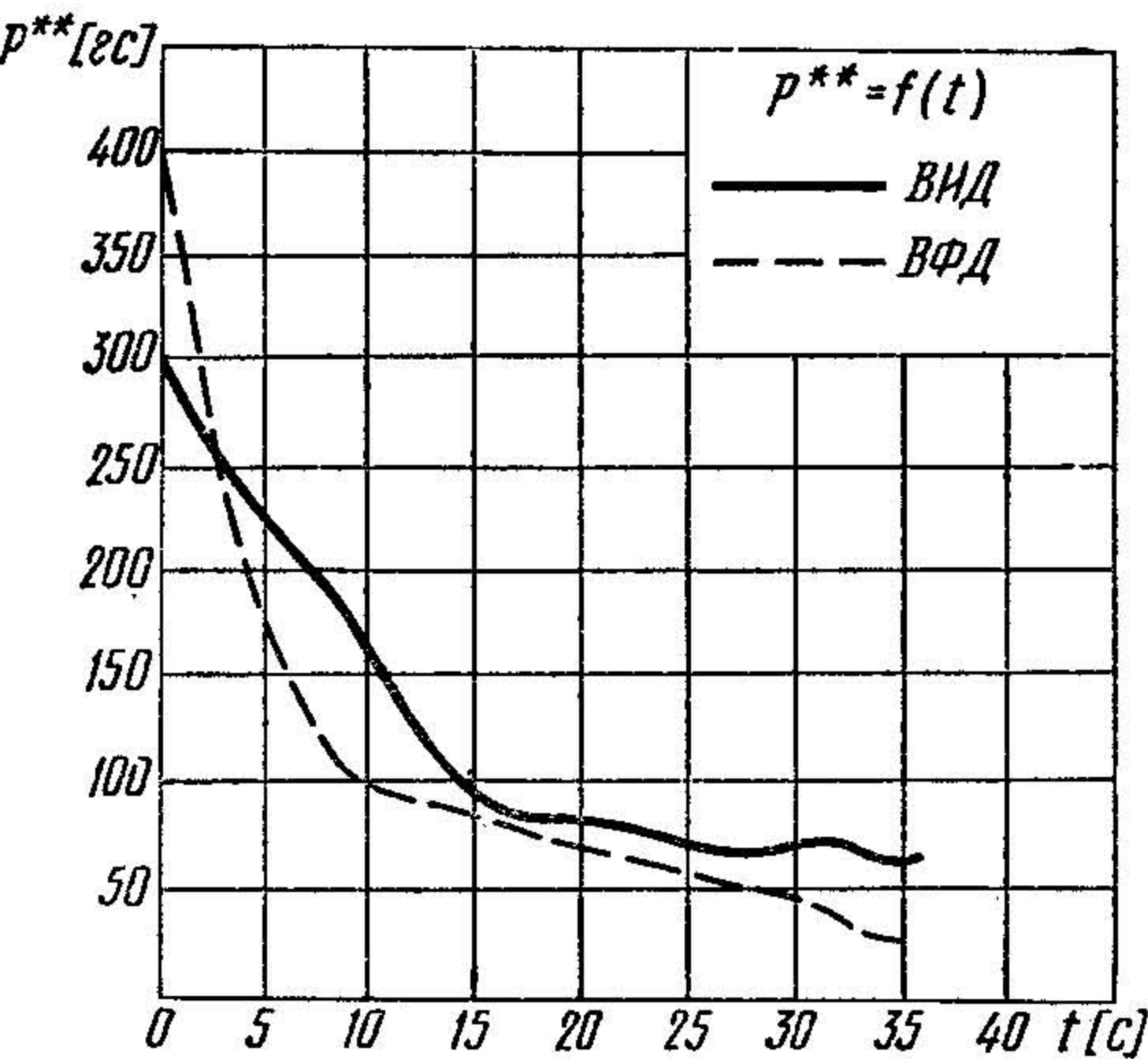


Рис. 27. График изменения тяги во времени

Таким же образом определяем значение D по всем остальным участкам, для которых задаемся различными значениями λ .

Окончательные данные и значения η , взятые по номограмме рис. 23, внесены в табл. 5.

Таблица 5

$$v = 5 \text{ м/с}; h = 1,35.$$

Участок	λ	D [м]	n_c [об/с]	M_i [кгс·м]	β	η
I	0,85	0,529	13,3	0,0220	0,150	0,712
II	0,95	0,510	12,4	0,0139	0,130	0,760
III	1,0	0,492	12,2	0,0103	0,122	0,770
IV	1,05	0,487	11,7	0,0083	0,109	0,780
V	1,10	0,476	11,5	0,0063	0,100	0,780
VI	1,20	0,470	10,6	0,0039	0,077	0,750

Для того чтобы указанные в таблице обороты винта соответствовали расчетным значениям, необходимо добиться уравнивания центробежных сил лопасти винта натяжением упругого элемента автомата ВИД.

Подсчитаем центробежную силу, развиваемую одной лопастью винта:

$$F_i = \frac{mv_i^2}{r_i} = \frac{4\pi^2 G_{\text{л}} r_i^2 n_{ci}^2}{g r_i} = A r_i n_{ci}^2$$

$$\text{где } A = \frac{4\pi^2 G_{\text{л}}}{g} = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 10}{9,81} = 40,3 \frac{\text{с}}{\text{м}}$$

Допустим, например, что вес лопасти со втулками $G_{\text{л}} = 10 \text{ гс}$; r_i — расстояние от ц. т. лопасти до оси винта в метрах; n_c — секундные обороты.

Допустим, что ц. т. лопасти удален от оси винта на 0,3 радиуса лопасти.

Результаты расчета центробежных сил, развиваемых одной лопастью винта, приведены в табл. 6.

Рис. 28. График зависимости центробежной силы от хода лопасти

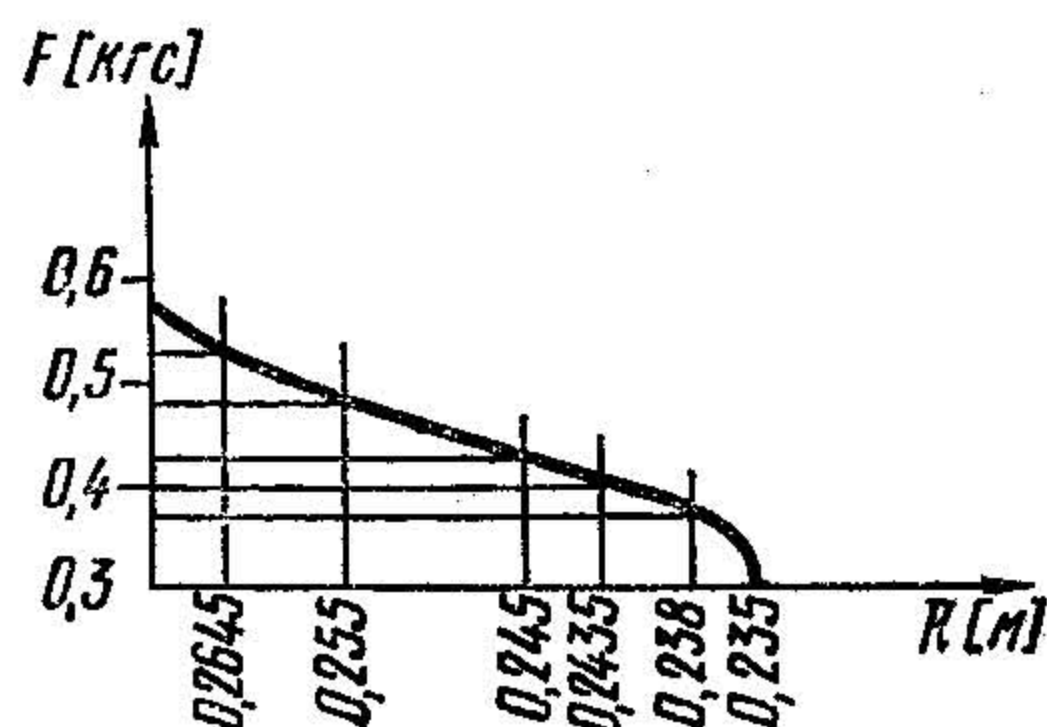


Таблица 6

Участок	R_i [м]	$r_i = 0,3R_i$ [м]	$n^2 c_i$ [сб/с] ²	$F_i = Ar_i n^2 c_i$ [гс]
I	0,2645	0,0794	175,0	560
II	0,2550	0,0765	155,0	478
III	0,2460	0,0738	147,5	437
IV	0,2435	0,0730	139,4	410
V	0,2438	0,0714	129,0	372
VI	0,2350	0,0705	110,6	315

Трение не учитываем. В каждом конкретном механизме величина трения будет различной, и ее проще учесть при экспериментальном подборе упругого элемента.

На рис. 28 дан график зависимости центробежной силы от значения радиуса лопасти.

Из характера полученной кривой следует, что в качестве упругого элемента, изменяющего диаметр винта, можно применить спиральную пружину растяжения или резиновую нить с линейной характеристикой нагружения.

Но следует иметь в виду, что резина со временем меняет свои механические характеристики, а пружина стабильна в работе.

В соответствии с данными табл. 6 подбираем усилие упругого элемента.

Более точно это можно осуществить при помощи простейшего стенда (рис. 29). К подвижной втулке одной из лопастей прикреплен насадок в котором находится подпружиненный грифель. В процессе вращения винта записываются кривые на равномерно движущейся

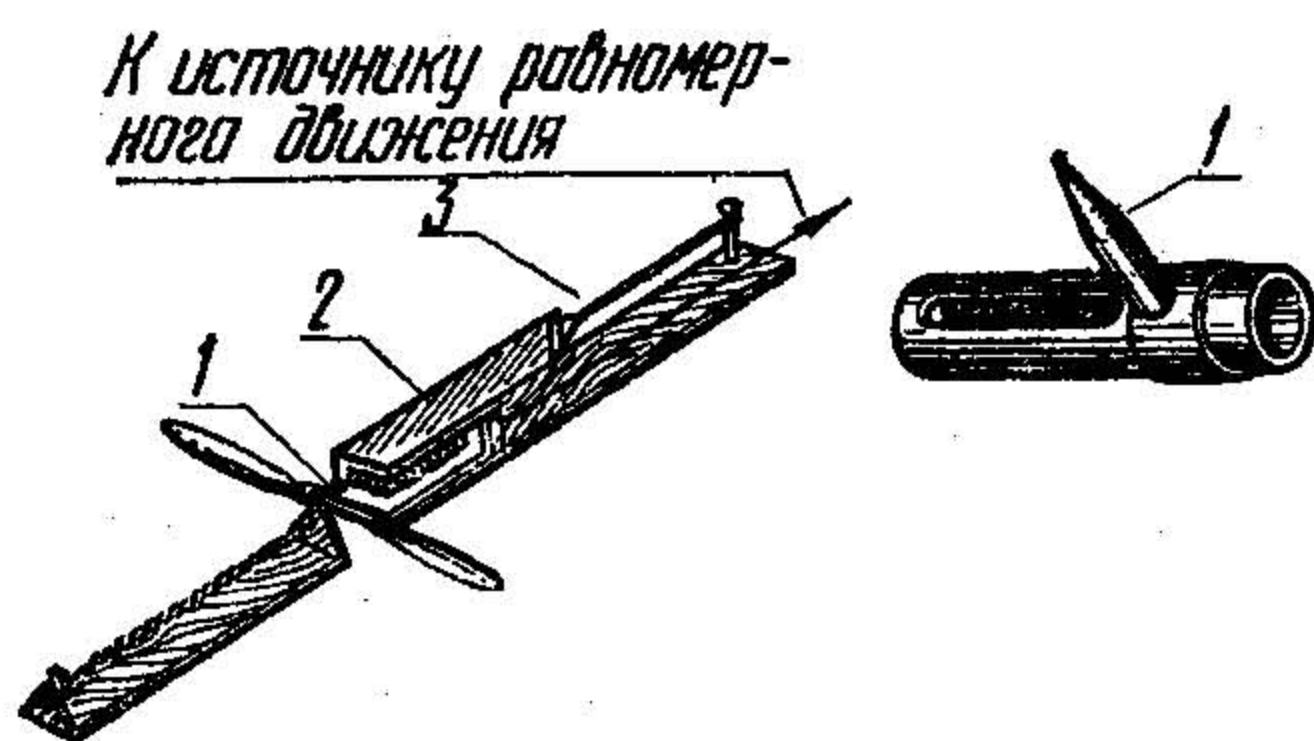


Рис. 29. Стенд для получения графика раскрутки винта:

