

ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОФОТОСЪЕМКА

Московский институт инженеров геодезии,
аэрофотосъемки и картографии
Доцент, канд. техн. наук г. Н. Родионов

**САМОУРАВНОВЕШИВАЮЩАЯСЯ КАССЕТА
ДЛЯ АЭРОФОТОАППАРАТА**

В кассетах, применяющихся в аэрофотоаппаратах, центр тяжести перемещается вследствие перемотки пленки с одной катушки на другую. Это затрудняет работу гиросtabilизирующих установок. Кроме того, внутри таких кассет имеется много свободного пространства, увеличивающего их габариты.

Автором предложена схема кассеты, при которой центр тяжести практически не двигается, а габариты кассеты сведены до минимума*. Отличительная особенность схемы в том, что в процессе перемотки пленки оси бобин перемещаются по направляющим, а сами бобины предельно сближены друг с другом. Один из вариантов схемы показан на рис. 1.

Оси 1 и 2 бесфляцевых бобин с пленкой А и В могут перемещаться по направляющим 3, образующим щеки, предохраняющие пленку от сползания с бобин. Пленка с подающей бобины А, огибая направляющий валик 4 и измерительный валик 5, подается на тянущую бобину В. Бобины А и В с помощью пружинного устройства, не показанного на чертеже, прижимаются к каретке 6, которая по мере перемотки пленки перемещается по направляющим посредством специального винтового механизма 7 так, что центр тяжести системы остается неподвижным.

На рис. 1 показаны последовательные стадии перемотки пленки и эпюры движения осей бобин и каретки.

Для сохранения неизменным положения центра тяжести системы, элементами которой служат каретка 6 и бобины А и В, последние должны в процессе перемотки пленки перемещаться по закону

$$-M_A = M_B + M,$$

где $M_A = q_A x_A$, $M_B = q_B x_B$, $M = q x$ — моменты относительно начала координат, q , q_A , q_B — веса, x , x_A , x_B — координаты центров тяжести соответственно каретки и бобин. При этом имеется в виду, что центры тяжести элементов системы лежат на оси абсцисс, параллельной направляющей, а начало координат совпадает с центром тяжести системы.

* Авторское свидетельство № 142521.

Заменяя M_A , M_B , M их значениями, найдем

$$-q_A x_A = q_B x_B + qx. \quad (1)$$

Так как легко осуществить совпадение центров тяжести бобин с их осями вращения, то взаимное расположение центров тяжести элементов системы характеризуется уравнениями:

$$-x_A = r_A + r - x, \quad (2)$$

$$x_B = r_B + r + x, \quad (3)$$

где r_A и r_B — радиусы бобин, а r — половина расстояния между бобинами

Уравнения (1), (2), (3) позволяют найти необходимое перемещение x каретки, при котором центр тяжести рассматриваемой системы остается неподвижным.

Для простоты рассуждений будем полагать, что оси бобин выполнены так, что их веса равны весам пленки, занимающей такие же объемы, т. е. при условии

$$q_A = \pi r_A^2 l \rho, \quad q_B = \pi r_B^2 l \rho,$$

где l — длина бобин, ρ — удельный вес пленки.

Подставив эти выражения в (1), получим

$$-\pi l \rho r_A^2 x_A = \pi l \rho r_B^2 x_B + qx. \quad (4)$$

Решая уравнения (2), (3), (4), получаем

$$x = \frac{r_A^2 (r_A + r) - r_B^2 (r_B + r)}{\frac{q}{\pi l \rho} + r_A^2 + r_B^2}. \quad (5)$$

Величины r_A и r_B изменяются при перемотке пленки. Их значения можно найти по формулам:

$$s_A d = \pi r_A^2, \quad (6)$$

$$s_B d = \pi r_B^2, \quad (7)$$

где s_A и s_B — длина пленки в сплошном рулоне, площадь поперечного сечения которого равна площади поперечного сечения бобин A и B , d — толщина пленки.

Если общая фактическая длина пленки равна S , а на бобину B фактически намотана пленка длиной s , то получим

$$s_A = s_0 + S - s, \quad (8)$$

$$s_B = s_0 + s, \quad (9)$$

где

$$s_0 = \frac{\pi r_0^2}{d}; \quad (10)$$

r_0 — радиус оси бобины. Из (6), (7), (8), (9) и (10) найдем

$$r_A = \sqrt{\frac{d}{\pi}(s_0 + S - s)}, \quad (11)$$

$$r_B = \sqrt{\frac{d}{\pi}(s_0 + s)}. \quad (12)$$

Все каретки q целесообразно подобрать так, чтобы при $s = 0$ и $s = S$ центр тяжести располагался посредине системы. При этом должно обеспечиваться условие

$$x = \frac{L}{2} - 2r_B - r, \quad (13)$$

где (см. рис. 1)

$$L = 2(r_A + r + r_B). \quad (14)$$

Следовательно, из (13) и (14)

