

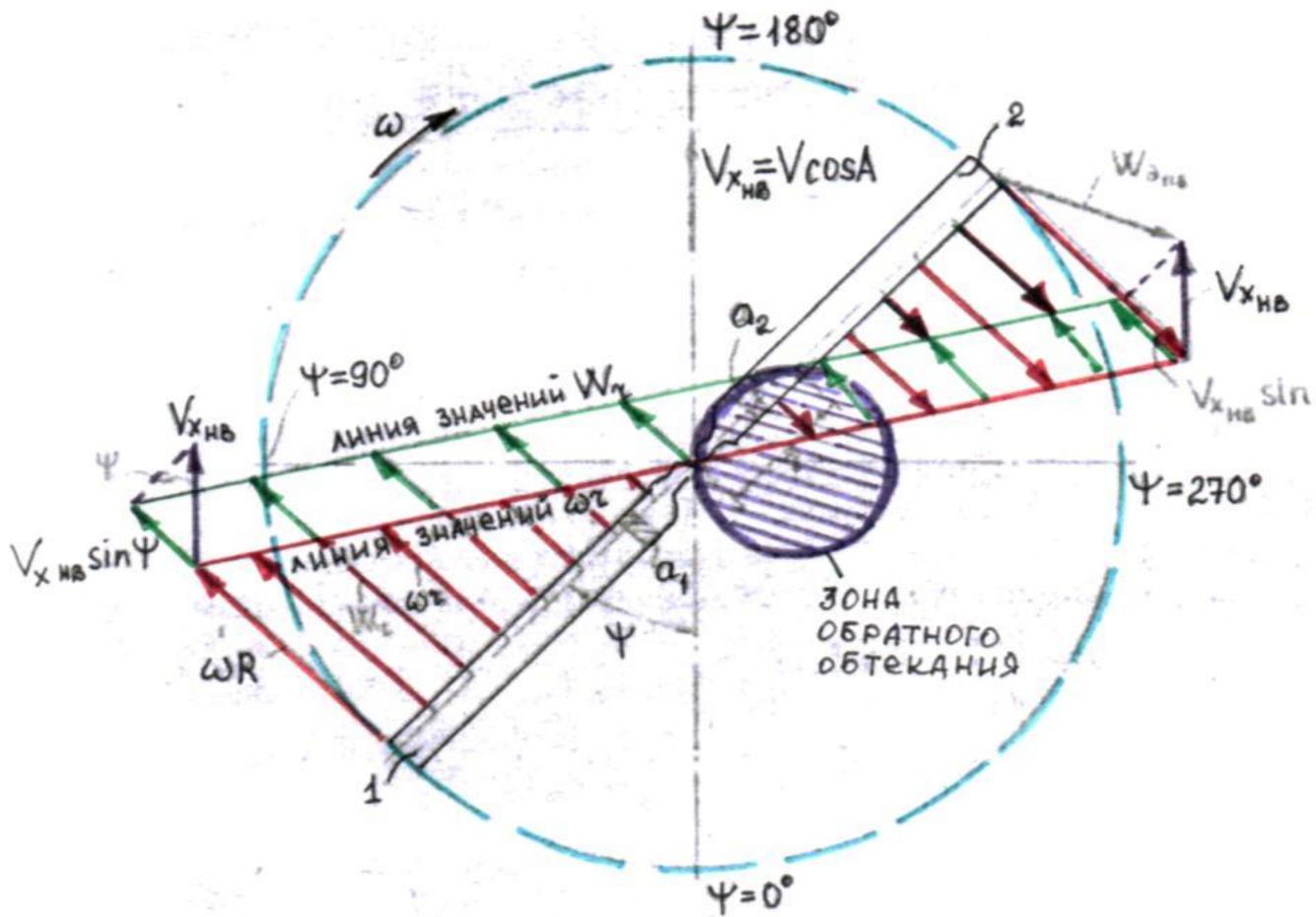
# Эксплуатация и ремонт вертолетов, самолетов и авиационных двигателей

## Раздел №1 «Воздушные суда»

### Тема №1 «Аэродинамика и летно-технические данные вертолётa»



### Групповое занятие №3 «Физическая сущность необходимости постановки шарниров»



## Учебные вопросы:

1. Необходимость постановки горизонтального шарнира
2. Необходимость постановки вертикального шарнира
3. Полная аэродинамическая сила несущего винта.  
Принцип работы автомата перекоса