1 — самописец; 2 — бумажная лента; 3 — резиновая нить

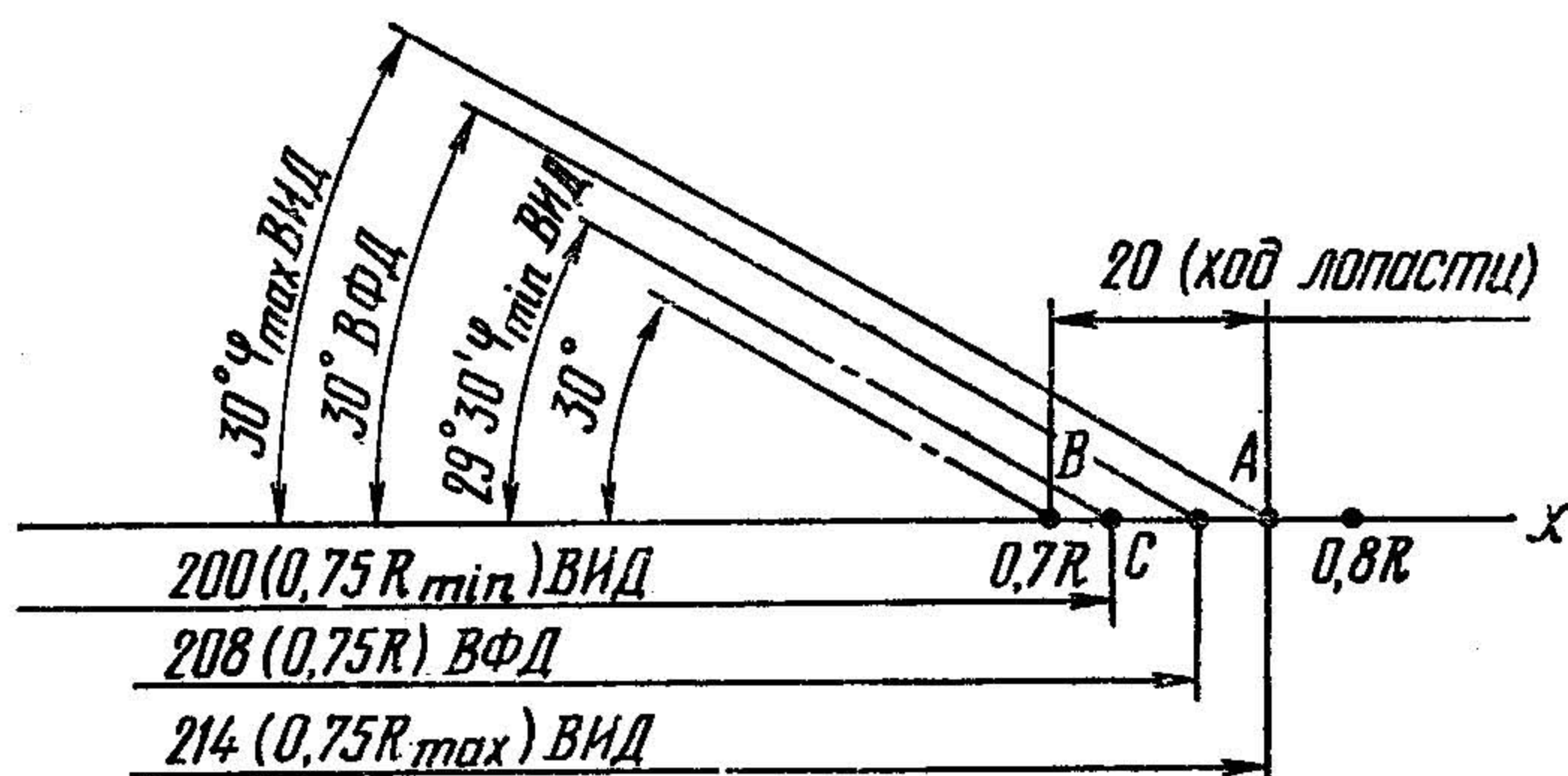


Рис. 30. Изменение шага у ВИД

бумажной ленте (см. рис. 24). Высота кривой меняется в зависимости от изменения диаметра винта. Число витков соответствует количеству оборотов винта при раскрутке.

Допустим, что резиномотор работал 40 с. Делим запись на ленте на 40 равных участков. В каждом таком участке подсчитываем обороты (n_c) по количеству витков, а по средней их высоте на данном участке определяем диаметр винта. Неоднократно повторяя эксперимент, подбираем такое значение упругого элемента, при котором изменение диаметра соответствует расчетному.

Следует отметить, что изменение диаметра винта вызывает некоторое изменение его шага. На рис. 30 дано графическое определение шага винта. На оси X отложен

отрезок 208 мм, соответствующий 0,75 ВФД ($D = 555$ мм), и проведен луч под углом 30° (угол установки лопасти).

На этой же оси отложен отрезок 214 мм, равный $0,75R_{\text{макс}}$ ВИД ($D_{\text{макс}} = 572$ мм) и 200 мм ($0,75R_{\text{мин}}$) ВИД. Разница между $0,75R_{\text{макс}}$ и $0,75R_{\text{мин}}$ равна 14 мм, а ход лопасти 20 мм.

Если принять $\varphi_{R_{\text{макс}}} = 30^\circ$ в точке A и переместить это сечение влево на ход лопасти (т. е. на 20 мм) до точки B , то в нужной нам точке C окажется луч под углом $\varphi = 29^\circ 30'$.

Итак, изменение шага лопасти равно $30'$, при этом шаг в процессе раскрутки уменьшается.

Рассмотрим, как это влияет на потолок модели.

Как известно, наибольший КПД получается при относительном скольжении (S), равном 0,2, а $S = h - \lambda$, где

$$h = \frac{H}{D} \text{ и } \lambda = \frac{v}{n_c \cdot D};$$

h — относительный шаг;

H — шаг винта.

Если обратимся к табл. 2, то заметим, что в процессе раскрутки резиномотора λ растет, желательно, чтобы и h росло в такой же мере.

Анализ этой зависимости показывает, что h несколько убывает в процессе раскрутки.

Но если угол установки лопасти ВИД при $D_{\text{макс}}$ принять равным 30° , то изменение шага ВИД существенно не повлияет на потолок модели по сравнению с ВФД.

Два из предложенных механизмов (см. рис. 31, 33) позволяют автоматически менять не только диаметр, но и шаг винта за счет соответствующего профилирования направляющих пазов, т. е. получить винт изменяемого диаметра и шага (ВИДШ).

КАК ПРАКТИЧЕСКИ ВНЕДРЯТЬ ВИД

На модели, облетанной с ВФД ($D = 555$ м, мотор — 12 нитей 6×1 «Пирелли»), устанавливаем ВИД. Центровку модели при этом не изменяем, так как бобышки

должны быть одинакового веса (37 гс). Взаимозаменяемость бобышек обеспечивается расположением винтов регулировки наклона оси на втулках бобышек. Усилие резинок, противодействующих центробежным силам лопастей, берем со стенда ($\approx 0,8$ кгс). Шаг винта ВИД такой же, как на ВФД ($\varphi = 30^\circ$), — на 0,75 радиуса от $D_{\text{макс}}$.

Первоначально стремимся добиться с ВИД такого же периода раскрутки резиномотора, как и у модели с ВФД ($t_m = 40$ с).

После шести запусков в тихую погоду и некоторого изменения натяжения резинок, противодействующих центробежным силам лопастей, незначительным изменением диаметра винта (выдвижением лопастей из втулок) и поднятием оси винта на $\approx 30'$ по сравнению с $1^\circ 30'$ (у ВФД) регулировка практически завершена. При этом может произойти некоторое изменение траектории полета модели. Спираль станет более плавной, растянутой и постоянно восходящей до прекращения работы винта.

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ МЕХАНИЗМОВ ВИД

Рассматриваемые конструкции механизмов ВИД имеют одинаковый принцип работы — центробежный.

ВИД, связанный с крутящим моментом двигателя, работает с большей отдачей и особенно в случае значительного роста хода диаметра винта, что приводит к дальнейшему сокращению диапазона изменения оборотов, но относительная сложность конструкции такого рода ВИД сдерживает его внедрение.

На рис. 31 изображен сборочный чертеж ВИД телескопической конструкции, являющегося модификацией ВИД, опубликованного в журнале «Крылья Родины» № 4 за 1961 год. Ход ВИД равен 45,5 мм. Вес механизма ≈ 11 гс. Направление движения лопастей радиальное. Сложенные лопасти касаются поверхности фюзеляжа.

Механизм состоит из неподвижной втулки 1 (МА-8), приклепанной к валику 2, двух подвижных втулок 3 и 4 (МА-8) и узла синхронизатора движения лопастей 6. Втулки 1, 3 и 4 требуют точной сборки. Механизм наде-

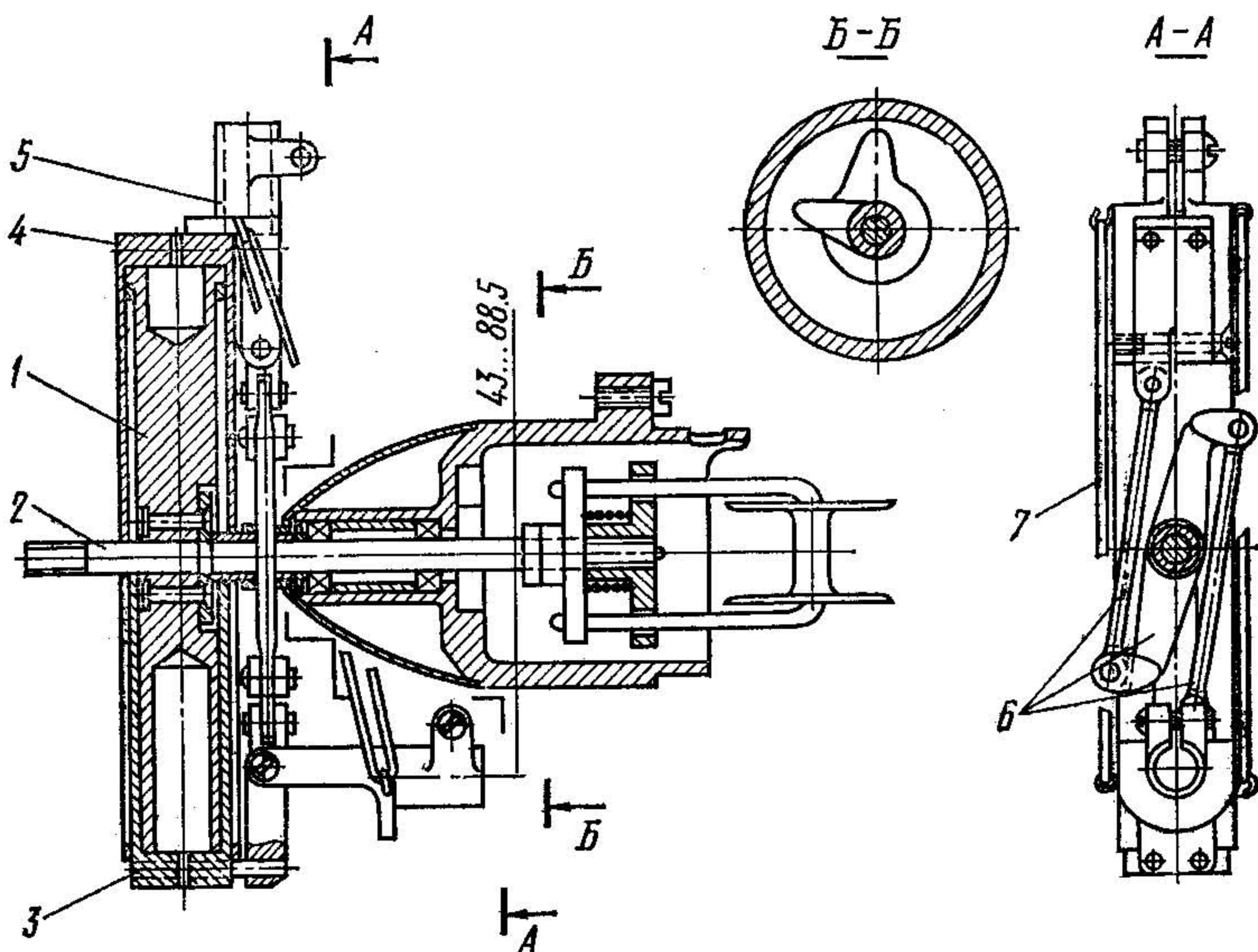


Рис. 31. Механизм ВИД телескопической конструкции:
 1 — втулка неподвижная; 2 — валик; 3 и 4 — втулки подвижные; 5 — втулка лопасти; 6 — узел синхронизатора; 7 — нить резиновая

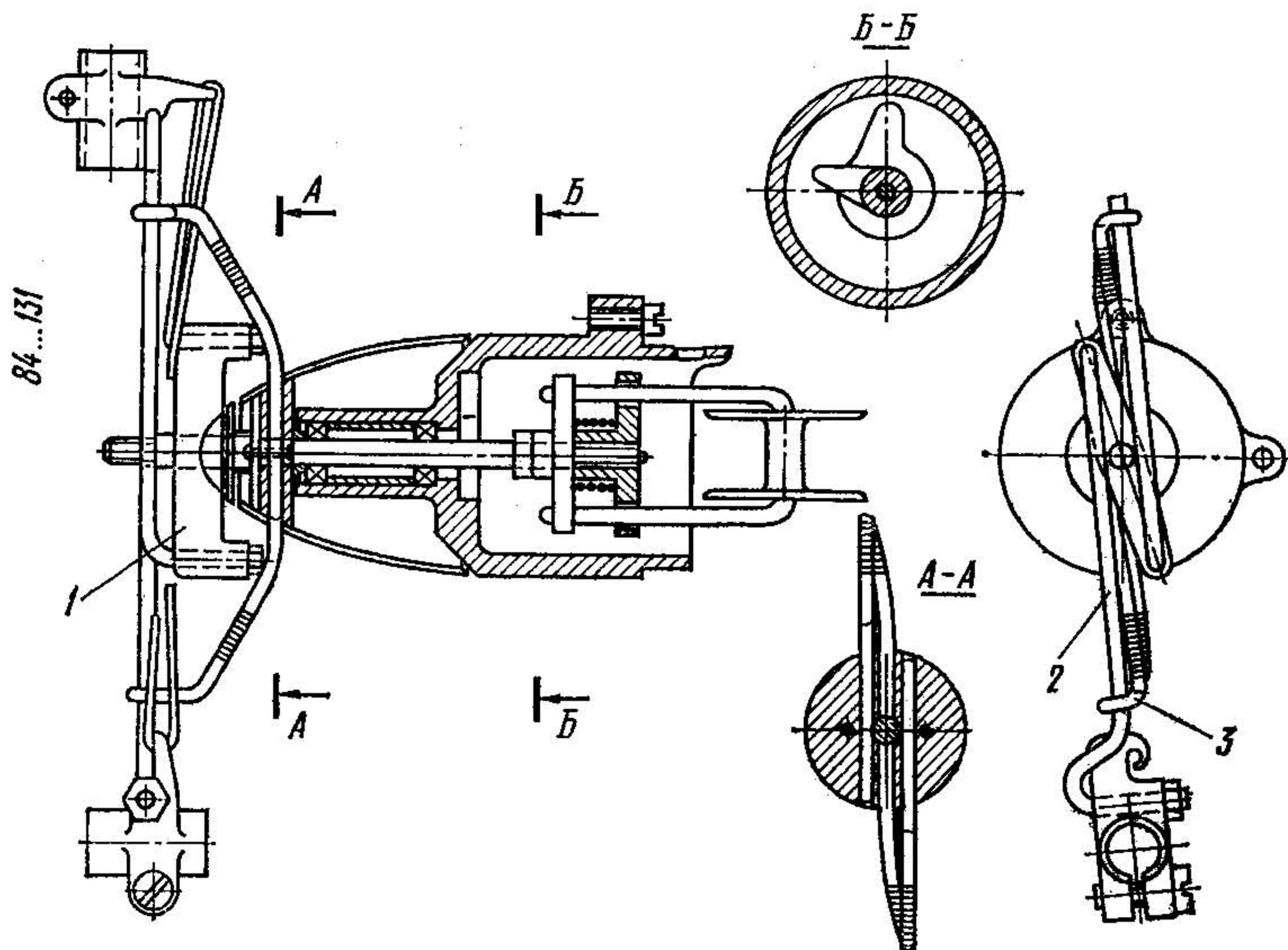


Рис. 32. Механизм ВИД рычажной конструкции:
 1 — качалка (Д16-Т); 2 — подвеска (ОВС-2); 3 — направляющая (ОВС-1,6)