$$x = r_A - r_B. \quad (15)$$

Подставив (15) в (5) и решив относительно q , после преобразований найдем

$$q = \pi l \rho [r_A r_B + r(r_A + r_B)]. \quad (16)$$

При $s = 0$ получим

$$q' = \pi l \rho [r'_A r'_B + r(r'_A + r'_B)], \quad (17)$$

где, на основании (11) и (12),

$$r'_A = \sqrt{\frac{d}{\pi}(s_0 + S)}, \quad (18)$$

$$r'_B = \sqrt{\frac{d}{\pi}s_0}. \quad (19)$$

Подставив (17) в (5) с учетом (11) и (12), будем иметь:

$$x = \frac{r_A^2(r_A + r) - r_B^2(r_B + r)}{r'_A r'_B + r(r'_A + r'_B) + \frac{d}{\pi}(2s_0 + S)}, \quad (20)$$

$$x = \frac{\left[\frac{d}{\pi}(s_0 + S - s)\right]^{\frac{3}{2}} - \left[\frac{d}{\pi}(s_0 + s)\right]^{\frac{3}{2}} + r(S - 2s_0)\frac{d}{\pi}}{r'_A r'_B + r(r'_A + r'_B) + \frac{d}{\pi}(2s_0 + S)}. \quad (21)$$

Последняя формула выражает зависимость между количеством перемотавшейся пленки и необходимым перемещением балансирующей каретки, что позволяет осуществить автоматическое перемещение каретки по мере перемотки пленки. Из (21) следует, что величина x нелинейна относительно s . Однако практически этой нелинейностью можно пренебречь и написать

$$x' = k \left(\frac{S'}{2} - s \right), \quad (22)$$

где k — некоторый постоянный коэффициент, подбираемый эмпирически.

При замене x на x' возникает погрешность

$$\Delta x = x' - x. \quad (23)$$

В приведенной ниже таблице даны целесообразные значения k , подобранные для различных S . Там же помещены максимальные и средние величины Δx , получающиеся при использовании x' вместо x .

Таблица рассчитана с помощью формул (21), (10), (18), (19), (22), (23) при условии $d = 0,17$ мм, $r = 5$ мм, $r_0 = 30$ мм.

Таблица

$S, \text{ мм}$	60	120	300
$k \cdot 10^{-3}$	1,155	0,947	0,683
$\Delta x_{\text{max}}, \text{ мм}$	+0,29	+0,80	+1,37
$\Delta x_{\text{ср}}, \text{ мм}$	0,09	0,24	0,55

Общий характер изменения Δx по S для этих данных показан на рис. 2; при $S = 300$ м, Δx практически меньше 1 мм.

При замене (21) на (22) центр тяжести системы будет смещен из точки O (см. рис. 1) на величину Δx , а следовательно, система разбалансируется. При этом возникает вредный момент