# Вопрос №1 Необходимость постановки горизонтального шарнира

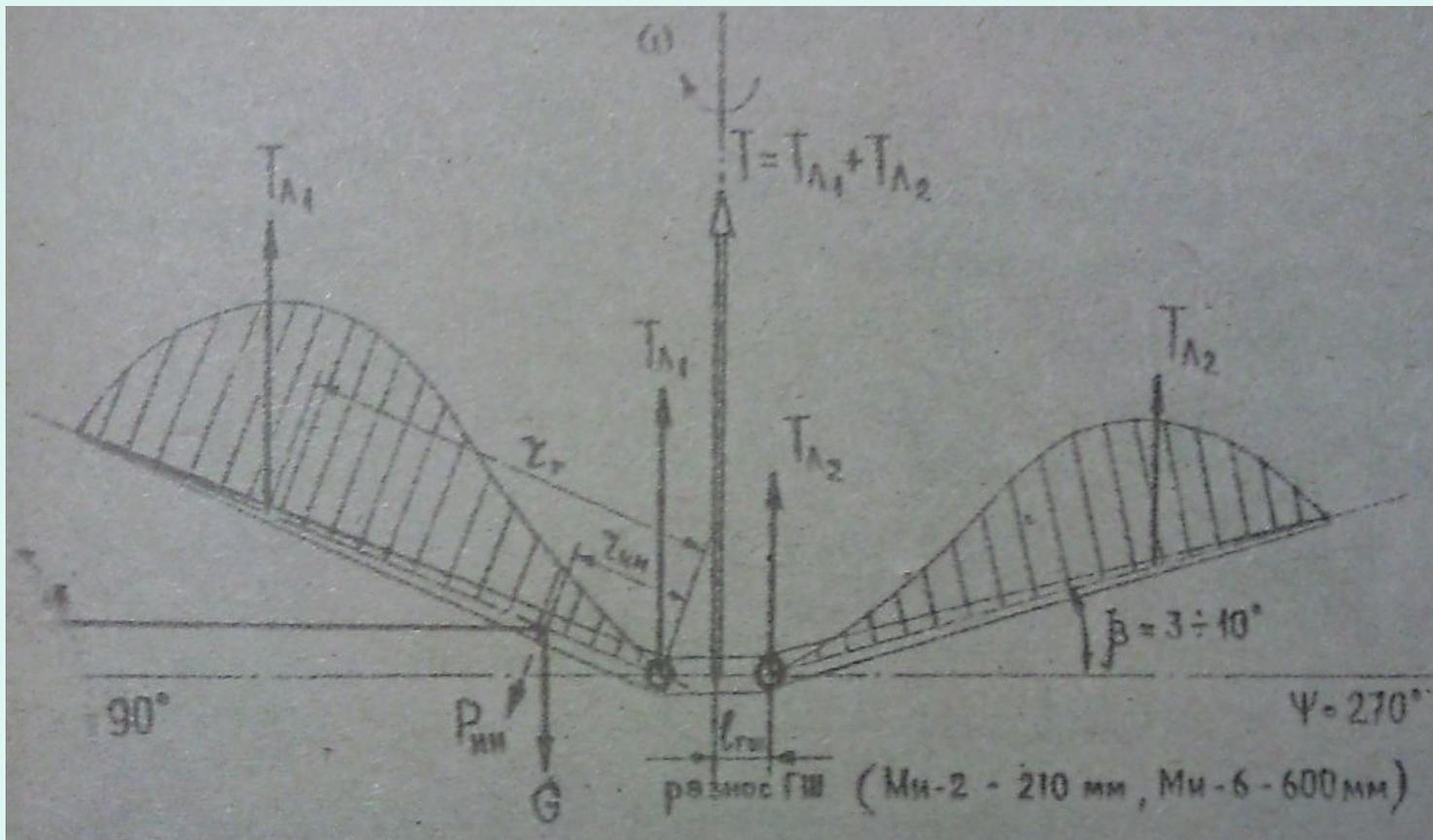
- **Недостатки НВ с жестким креплением лопастей.**

Распределенная нагрузка  $T_{\Sigma}$  стремится изогнуть лопасть с жестким креплением. При этом величина  $M_{\text{изг}}$  непрерывно возрастает к комлю лопасти.

- **Изгибающий момент** является переменным по азимуту лопасти, для его компенсации требуется мощный лонжерон. Изгибающий момент лопасти стремится повернуть за втулку вал винта в направлении, противоположном азимуту лопасти в данный момент.
- **Опрокидывающий момент**, который пытается повернуть втулку в сторону лопасти создающей меньшую тягу.
- Опрокидывающий момент достигает наибольшей величины, когда лопасти занимают азимуты  $90^{\circ}$  и  $270^{\circ}$ .
- Переменный  $M_{\text{опр}}$  вызывает сильные вибрации и без его уравнивания полет не возможен. Наиболее радикальным средством избавления от изгибающего и опрокидывающего моментов является шарнирное крепление лопастей НВ.