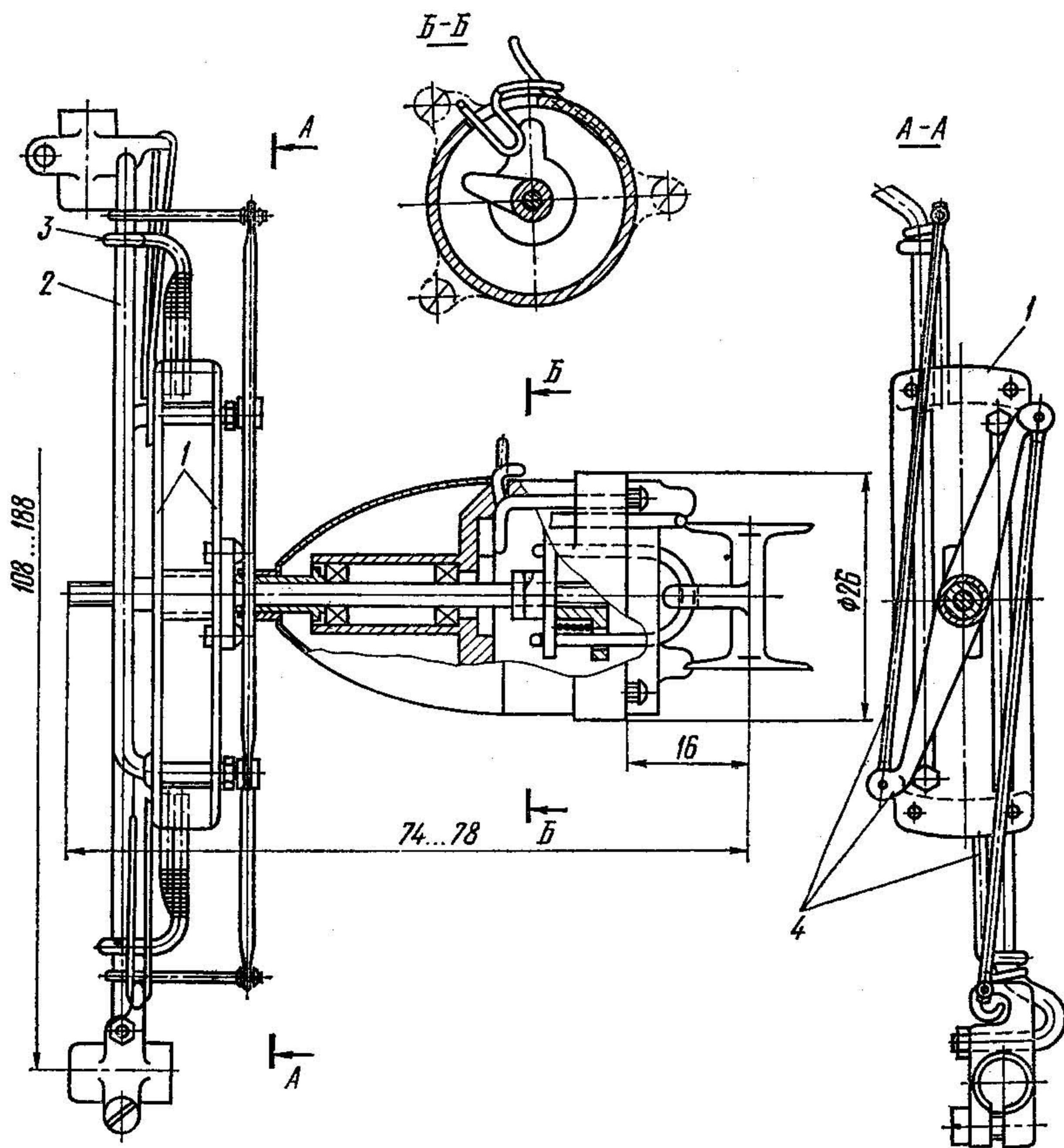


Рис. 33. Механизм ВИД ползунковой конструкции:
 1—пластинки с направляющими пазами (Д16-Т); 2—подвеска (ОВС-2);
 3 — направляющая (ОВС-1,6); 4 — узел синхронизатора

жен в эксплуатации. В случае загрязнения ВИД промывают в бензине или ацетоне.

Соответствующей профилировкой направляющих пазов подвижных втулок можно преобразовать ВИД в ВИДШ.

На рис. 32 изображен сборочный чертеж ВИД рычажной конструкции. Ход диаметра ВИД равен 47 мм. Вес механизма ≈ 11 гс. В этом механизме в процессе

изменения диаметра лопасти отклоняются на некоторый угол от радиального направления.

Сложенная лопасть находится на расстоянии от фюзеляжа, примерно равном 20 мм. Конструкция ВИД менее трудоемкая. Лишь качалка 1, выполняющая также функции элемента синхронизатора движения лопастей, требует точного изготовления и параллельности отверстий.

На рис. 33 изображен сборочный чертеж ВИД ползунковой конструкции. Общий ход лопастей ВИД равен 80 мм. Вес механизма $\approx 12,5$ гс. Направление движения лопастей — параллельное радиальному (эксцентриситет — 4,3 мм). Сложенная лопасть находится на расстоянии 34 мм от фюзеляжа. Конструкция ВИД еще более упрощена. Лишь направляющие пазы в дюралевых пластинах 1 требуют тщательной совместной обработки.

Замена передней пластины 1 другой с соответственно профилированными пазами превратит данный ВИД в ВИДШ.

ВИНТ ИЗМЕНЯЕМОГО В ПОЛЕТЕ ШАГА

Работа винта не отличается принципиально от работы крыла. Разница лишь в том, что винт совершает два движения — вращательное и поступательное. Известно, что эффективная работа крыла обеспечивается определенными углами атаки, что свойственно и для винта.

На рис. 34 изображены профиль сечения лопасти и треугольник скоростей, который показывает связь между следующими параметрами:

- α — угол атаки;
- φ — угол установки;
- v — воздушная скорость полета модели;
- u — окружная скорость;
- w — результирующая скорость движения сечения лопасти.

Винт фиксированного диаметра не способен обеспечить оптимальные углы атаки на всем режиме работы.

Применяемые механизмы ВИШ отличаются тем, что у одних изменение шага зависит от $M_{кр}$, а у других — от осевого усилия резиномотора. Так как осевое усилие

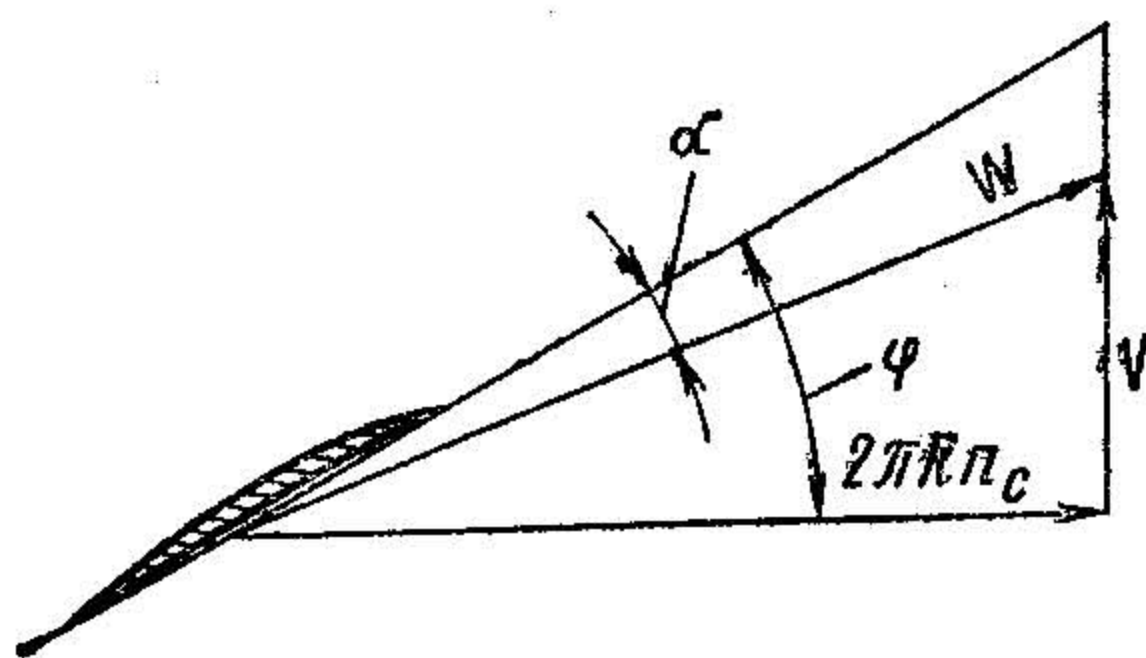


Рис. 34. Треугольник скоростей сечения лопасти

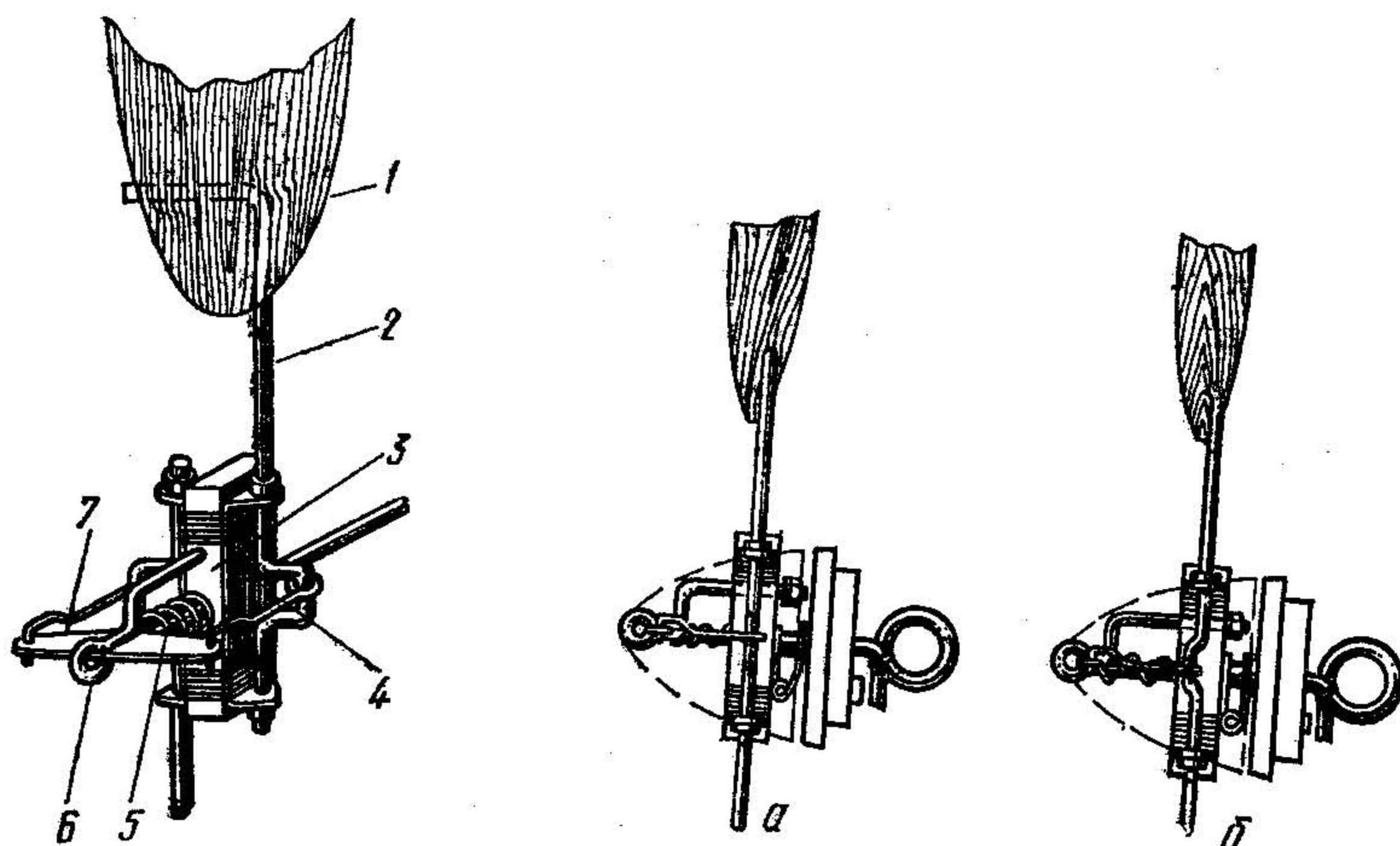


Рис. 35. Механизм, увеличивающий шаг винта в начале раскручивания резиномотора:

а — винт в начале раскручивания резинового мотора;
б — винт в рабочем положении;
1 — лопасть; 2 — подвеска; 3 — ступица; 4 — поводок; 5 — пружина; 6 — вал винта; 7 — планка

резиномотора не пропорционально $M_{кр}$ мотора, то не следует применять ВИШ, работающий от осевого усилия. Как правило, от осевого усилия резиномотора работают ВИШ, изменяющие шаг лишь в начале раскрутки мотора (рис. 35). На рис. 36, 18 и 19 изображены три конструкции ВИШ, работающие от $M_{кр}$ резиномотора.