$$\Delta M = (q_A + q_B + q) \Delta x. \quad (24)$$

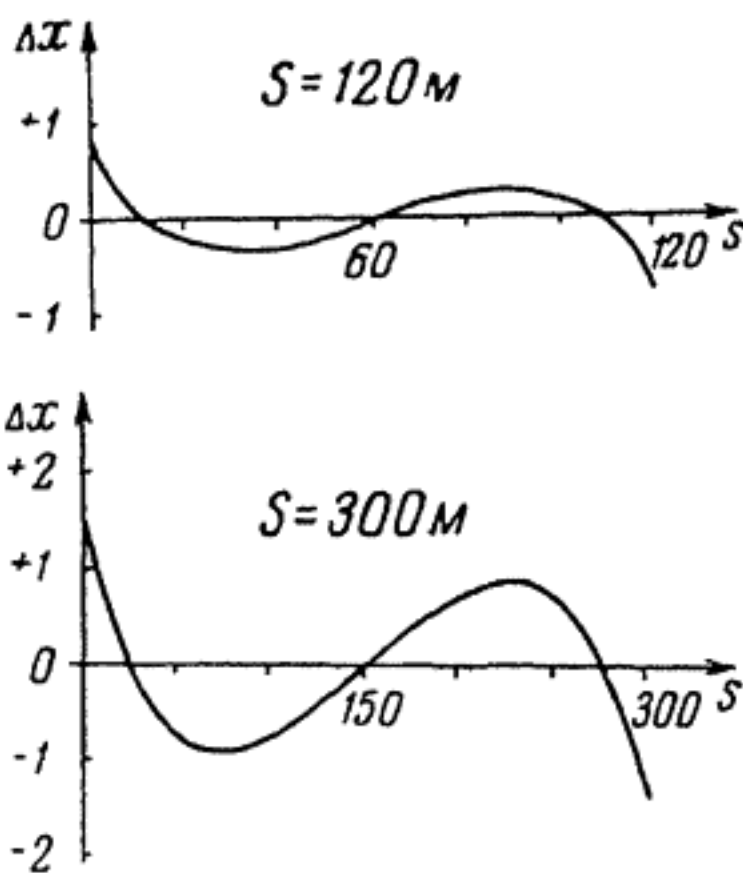


Рис. 2

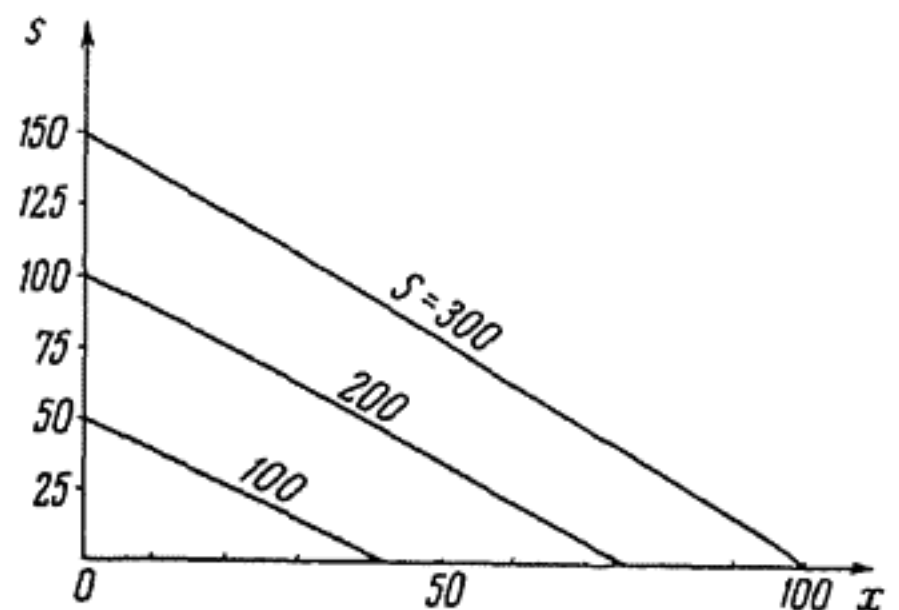


Рис. 3

Влиянием этого момента в большинстве случаев можно пренебречь, так как он меньше момента трения в осях гирустановки, а также момента возможной разбалансировки системы, возникающей вследствие отклонений удельного веса аэропленки p от номинала, принимаемого при расчете по формуле (17) веса каретки q_1 . Так при длине пленки $S = 120$ м имеем $\Delta M \approx 0,5$ кг·см, тогда как момент трения в осях гирустановки Н-55 составляет около 1,5 кг·см. Если вес пленки отличается от номинала на 5%, то момент разбалансировки составит почти 2 кг.

На рис. 3 показана часть кривых x , рассчитанных по формуле (21) для кассеты на 300 м пленки при зарядке в нее неполнометражных бобин. При расчете использовались упомянутые выше данные, вес каретки взят таким, каким он должен быть при полнометражной зарядке. Из рис. 3 можно видеть, что кривые весьма близки к прямым, но наклон их к оси абсцисс не одинаков. Следовательно, при зарядке в кассету кусков пленки разной длины будет изменяться коэффициент k .

Если каретка 6 (см. рис. 1) перемещается при помощи винтового механизма 7, приводимого в действие от мерного валика 5 через редуктор 8, то введение необходимой величины k может осуществляться подбором соответствующего коэффициента редукции.

Из изложенного следует, что при зарядке пленки в кассету с автобалансирующим механизмом каретка должна устанавливаться в определенное положение согласно с длиной пленки. Это начальное положение характеризуется абсциссой x_0 , значение которой вычисляют по формуле (21) для $s = 0$.

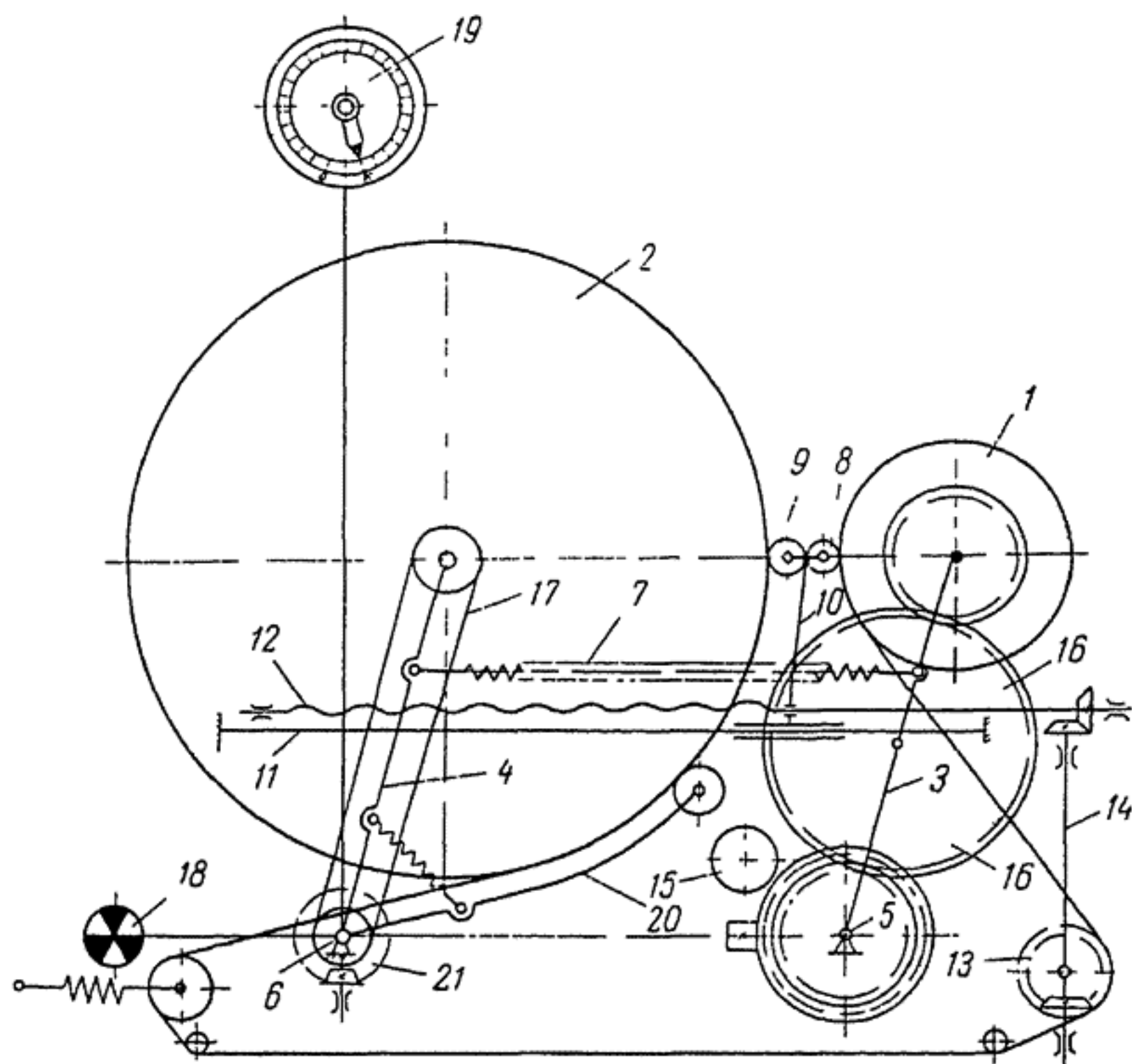


Рис. 4

Величины x_0 и k могут быть рассчитаны заранее и представлены в виде таблицы или графика.

Специальным конструкторским бюро по техническому заданию кафедры аэрофотосъемки МИИГАиК разработана конструкция механизма кассеты, работающей по изложенному принципу*. Схема этого механизма представлена на рис. 4. В отличие от схемы, изображенной на рис. 1, бобины 1, 2 расположены на рычагах 3, 4, которые могут поворачиваться в точках опоры 5, 6, укрепленных на основании кас-

* Конструкция разработана инженером Н. А. Гавриловым.

сеты (на чертеже не показано) Рычаги стянуты пружиной 7, вследствие чего бобины 1, 2 прижимаются к валикам 8, 9 каретки 10. Последняя передвигается по направляющим 11 винтовым механизмом 12, который приводится в действие мерным валиком 13 через редуктор 14.

Наматывающая бобина 1 приводится во вращение электродвигателем 15 посредством зубчатой передачи 16, расположенной на рычаге 3. Вращение бобины 2 через трансмиссию 17 передается указателю перемотки 18. Запас пленки на бобине 2 измеряется указателем 19, который приводится в действие рычагом 20 через коническую зубчатую передачу 21.

Замена движения бобин по прямолинейным направляющим движением по дуге окружности вокруг точек 5, 6 вызывает перемещение центра тяжести по вертикали на 2—3 мм. Это не влияет на работу гирустановки.

Экспериментально-производственными мастерскими МИИГАиК изготовлен опытный образец такой кассеты. Он рассчитан на запас плен-