В механизме, изображенном на рис. 36, в начальной стадии работы мотора пружина 1 под воздействием $M_{кр}$ мотора сжимается, и шаг уменьшается. В процессе раскрутки шаг увеличивается [4]. Соответствующим подключением привода можно вызвать изменение знака отклонения лопастей на обратный.

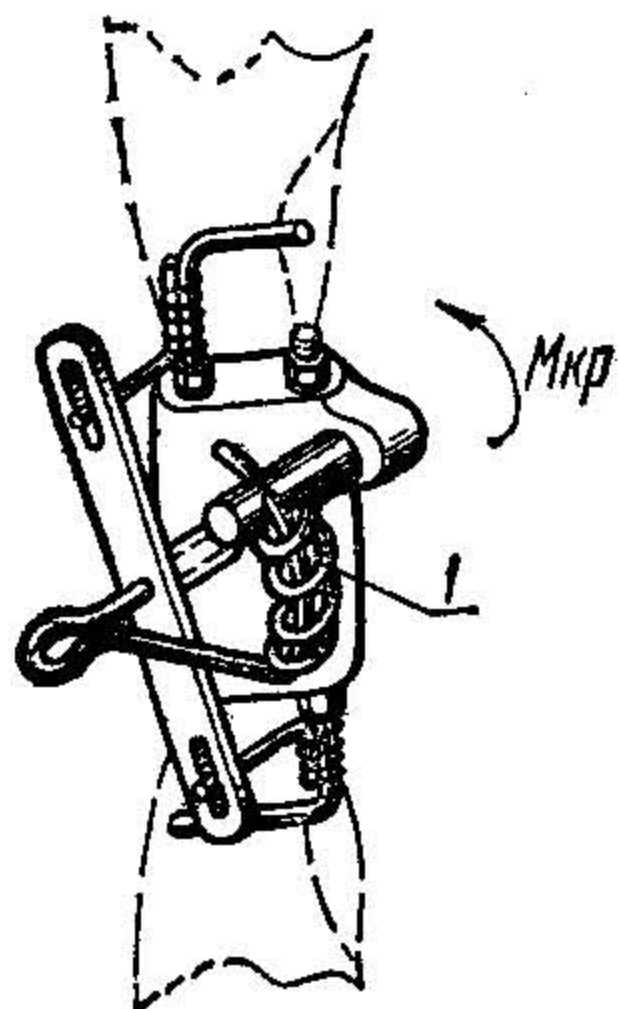


Рис. 36. Механизм ВИШ:

1 — пружина сжатия

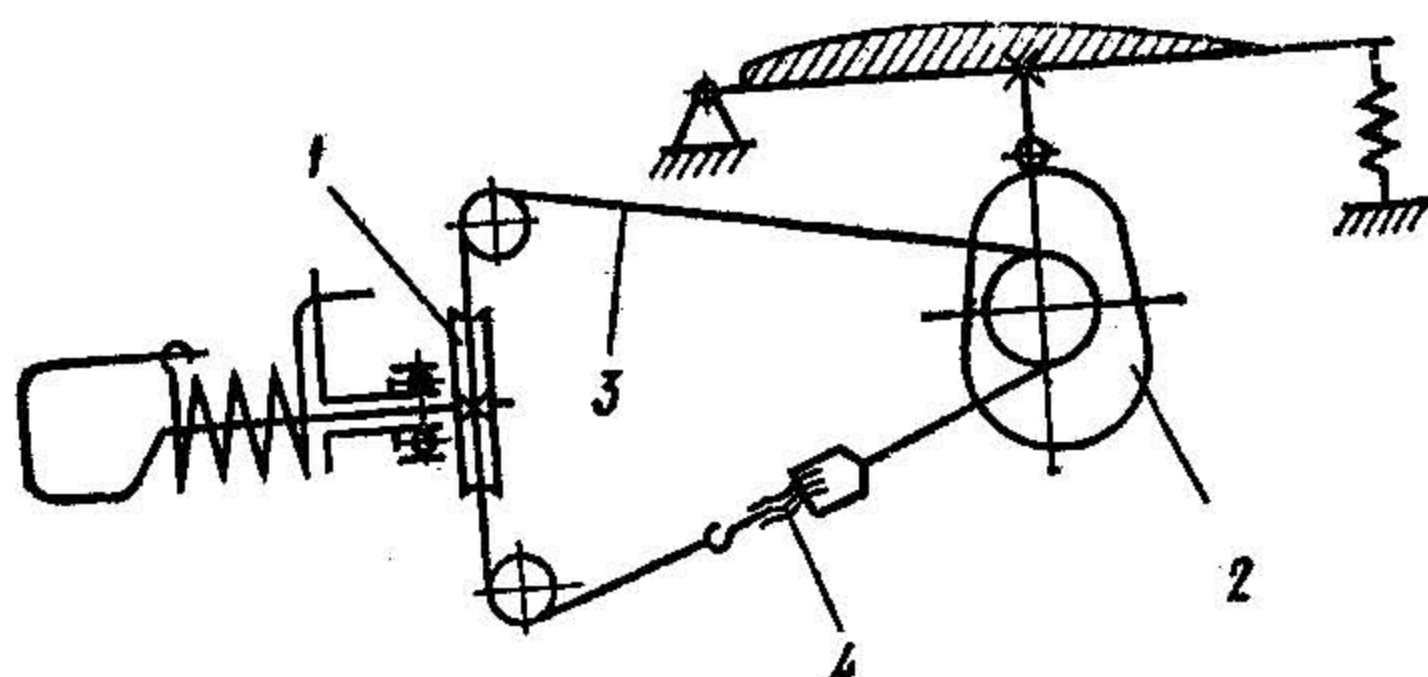


Рис. 37. Кинематическая схема автомата перебалансировки:

1 — датчик момента; 2 — программный механизм; 3 — тросовая тяга; 4 — стяжная муфта

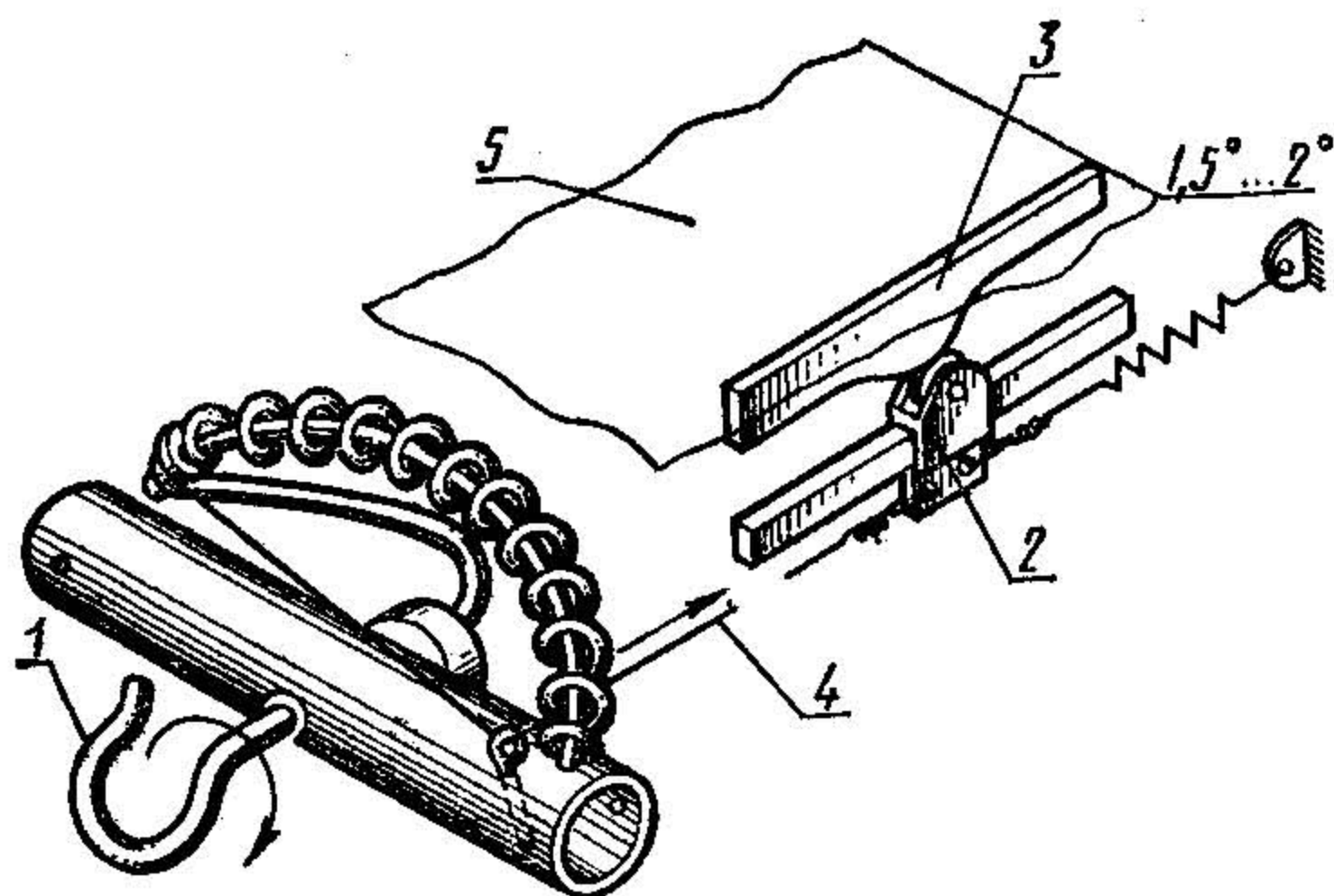


Рис. 38. Механизм перебалансировки конструкции В. Колпакова и В. Куманина:

1 — датчик момента; 2 — ползунок; 3 — копир; 4 — тяга; 5 — стабилизатор

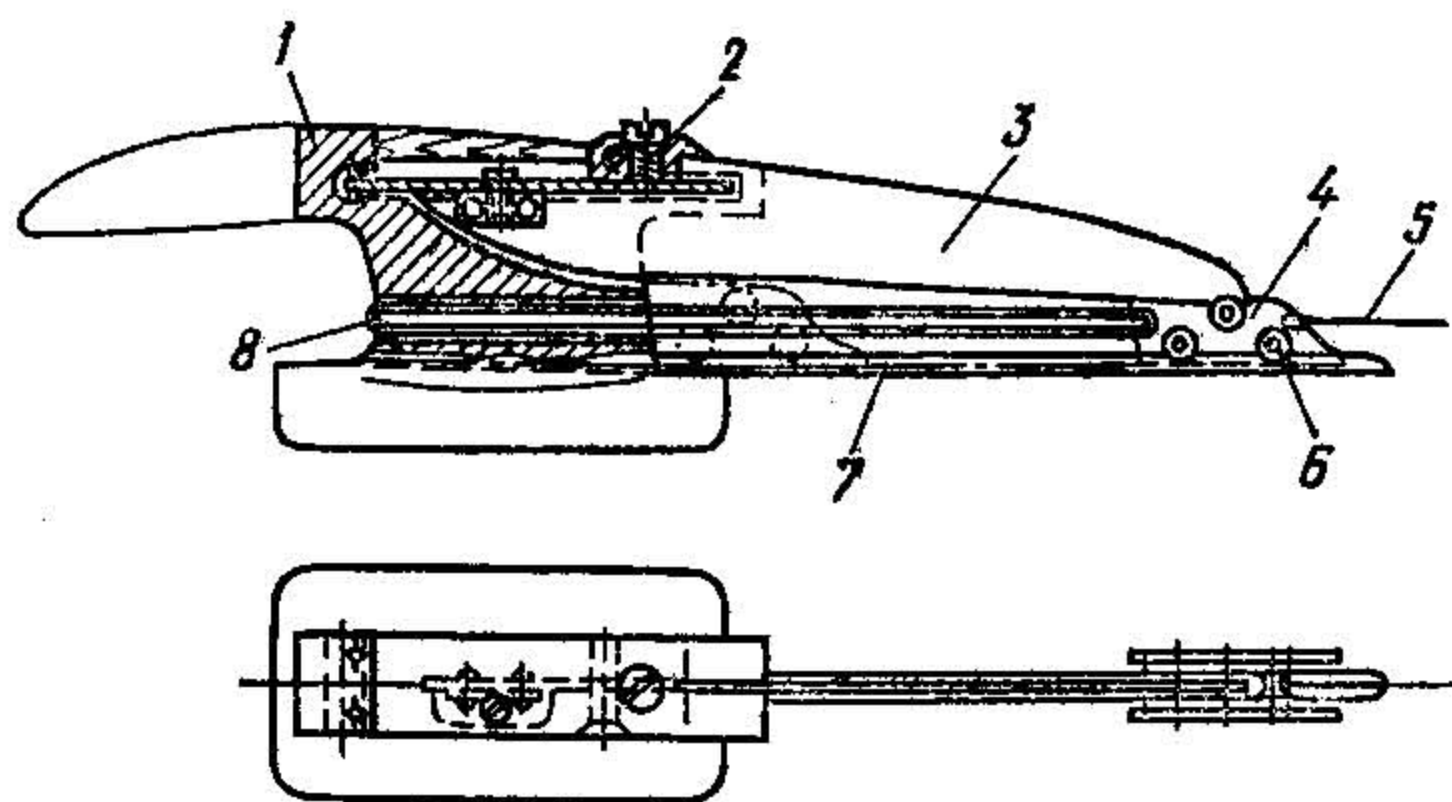


Рис. 39. Программный механизм автомата перебалансировки модели ША-76:

1 — пилон (МА-8); 2 — пружина; 3 — копир (Ц16-Г, ЛО 8), профиль копира подбирать в процессе летных испытаний; 4 — тележка; 5 — тяга к датчику момента; 6 — ролик (бронза, Ø 5); 7 — направляющая (ОВС-2)

В механизме (см. рис. 18) работает пружина кручения, поворачивающая колпачок с профилированными прорезями, в которые входят поводки, изменяющие шаг лопастей [9, 19].