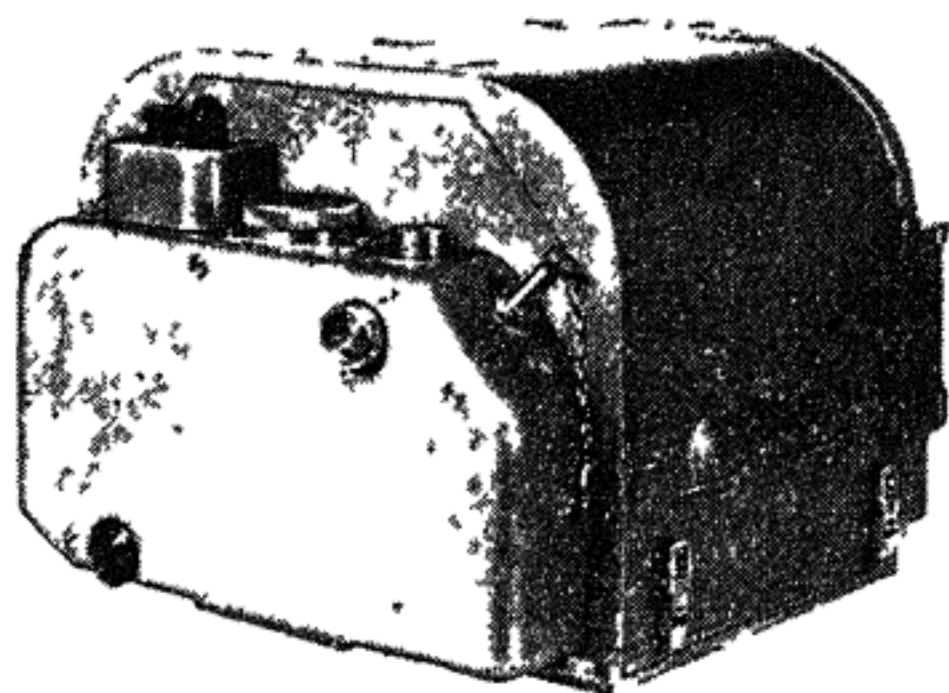


Рис 5

ки 120 м шириной 19 см. На рис. 5, 6, 7 показан внешний вид кассеты. На рис. 8 даны сравнительные габариты кассеты АФА-ТЭ на 60 м

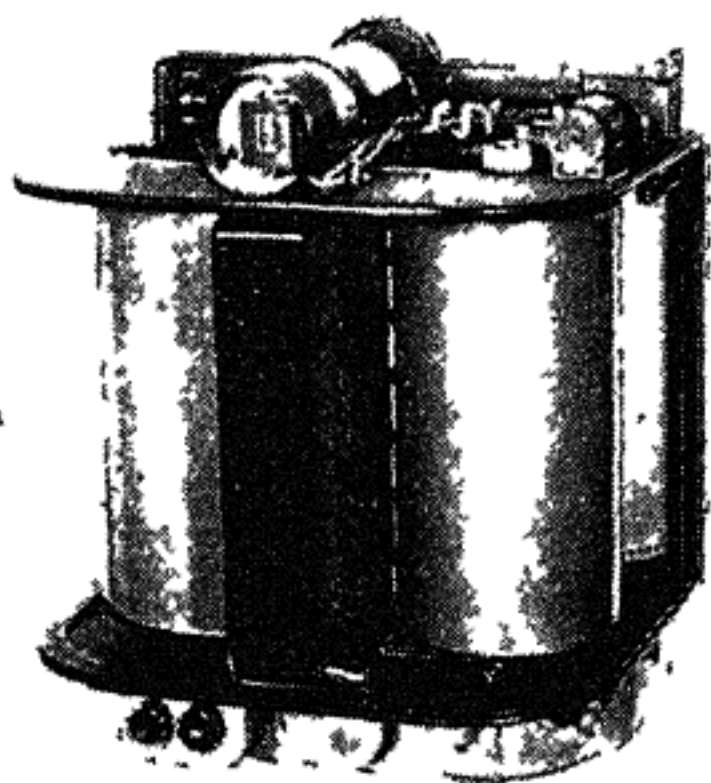


Рис. 6

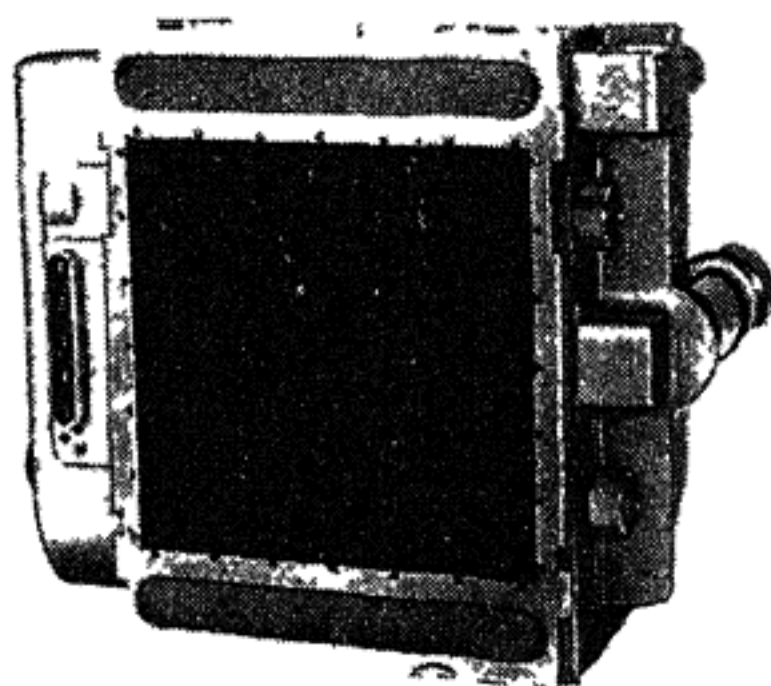


Рис 7

пленки (пунктирная линия) и самоуравновешивающейся кассеты указанной конструкции (сплошная линия). Можно видеть, что практически при тех же габаритах предлагаемая кассета вмещает вдвое больше пленки. Вес новой кассеты составляет 16,3 кг, тогда как кассета

АФА-ТЭ весит 11,7 кг. Полетный же вес аэрофотоаппарата АФА-ТЭ с новой кассетой на гирустановке не превосходит полетного веса со старой кассетой, так как с гирустановки удаляется механизм балансира. Но при этом запас пленки будет вдвое большим. При таком же запасе пленки комплект АФА-ТЭ с двумя старыми кассетами на 10 кг тяжелее.