В механизме (см. рис. 19) лопасти закреплены на упругой проволочной подвеске, которая под воздействием аэродинамической нагрузки автоматически изменяет шаг винта от большего к меньшему [12, 16, 18].

Обычно наибольший диапазон изменения шага равен 8° (с 33° до 25°). [18] $D = 570$ мм; $H_{\text{мин}} = 600 + 5^\circ$, а изменение шага в зависимости от $M_{\text{кр}}$ до 10° (с 34° до 24°).

Относительно простое конструктивное решение получает ВИШ в сочетании с ВИД (см. рис. 33).

Однако изменение шага винта во всех случаях решается пока довольно приближенно, так как не хватает опытных данных связи скоростей полета и вращения винта.

Получив зависимости $n_c = f(t)$ и $v = f(t)$ и определив закон изменения шага во времени $H = f(t)$, можно сконструировать ВИШ.

МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕБАЛАНСИРОВКИ МОДЕЛИ

В установившемся полете на режиме планирования моменты аэродинамических сил и силы веса уравновешены.

На моторном режиме, особенно в начале полета, когда тяга велика, происходит нарушение равновесия сил и моментов, которое порождает кабрирование. Обычно его устраняют наклоном оси винта вниз, создавая за счет тяги противодействующий пикирующий момент.

Авиамodelисты применяют также перебалансировку за счет изменения угла установки стабилизатора или крыла.

Механизмы перебалансировки можно разделить на три группы:

1) непрерывно изменяющие балансировку модели на режиме моторного полета и работающие от крутящего момента резиномотора (см. рис. 37, 38, 39, 40);

2) изменяющие балансировку по заданной программе (как правило, управляемые таймером) (см. рис. 41, 42);

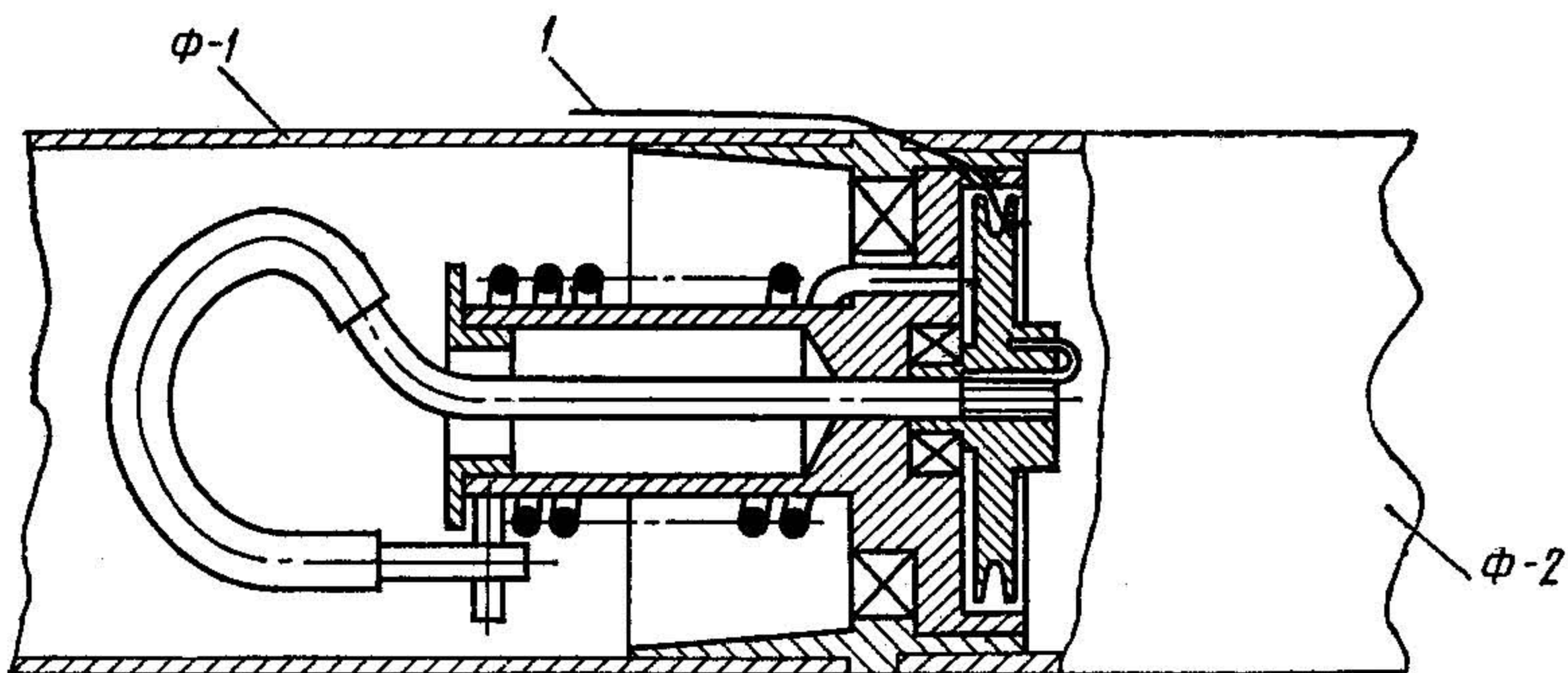


Рис. 40. Датчик момента автомата перебалансировки модели ША-76:

1 — тяга к программному механизму (см. рис. 39). Вес датч. = 10,5 гс

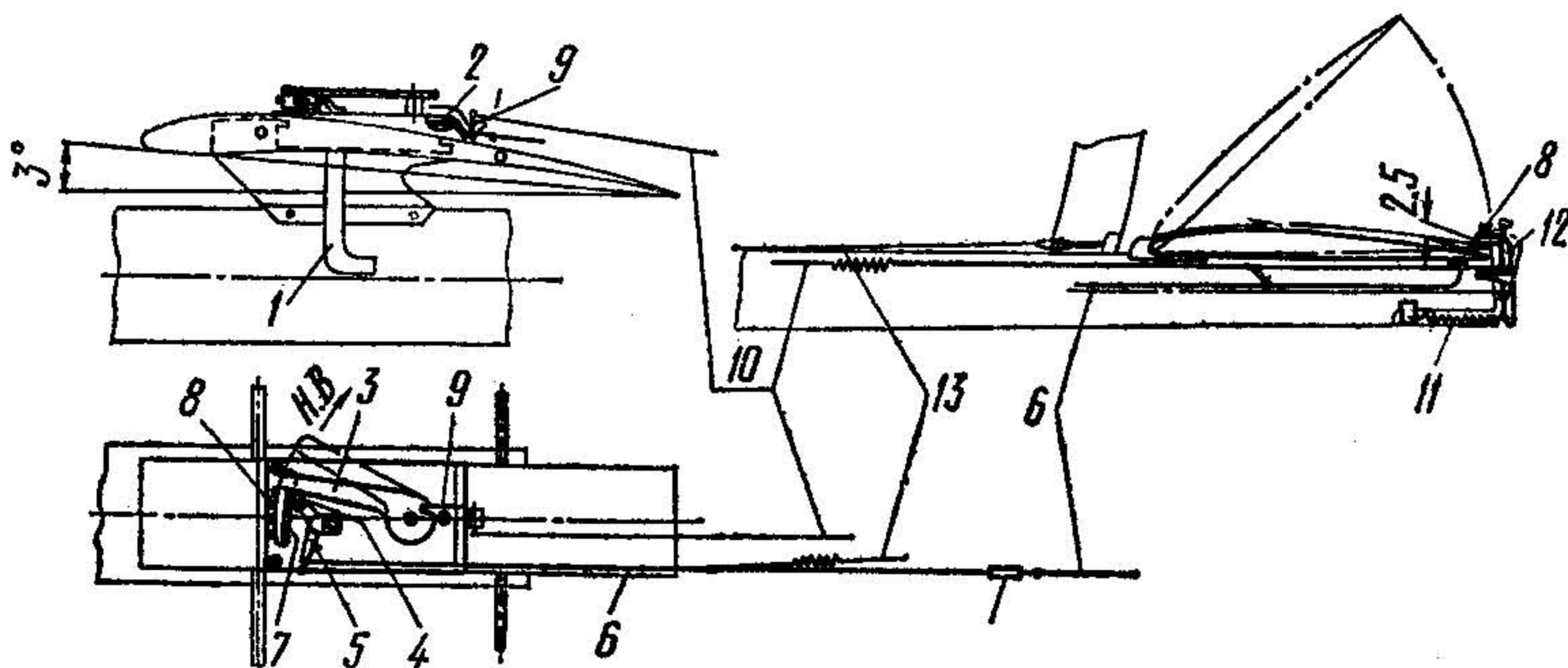


Рис. 41. Программный механизм конструкции И. М. Зильберга, управляемый таймером:

1 — рычажок (Д16-Т ЛО.3); 2 — таймер; 3 — рычажок; 4 — подшипник (4×1); 5 — качалка двуплечая; 6 — тяга (трос), управляющая стабилизатором; 7 — пружина пластинчатая (ст. 65 Г — 2×0.1); 8 — винт регулировочный (М1,4); 9 — рычажок двуплечий; 10 — тяга (трос), управляющая механизмом принудительной посадки; 11 — пружина; 12 — качалка; 13 — тяга (трос), управляющая рулем направления

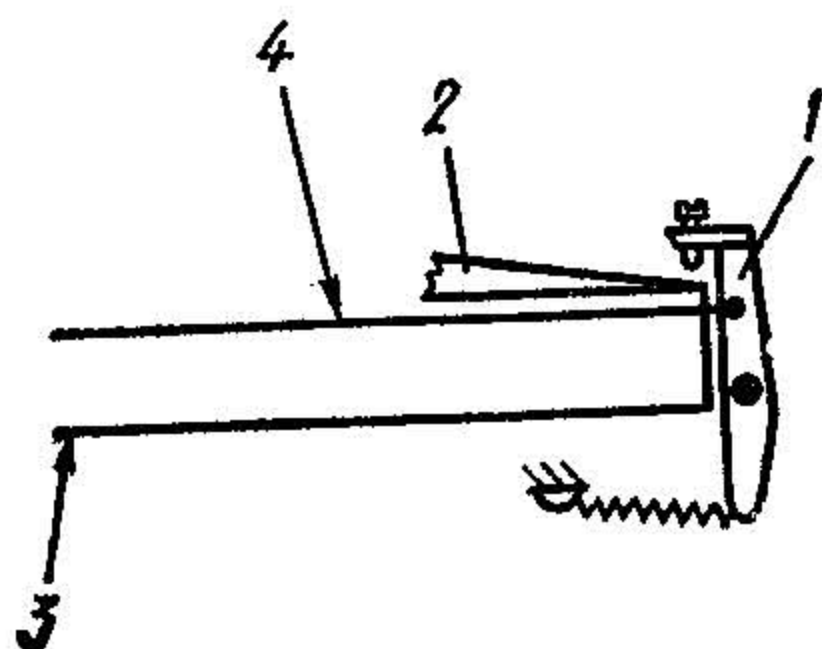


Рис. 42. Механизм перебалансировки:

1 — качалка; 2 — стабилизатор; 3 — тяга (нить хирургическая), срабатывающая от таймера через 15 с; 4 — тяга, срабатывающая через 180 с

3) двухрежимные — изменяющие балансировку после моторного полета (см. рис. 43, 44, 45).

Более подробную информацию о некоторых из них можно получить в следующих источниках: рис. 37 [11], рис. 38 [4], рис. 43, 41 [14, 15]), рис. 42 [17].

ДВУХРЕЖИМНЫЙ МЕХАНИЗМ ПЕРЕБАЛАНСИРОВКИ

Изображенное на рис. 43 устройство отличается простотой конструкции, эксплуатации, регулировки и надежностью в работе. Его может изготовить авиамоделист средней квалификации.

Устройство позволяет независимо регулировать моторный режим и планирование.

Управляемый стабилизатор обеспечивает более выгодные углы атаки на режимах планирования и моторного полета. При перебалансировке с помощью горизонтального оперения (или крыла) нет необходимости отклонять ось вала винта вниз.

Обычно в первые несколько секунд моторного полета модель имеет повышенную скорость по сравнению со скоростью установившегося полета, что повышает эффективность руля направления. В сильный ветер это приводит к крутому виражу модели. В результате — меньший набор высоты при бесполезной трате значительной части энергии резиномотора.

В целях снижения потерь энергии на модели ША-73 стабилизатор установлен нейтрально (без перекоса). На моторном режиме угол поворота руля направления 0° , угол установки стабилизатора $\approx +1^\circ 30'$, угол наклона оси винта вниз 0° , вправо $\approx 1^\circ 30'$.

На режиме планирования руль направления отклонен на 12° , стабилизатор установлен по СГФ.

Описание механизма. Механизм состоит из задатчика, узла отклонения стабилизатора, узла фиксации положений руля направления и системы тяг управления.

Задатчик смонтирован на бобышке винта. Он состоит из двух деталей (рычажка 1 и штырька 2), изготовлен-

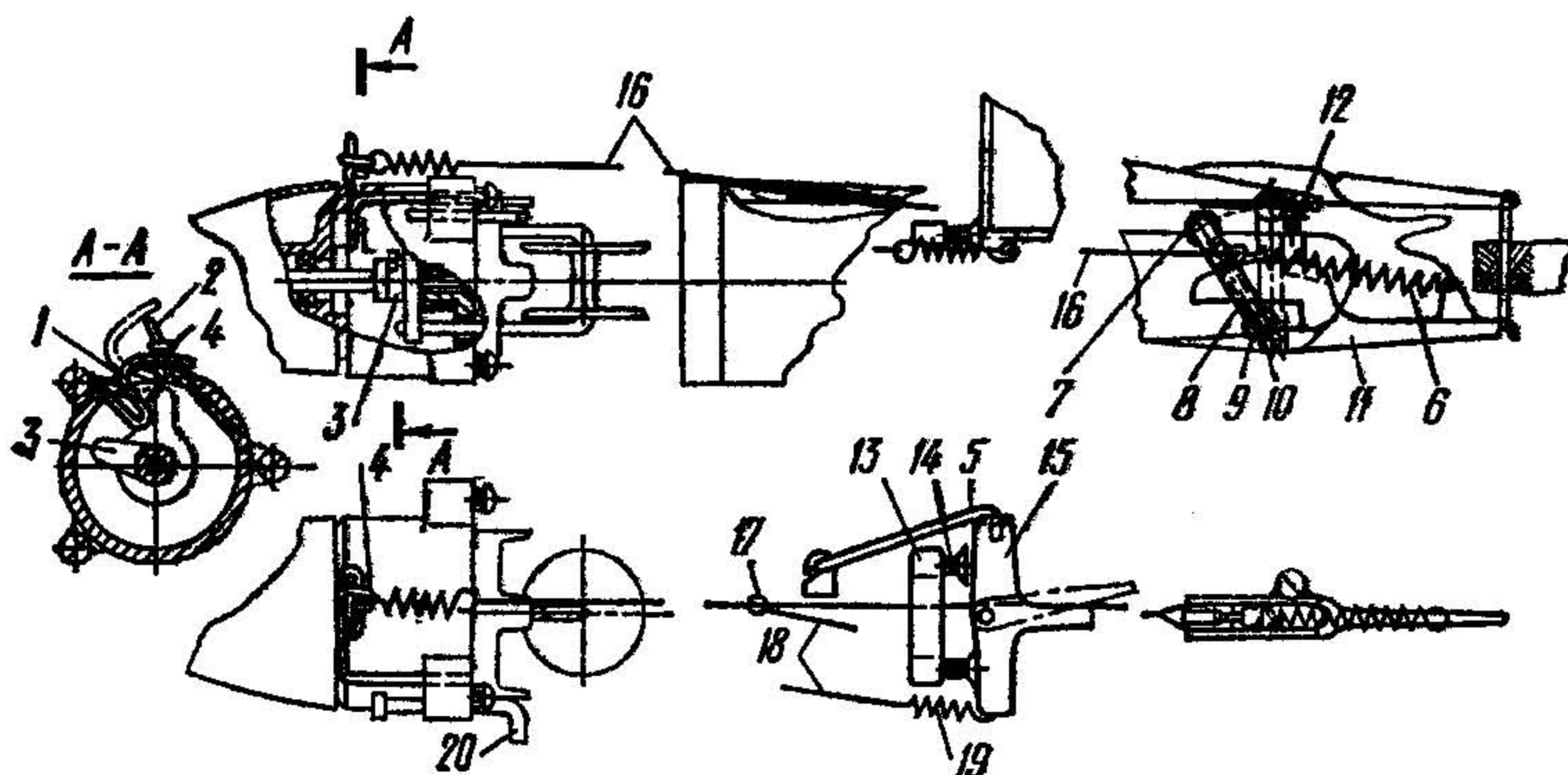


Рис. 43. Система управления рулем направления и стабилизатором модели ША-75 с задатчиком на бобышке:

1 — рычажок; 2 — штырек; 3 — стопор; 4 — кольцо; 5 — резиновая нить; 6 — пружина; 7 — подшипник (4×1); 8 — втулка вильчатая; 9 — гайка; 10 — винт ушковый (М2); 11 — корпус; 12 — винт (М2); 13 — планка; 14 — винт; 15 — качалка трехплечая (целлулоид Л1); 16 — тяга (трос); 17 — кольцо; 18 — трос; 19 — пружина; 20 — фиксатор бобышки. Пружина: $p \approx 0,6$ кгс

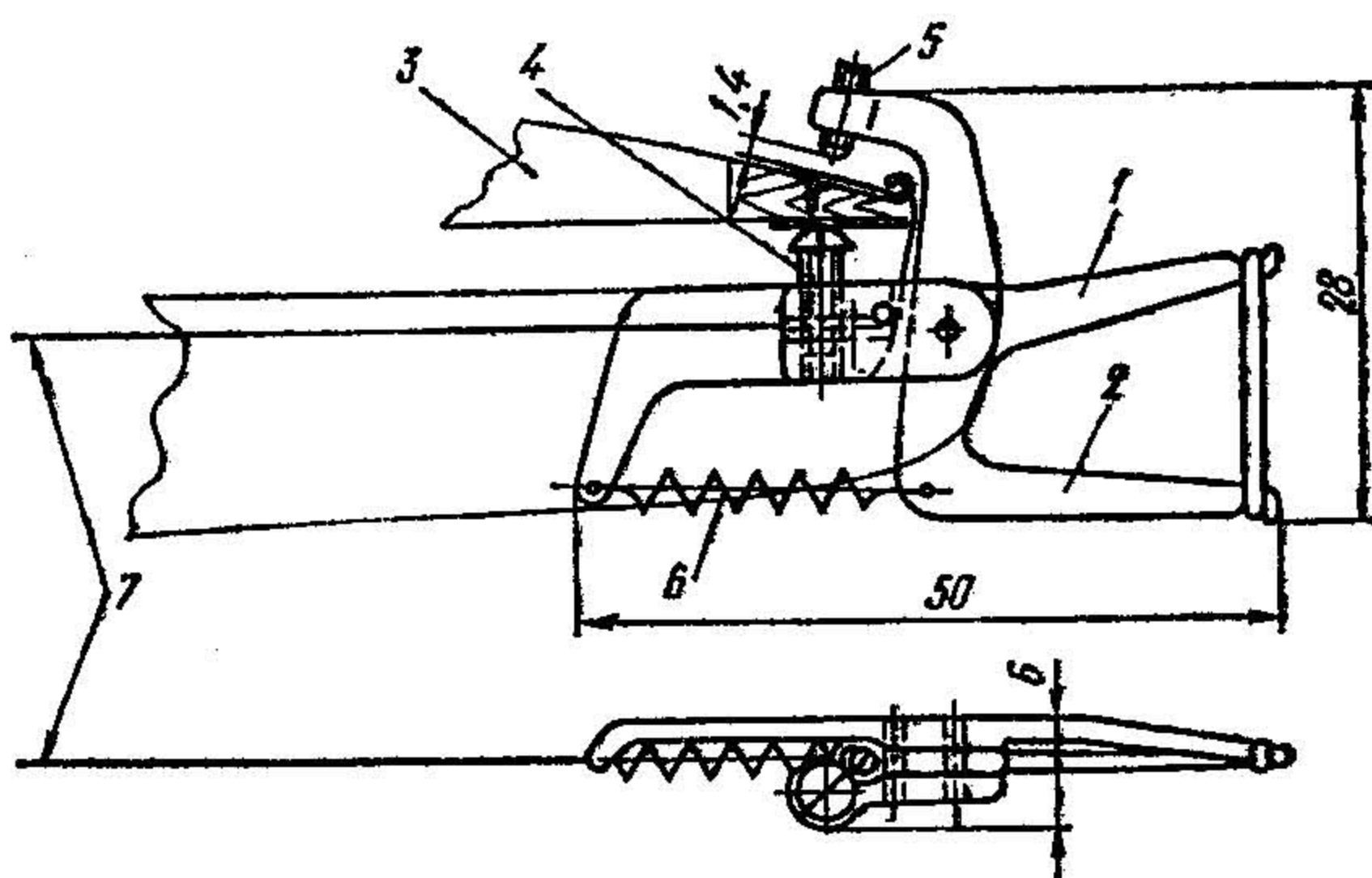


Рис. 44. Механизм перебалансировки:

1 — корпус (МА-8); 2 — качалка (МА-8); 3 — стабилизатор; 4 — винт (М2), фиксирующий положение стабилизатора на моторном режиме; 5 — винт (М1,4), фиксирующий положение стабилизатора на режиме планирования; 6 — пружина; 7 — тяга (трос)

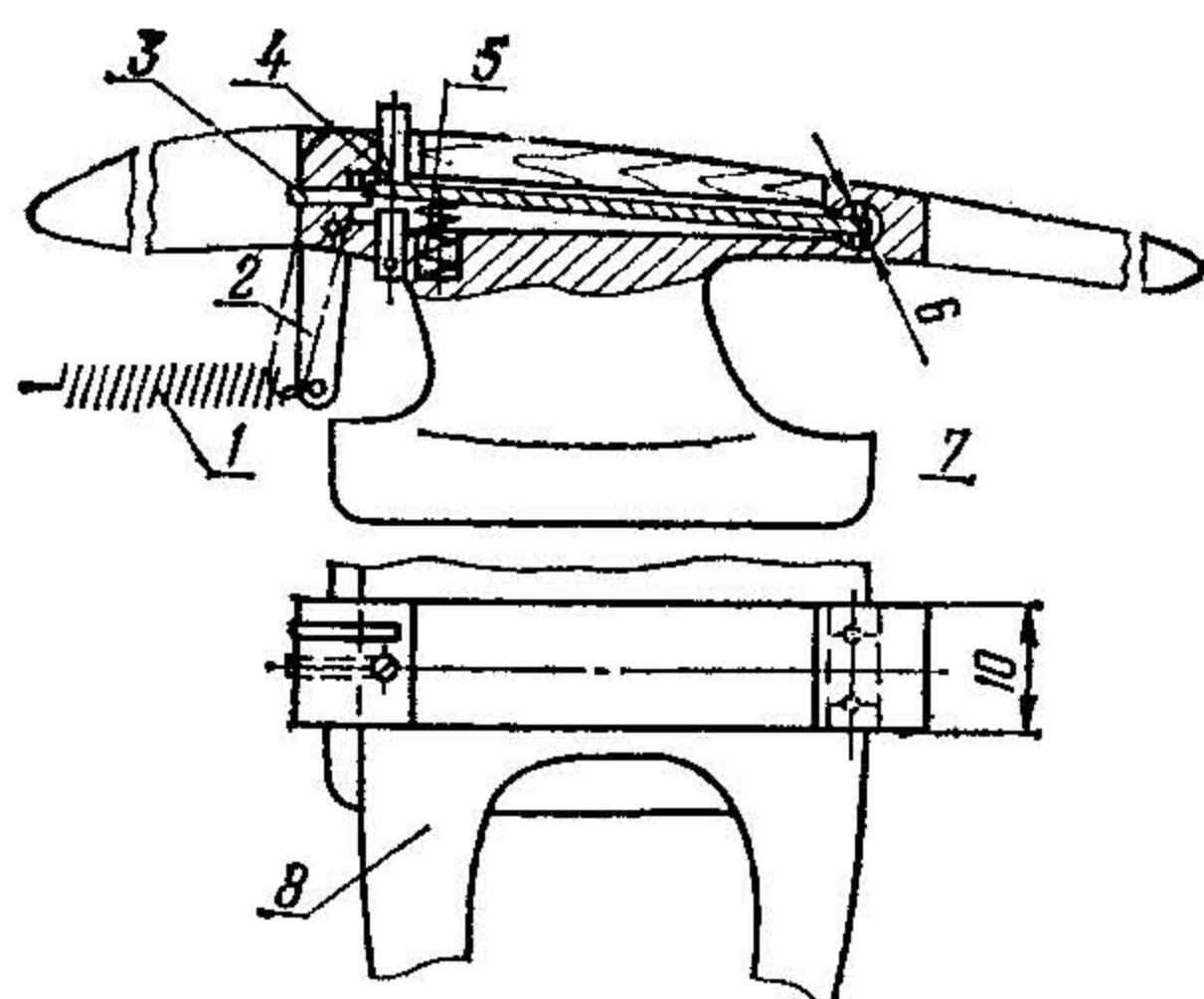


Рис. 45. Механизм перебалансировки модели ША-74

(вес узла 12,5 гс):

1 — пружина ($p = 0,6$ кг);
 2 — рычажок ($D = 16$, S1);
 3 — винт стопорный (M2);
 4 — винты регулировочные (M2); 5 — пружина ($d = 0,6$; $D = 4,2$; $L = 11,5$); 6 — палец шарнира ($\varnothing 4$, Д16—Т); 7 — пилон (МА—8); 8 — пластина стыковочная (Д16—Т; S1)

ных из проволоки ОВС $\varnothing 1$ мм, и срабатывает от стопора винта. В момент стопорения винта рычаг 3 стопорного устройства поворачивает рычажок 1 (см. разрез А—А), который сбрасывает кольцо 4 тяги со штырька 2. При этом под воздействием натянутой резиновой нити 5 отклоняется руль направления и одновременно пружина 6 поворачивает шарнирно закрепленный узел 7—10, который поднимает заднюю кромку стабилизатора.