По сравнению с кассетами обычной схемы, новая кассета дает выигрыш в продольном размере на 20%.

В тех случаях, когда допускается изменение центра тяжести, принцип перемещения бобин дает еще больший выигрыш в продольном

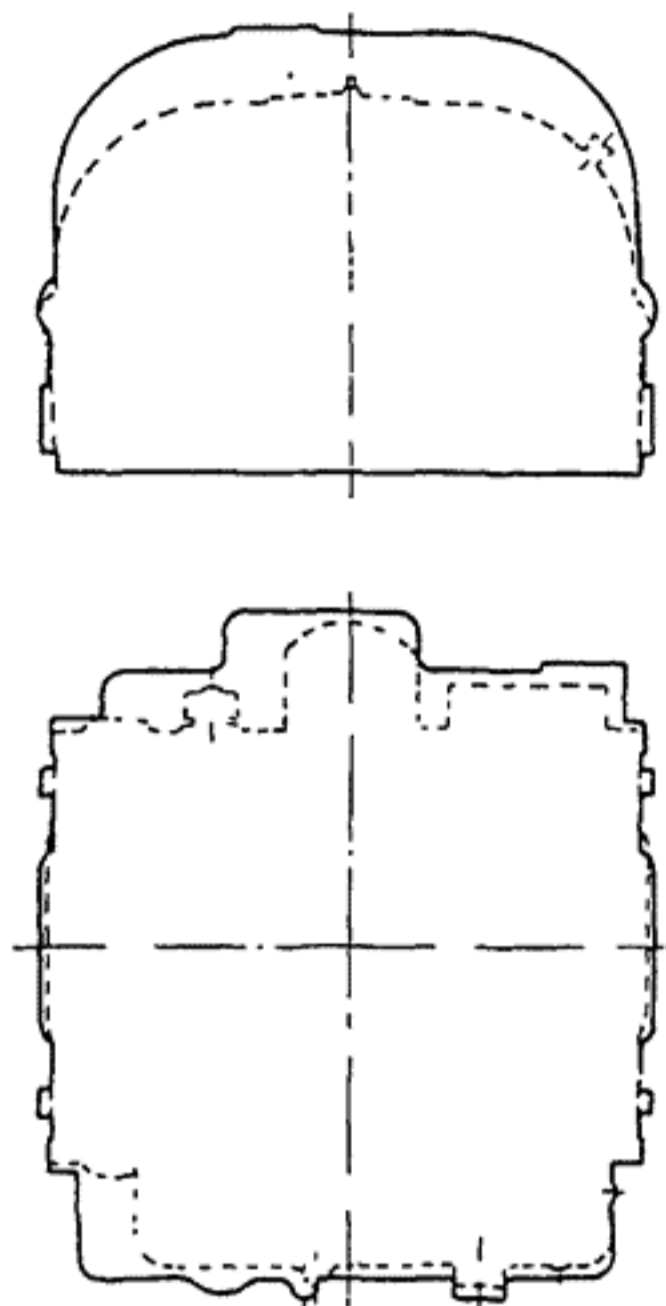


Рис. 8

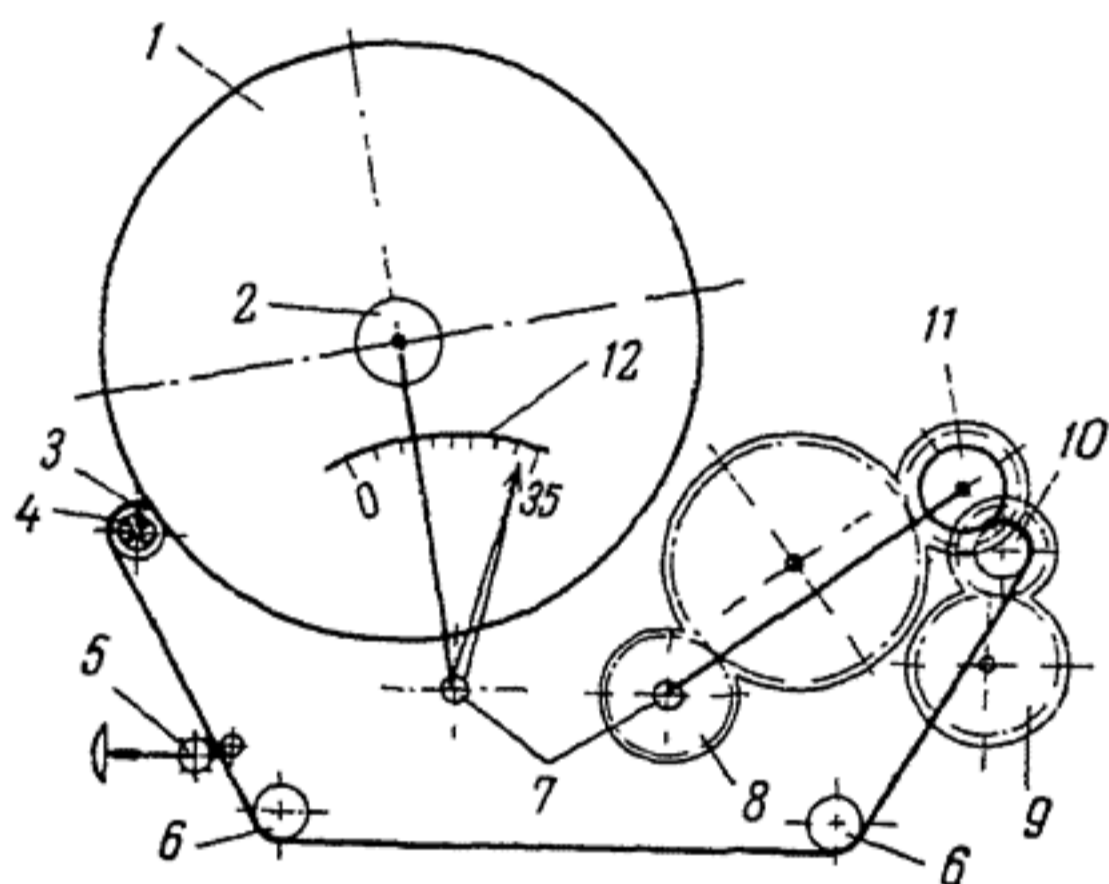


Рис. 9

размере кассеты. На рис. 9 показана другая схема кассеты, на которой обозначено: 1 — пленка; 2 — подающая бобина, 3 — упорный валик подающей бобины; 4 — указатель движения пленки; 5 — компостер; 6 — направляющий валик; 7 — качающиеся полуоси; 8 — привод вращения принимающей бобины; 9 — привод выключения вращения принимающей бобины; 10 — мерный — он же упорный валик принимающей бобины; 11 — принимающая бобина; 12 — указатель запаса пленки.

На оси подающей бобины имеется фрикцион (на чертеже не показан). Вследствие этого при натяжении пленки принимаемой бобиной, обе бобины притягиваются к упорным валикам 3 и 10. По мере перемотки пленки диаметр бобины 2 уменьшается, а бобина 11 увеличивается и пространство, освобождаемое бобиной 2, заполняется бобиной 11.

Такая схема дает выигрыш в продольном размере кассеты по сравнению с обычной схемой на 30%. Центр тяжести у такой кассеты перемещается значительно меньше, чем у обычной.

По описанной схеме на кафедре аэрофотосъемки МИИГАиК сконструирована кассета* для малоформатного аэрофотоаппарата АФА

* Конструкция разработана инженерами А. С. Дорофеевым и В. С. Романовым.