Задатчик может быть использован и для других целей, например, для изменения угла установки крыла, отклонения закрылков, для принудительной посадки модели, пуска таймера и т. д.

Узел отклонения стабилизатора состоит из корпуса 11, изготовленного из магниевых сплава, винта 12 (M2), фиксирующего положение стабилизатора на моторном режиме и узла 7—10, который включает в себя шариковый подшипник 7 (1×4), вильчатую втулку 8 квадратного сечения ($3,5 \times 3,5$ мм) из МА-2, в которой просверлено отверстие $\varnothing 2$ мм под ушковый болт 10 (M2). Гайка 9 позволяет регулировать угол установки стабилизатора на режиме планирования. Вес узла 2 гс. Узел фиксации положений руля направления состоит из планки 13 (материал МА-2), в которую ввернуты регулировочные винты 14 (M2), трехплечей качалки 15 из целлулоида толщиной 1 мм, прикрепленной к торцу руля направления и к его оси, изготовленной из бамбука.

Система управления состоит из тяги 16 (стальной тросик $\varnothing 0,25$), присоединенной к ушку детали 8 и оканчивающейся пружиной. Тяга проходит внутри хвостовой части фюзеляжа и у его передней границы выво-

дится через отверстие металлической трубки (см. главное изображение), вклеенной в стенку Ф-2. Примерно в 150 мм от дет. 15 к тросику 16 припаяно кольцо 17, к которому крепится тросик 18 управления рулем направления, оканчивающийся пружиной 19.

РЕЗИНОМОТОР

Удельная энергия резины (ε) — работа, которую может выполнить 1 кгс резины; характеризует качество резины. Эта характеристика у резины «Пирелли» выше, чем у других сортов. Более благоприятна у нее и характеристика крутящего момента при закрутке в жгуте (максимальный $M_{кр}$ относительно меньше, и значительный пологий участок). Все это позволяет получить от резиномотора наибольшую отдачу, а также упрощает регулировку модели. Удельная энергия резины колеблется в пределах 550—780 кгс·м/кгс. Применяют резину трех сечений: 1×3; 1×4 и 1×6 мм. Из тонких нитей проще набрать требуемое сечение мотора, разрыв нити меньше сказывается на падении $M_{кр}$.

Резиномоторы с одинаковым количеством нитей нередко отличаются по своей длине (например, от 500 до 540 мм). В результате более длинные моторы имеют меньший крутящий момент. Время их раскрутки больше, а скорость и высота модели падают. Практика показала, что моторы, одинаковые не по количеству нитей, а по длине, обеспечивают большую стабильность моторного полета. Но в таком случае иногда не все нити мотора образуют замкнутое кольцо. У некоторых резиномоторов на концах нитей приходится завязывать отдельные ушки.

Подготовка резиномотора. Изготовленные из свежей резины моторы густо смазывают касторовым маслом и через несколько дней приступают к их обработке.

Заслуженный тренер СССР В. Н. Матвеев рекомендует сначала два-три раза растягивать резиномотор, постепенно увеличивая вытяжку и доводя ее до пятишестикратного значения. Затем — закручивать мотор, постепенно повышая обороты от 20 до 80% от макси-

мально допустимых оборотов. После силовой обработки мотор смазывается дополнительно.

Мастер спорта международного класса И. М. Зильберг применяет обработку двигателей лишь растяжением. Резиномотор растягивается на 6—8-кратную величину своей первоначальной длины. После этого двигатели тарируются по осевому усилию на базе 1700 мм. Резиномоторы с равным усилием отбираются для официальных стартов.

ЛЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МОДЕЛИ

Первым полетным испытаниям предшествует тщательная проверка центровки модели, установочных углов крыла, стабилизатора, лопастей и углов наклона оси винта, а также работы механизмов. Установочные углы определяют по линейным размерам на разметочной плите с помощью штангенрейсмуса. Данные замеров вносятся в журнал модели.

Первые запуски желательно проводить в безветренную погоду или при слабом ветре (до 1 м/с). Начинают с запусков на планирование с нейтральным рулем поворота. Энергичным плавным толчком модель выпускают против ветра. Вначале возможно пикирование или кабрирование. Кабрирование опасно для модели. Это может привести к поломке балки фюзеляжа, лопастей и прочим неприятностям. Угол деградации у модели ША-75 порядка $2^{\circ} 30'$ безопасен, и, как правило, при отсутствии крутки несущих поверхностей, киля и фюзеляжа, а также при нейтральной установке киля модель хорошо планирует по прямой. Если модель отклоняется в сторону, то с помощью руля поворота следует выправить траекторию полета, а пикирование или кабрирование устраняют изменением угла деградации на соответствующем режиме. Центровку лучше не изменять. Достигнув удовлетворительного прямолинейного планирования при запусках с рук, можно переходить к запускам на моторе. Доводку планирования следует проводить на высоте в различных атмосферных условиях. Предварительно следует несколько отклонить руль направления (Р. Н.) вправо, а также повернуть ось винта

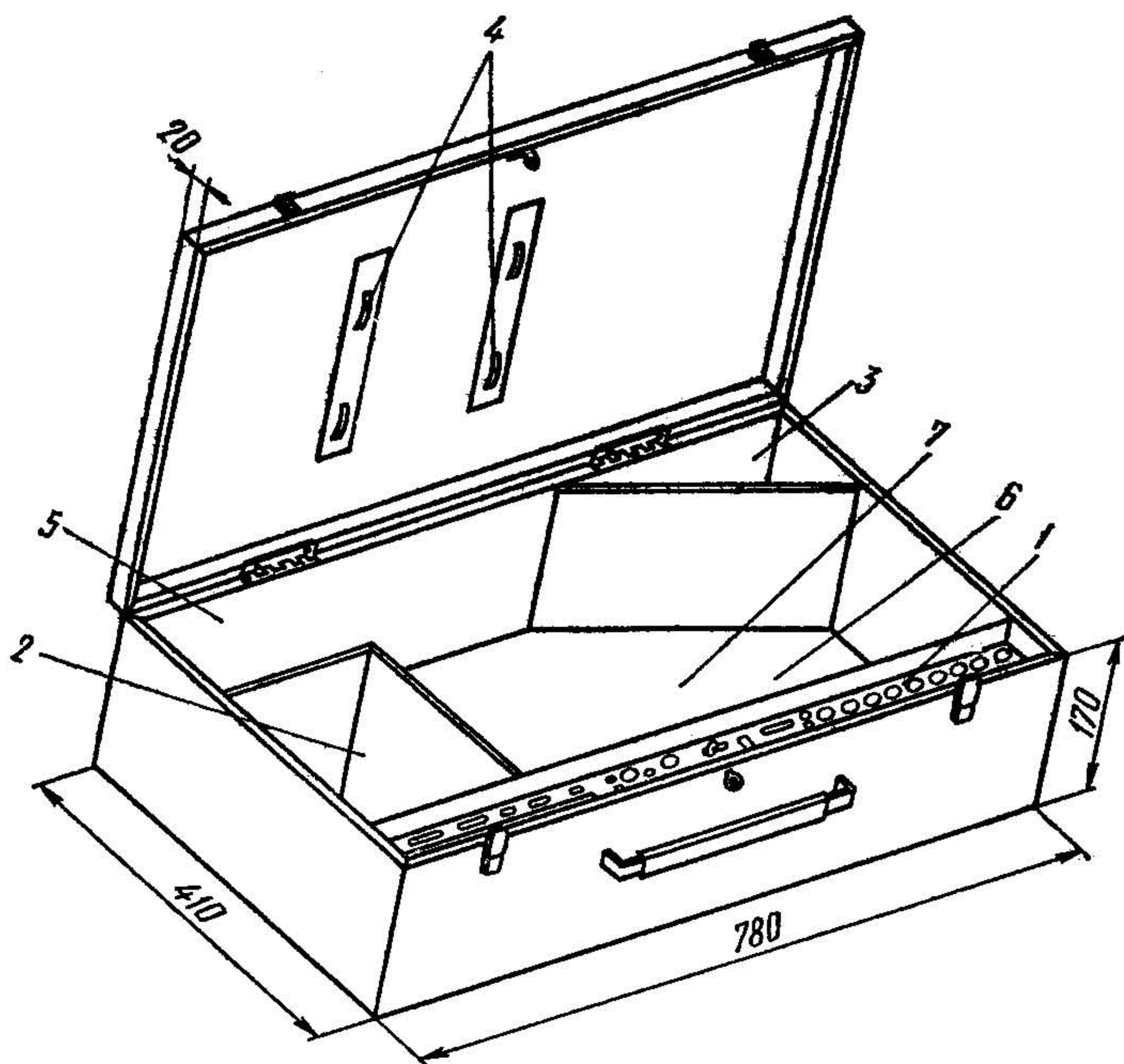


Рис. 46. Стартовый чемодан:

1 — панель для инструмента и материалов; 2 — отсек для резиномоторов; 3 — отсек для дрели; 4 — гнезда для бобышек; 5 — место для консолей крыльев; 6 — место для стабилизаторов; 7 — место для размещения фюзеляжей

вправо примерно на $30'$. При этом угол деградации на моторном режиме должен быть равным $1-1,5^\circ$. Резиномотор закручиваем на 125 оборотов, надеваем кольцо системы управления на штырек задатчика и легким толчком выпускаем модель. При этом модель должна двигаться по растянутой, умеренно восходящей спирали. Внимательно наблюдая за полетом, делаем выводы о поведении модели в обоих режимах. Наблюдения и принятые решения желательно фиксировать в журнале. Внося соответствующие поправки в регулировку, продолжаем запуски, каждый раз повышая закрутку

мотора на 50—75 оборотов, доводим ее до максимальной (≈ 450 оборотов). С первого же полета следует зажигать фитиль или включать таймер механизма парашютирования, так как термики уносят иногда модели с высоты не более 20 м. Если траектория моторного полета — плавная, восходящая до конца спираль, то для окончательной проверки следует сменить мотор на новый.

На планировании подбираем меньший радиус виража. Затем проверяем поведение модели в различных атмосферных условиях, в термиках и в турбулентной атмосфере. При этом иногда приходится несколько уменьшать угол деградации с целью предотвращения раскачивания модели или увеличивать угол отклонения Р. Н. При заметном росте крена, плоского виража можно добиться некоторым увеличением угла установки ($20'—30'$) правой консоли крыла на модели, планирующей вправо. Отрицательная крутка левой консоли менее эффективна.

Все изменения в регулировке, а также причины, вызвавшие их, желательно отмечать в специальном журнале. Туда также вписывают все замечания и намеченные доработки.

Лишь регулярные целенаправленные тренировки позволяют изучить особенности полета модели и довести ее до совершенства.

СТАРТОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Эксплуатация летающих моделей связана с транспортировкой и ремонтом, в том числе с ремонтом в полевых условиях. На рис. 46 изображен стартовый чемодан, вмещающий четыре модели и все необходимое для работы спортсмена на аэродроме.

Чемодан изготовлен из авиационной фанеры толщиной 1 и 1,5 мм и оклеен искусственной кожей.

На передней панели его в пенопластовых гнездах размещены: штангенциркуль, плоскогубцы, ножницы, пинцет, отвертки, надфили, скальпель, динамометр на 0,5 кгс (для ВИД), карандаш, нитки, прищепки, секундомер, приспособление для заправки мотора, разъемный шест для флажка (лавсановой ленты), баночки для ре-

зиновых колец, болтиков и прочих деталей, а также тюбики с эмалитом, ацетоном, эпоксидной смолой и кисти.

В левом отсеке — резиномоторы, фитильный шнур, спички, пленка для подстилки и журналы моделей. В правом угловом отсеке — дрель для заводки и некоторые материалы для ремонта. Размещение компонентов модели показано на рис. 46.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ

Рассмотрим способ замера оборотов винта в полете.

Можно применить прибор, автоматически записывающий обороты на летающей модели (рис. 47). Он позволяет записать около 150 оборотов. Это вполне достаточно для фиксации основного начального участка раскрутки мотора.

Прибор работает следующим образом. Узел самописца, связанный тягой со шкивом таймера, перемещается вдоль паза, выполненного в Ф-1. При этом он чертит винтовые кривые, отражающие обороты винта на вращающемся бумажном цилиндре, связанном с валом винта. Одновременно с оборотами следует замерить значения $M_{кр}$ резиномотора. Для этого достаточно установить еще один узел самописца на Ф-2, а цилиндр для записи — на шкиве механизма перебалансировки (см. рис. 40). Если на втулке бобышки закрепить специальную стойку и с помощью таймера осуществить протяжку ленты для записи, а на ВИД установить самописец, то каждый оборот винта оставит риску на ленте, что позволит зафиксировать изменение диаметра винта в полете.

В последние годы авиамоделисты создают приборы для выявления термических потоков. К ним относятся всевозможные электронные, механические и аэродинамические термоизвещатели.