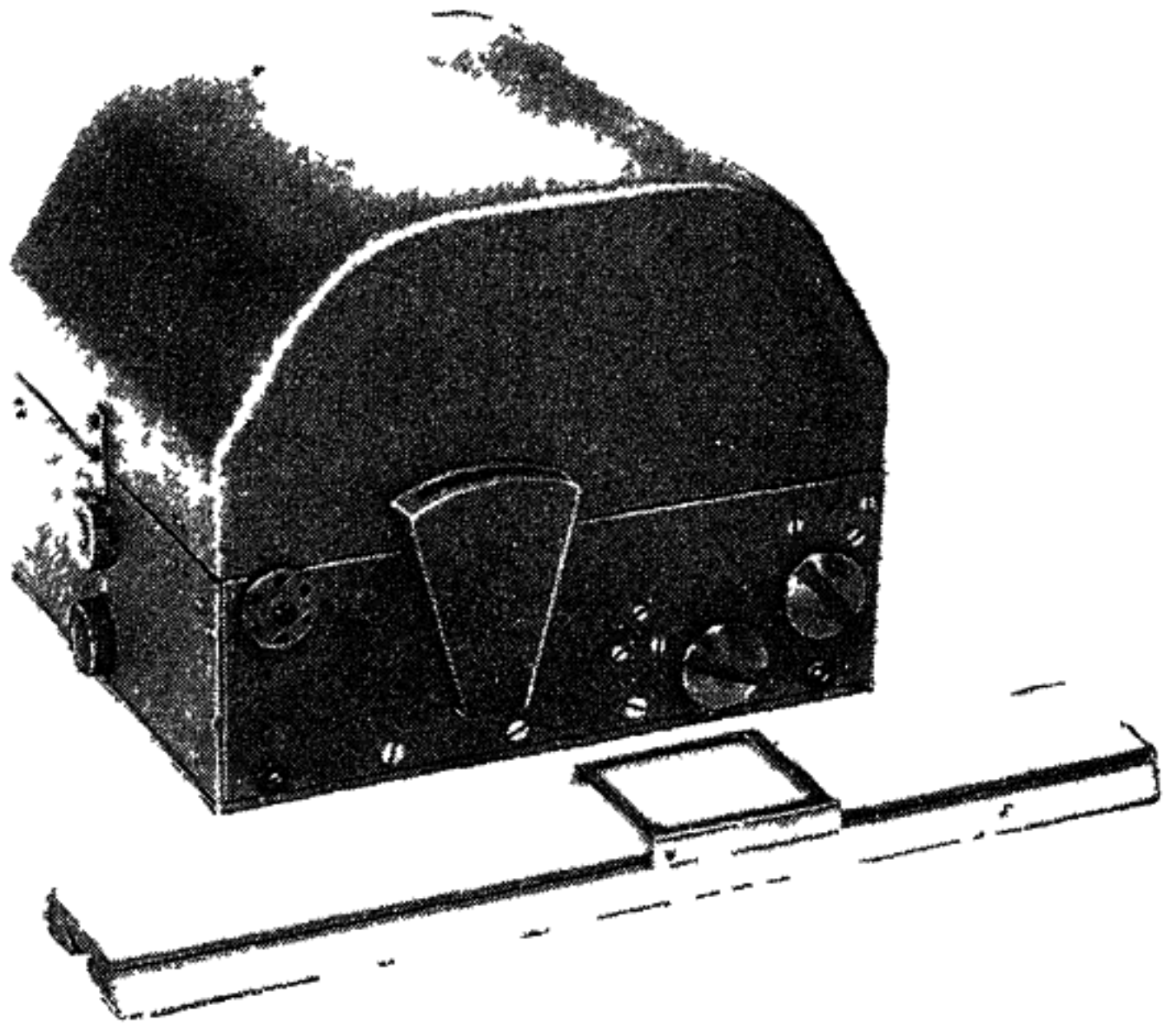


Рис 10

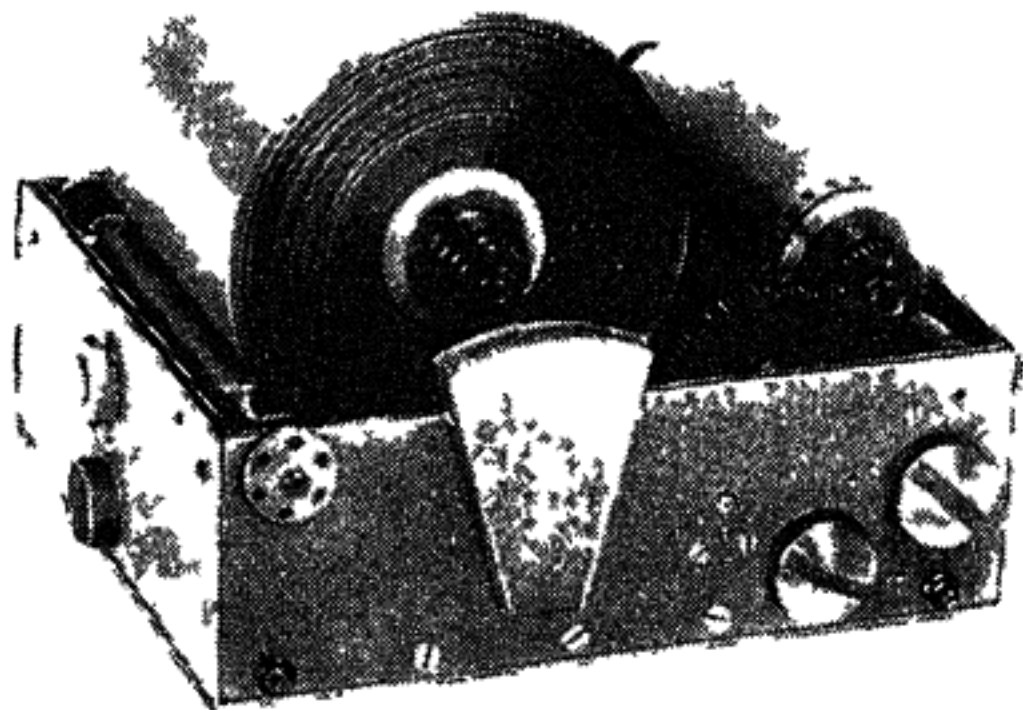


Рис 11

МИИГАиК 7; экспериментально-производственными мастерскими МИИГАиК изготовлены опытные образцы.

Кассета вмещает 35 м пленки шириной 8 см. Ее внешний вид показан на рис. 10 и 11.

В настоящее время на кафедре аэрофотосъемки продолжают работы по усовершенствованию новой схемы кассеты аэрофотоаппарата.

Поступила в редакцию 28 августа 1962 г.