Недостаток используемых термоизвещателей — малый радиус действия. Выше или рядом может оказаться нисходящий поток и в результате возможен срыв полета. Поэтому до сих пор на соревнованиях наибольшее распространение получил тактический прием запуска под парящую модель или птицу. Но и в этом случае

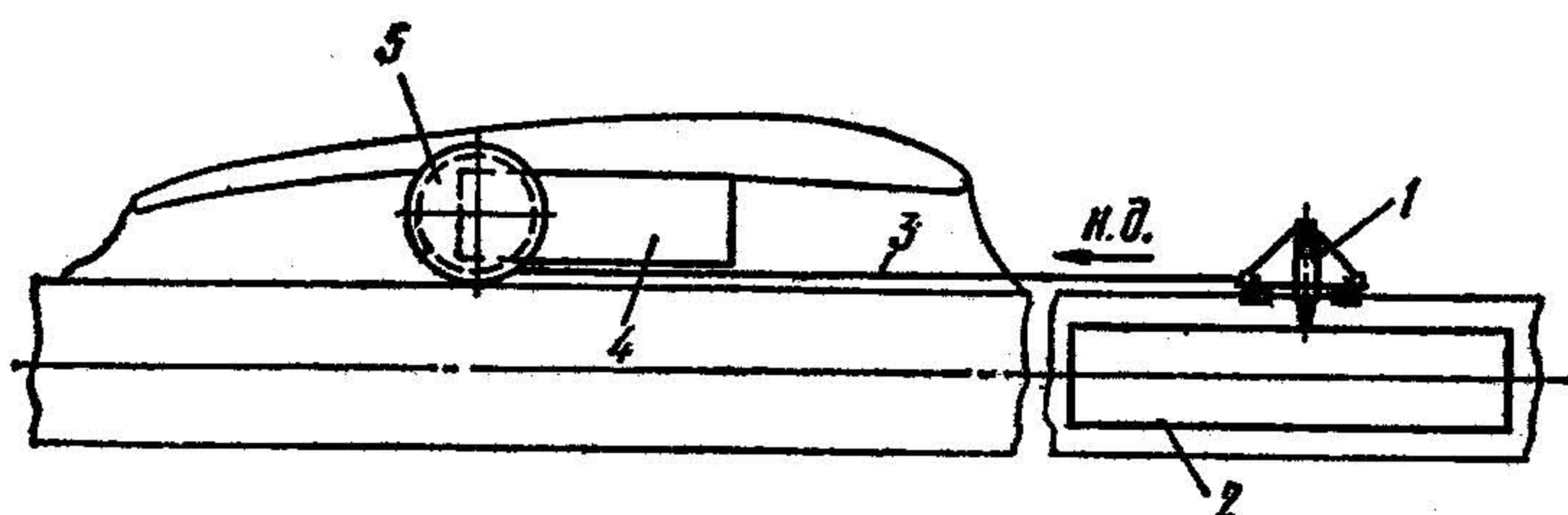


Рис. 47. Прибор для записи оборотов на летающей модели:
1 — самописец; 2 — цилиндр; 3 — тяга; 4 — таймер; 5 — шкив

не всегда удастся попасть в восходящий поток. Чтобы получить информацию о состоянии атмосферы на определенных уровнях, например, до высоты, равной 60—70 м, можно применить термоизвещатель, состоящий из шара, применяемого для метеорологических исследований (например, оболочка «100» диаметром в 1 м, весит она около 1 кгс, грузоподъемность от 1 до 3 кгс), удерживаемого на уровне ~ 100 м тремя расчалками (капроновыми нитями) (рис. 48), к которым привязаны, допустим, лавсановые ленты. Наблюдая за лентой, можно судить о состоянии атмосферы на различных уровнях, притом в довольно широком воздушном «коридоре».

Попадание модели в термик еще не гарантирует успешный полет, ибо одни модели надежно удерживаются в восходящих потоках, а другие стремятся выйти из них. Анализ полетов моделей различных аэродинамических схем в термических условиях может дать ценные данные для отбора наиболее устойчивых, аэродинамических схем.

Авиамodelисты обычно разделяют восходящие потоки на мощные и слабые, но не менее важными параметрами являются характер траектории движения, ширина полосы и турбулентность потока. Опыт показал, что модель с умеренной путевой устойчивостью и небольшим радиусом виража на планирующем режиме стабильно удерживается даже в узком и незакрученном термическом потоке. Если же поток закрученный и направления вращения потока и модели совпадают, то стабильность парения возрастает. И наоборот, противо-

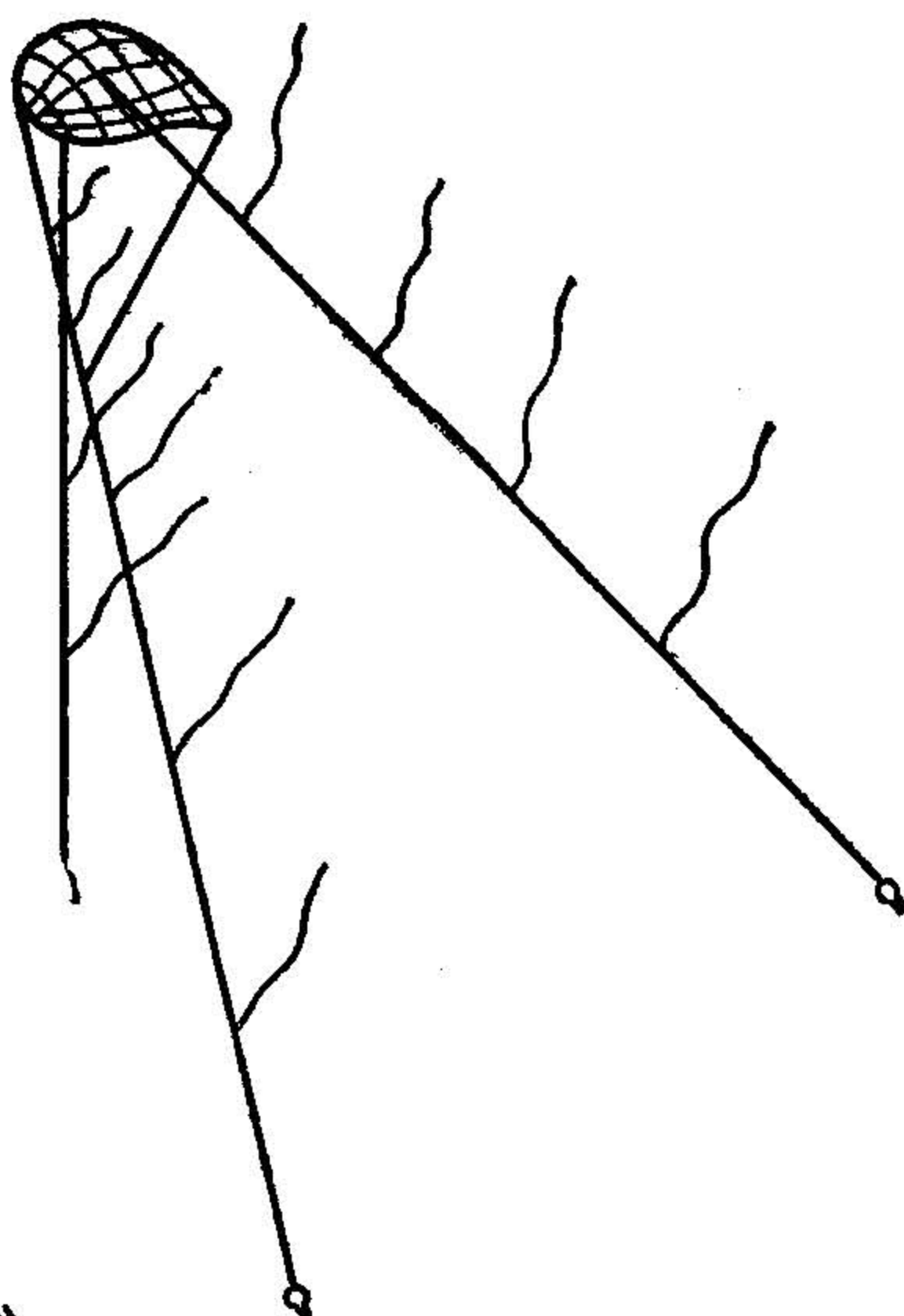


Рис. 48. Термоизвещатель «Мечта»

положное вращение может привести даже к прямолинейному полету, раскачиванию модели и срыву полета. Как правило, модель с умеренной путевой устойчивостью меняет направление вращения под влиянием потока. Следует иметь в виду, что при малом выражении увеличивается крен модели, который на парении существенно не сказывается, но на режиме планирования приводит к росту скорости снижения.

Обычно модель приобретает высокие летательные качества лишь после продолжительных и целенаправленных летных испытаний в различных атмосферных условиях. Иногда такого рода доводка модели продолжается в течение ряда лет и с того момента, когда ее обладатель принимает решение считать ее первой, она больше всего эксплуатируется и, естественно, резко возрастает вероятность улета лучшей модели. Другая модель, даже абсолютная копия первой, летает хуже. Лишь со временем она может стать лидером. Поэтому очень важно принимать меры для предотвращения потери моделей.

Для поиска моделей голландский спортсмен Де Боер применяет миниатюрный радиомаяк, вес которого с питанием 20 гс и радиус действия составляет 400—500 м. В качестве пеленгатора используется обычный транзисторный радиоприемник с направленной антенной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миклашевский Г. В. Летающие модели. М., Оборонгиз, 1946.
2. Куманин В. В. Фюзеляжные модели самолетов с резиновыми двигателями. М., Изд-во ДОСААФ, 1958.
3. Куманин В. В. Регулировка и запуск летающих моделей. М., Изд-во ДОСААФ, 1959.
4. Смирнов Э. П. Винты резиномоторных летающих моделей. М., Изд-во ДОСААФ, 1961.
5. Смирнов Э. П. Как сконструировать и построить летающую модель. М., Изд-во ДОСААФ, 1973.
6. Хорейши М. Аэродинамика летающих моделей. Прага, Изд-во «Наша армия», 1957.

Журнал «Крылья Родины»:

7. 1958 — № 6.
8. 1959 — № 5.
9. 1962 — № 3.
10. 1970 — № 1.

Журнал «Моделист-конструктор»:

11. 1969 — № 8.
12. 1971 — № 4.

Бюллетень «Информационные материалы» Центрального спортивно-технического клуба авиамоделизма ЦК ДОСААФ СССР:

13. 1973 — № 1.
14. 1973 — № 4.
15. 1975 — № 7.

Журнал «Моделяж» (ПНР):

16. 1974 — № 6.

Журнал «Моделарж» (ЧССР):

17. 1972 — № 3.
18. 1974 — № 9.

Журнал «Моделезеш» (ВНР):

19. 1961 — № 2.

СОДЕРЖАНИЕ

Современная резиномоторная модель самолета чемпионатного класса	3
Механизация воздушных винтов	15
Пути повышения потолка высоты полета модели	24
Расчет летных характеристик	30
Расчет винта изменяемого диаметра	35
Винт изменяемого в полете шага	45
Механизмы перебалансировки модели	48
Резиномотор	53
Летные испытания модели	54
Стартовое оборудование	56
Перспективные направления работ	57
Литература	60

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

На книги, готовящиеся к печати, местные книжные магазины принимают предварительные заказы. Своевременно оформленный заказ гарантирует приобретение нужной вам книги.

Как оформить предварительный заказ?

Предварительный заказ оформляется на обычной почтовой открытке. На каждую книгу заполняется отдельная открытка. В графах «Куда» и «Кому» напишите свой адрес и фамилию, на обороте — фамилию автора и название книги, а также наименование издательства и порядковый номер, под которым заказываемая вами книга указана в плане издательства. Заполненные открытки — предварительные заказы — сдайте или отправьте в конверте в книжный магазин.

О поступлении книги в продажу вы будете извещены книжным магазином по почте. Это позволит вам приобрести ее в первые дни продажи.

Ваши отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 107066, Москва, Новорязанская ул., 26, Издательство ДОСААФ СССР, редакция спортивной литературы.

65T.5
III28

А ДРЕСА МАГАЗИНОВ
«ВОЕННАЯ КНИГА — ПОЧТОЙ»

480091	Алма-Ата, ул. Кирова, 124
690000	Владивосток, ул. Ленинская, 18
443099	Куйбышев, ул. Куйбышевская, 91
191186	Ленинград, Невский проспект, 20
290007	Львов, проспект Ленина, 35
220029	Минск, ул. Куйбышева, 16
113114	Москва, Даниловская наб., 4-а
630076	Новосибирск, Красный проспект, 59
270039	Одесса, ул. Дерибасовская, 13
185002	Петрозаводск, ул. Гоголя, 22
226047	Рига, ул. Большая Смилшу, 16
344018	Ростов-на-Дону, Буденновский просп., 76
620062	Свердловск, ул. Ленина, 101
184600	Североморск, ул. Сафонова, 17
700071	Ташкент, шоссе Луначарского, 61
380007	Тбилиси, пл. Ленина, 4
720001	Фрунзе, ул. Красноармейская, 250
680028	Хабаровск, ул. Серышева, 11
672000	Чита, центр, ул. Ленина, 111-а

«КНИГА — ПОЧТОЙ»

117168	Москва, ул. Кржижановского, 14
105203	Москва, 15-я Парковая, 16 (плакаты)
107053	Москва, Павелецкий пр., 1/12, «Транспортная книга»

Книги. высылаются без задатка наложенным платежом, т. е. с оплатой при их получении.

Заказ на книги делается на специальных открытках «Книга—почтой», которые продаются в отделениях связи и книжных магазинах на местах, в том числе и в сельской местности.

Следует иметь в виду, что в каждую почтовую карточку вписывается только одно название книги.