## Назначение горизонтального шарнира.

- **Горизонтальный шарнир** лопасти НВ предназначен для разгрузки ее комля и втулки НВ от изгибающего момента, а также для устранения опрокидывающего момента при косом обтекании.



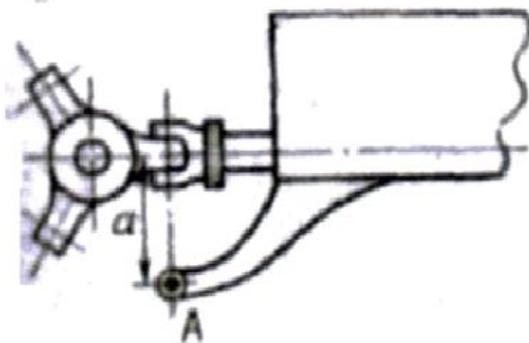
- **Физическая сущность завала оси конуса НВ.**

У наступающей лопасти тяга растет и достигает своего максимального значения в азимуте  $90^0$ , здесь скорость взмаха вверх максимальна. При увеличении азимута лопасть продолжает взмах вверх, но с меньшей скоростью. В азимуте  $180^0$  лопасть продолжает взмах вверх до азимута  $210^0$ , т.к. тяга лопасти больше своего среднего значения из-за эффекта поддува конуса. Начиная с азимута  $210^0$  лопасть движется вниз. Т.о. конус вращения НВ с шарнирной подвеской лопастей завален назад и вбок (в сторону наступающей лопасти). Причиной завала назад является разность тяг наступающей и отступающей лопасти, а вбок- эффект поддува конуса.

Такое направление завала конуса НВ нежелательно, поэтому маховое движение лопасти необходимо ограничивать по величине и направлять в нужную сторону. Для этого на вертолетах устанавливают **регулятор взмаха.**

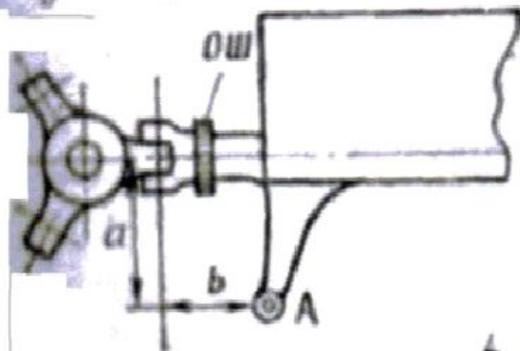
- **Назначение регулятора взмаха**
- **Регулятор взмаха** предназначен для уменьшения амплитуды маховых колебаний лопастей и завала конуса НВ вправо. Он представляет собой кинематическую связь в управлении, которая заключается в смещении с оси ГШ точки крепления поводка, управляющего шагом лопасти.
- При увеличении угла взмаха лопасти ее угол установки уменьшается, а при уменьшении угла взмаха увеличивается.
- Работа регулятора взмаха приводит к уменьшению тяги наступающей и увеличению отступающей лопасти.

Регулятора взмаха нет ( $b=0$ )



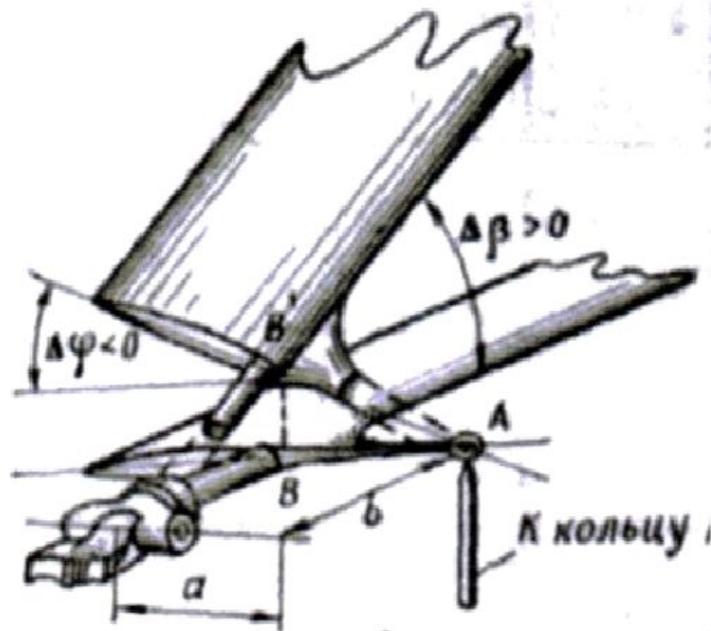
а

Регулятор взмаха есть



б

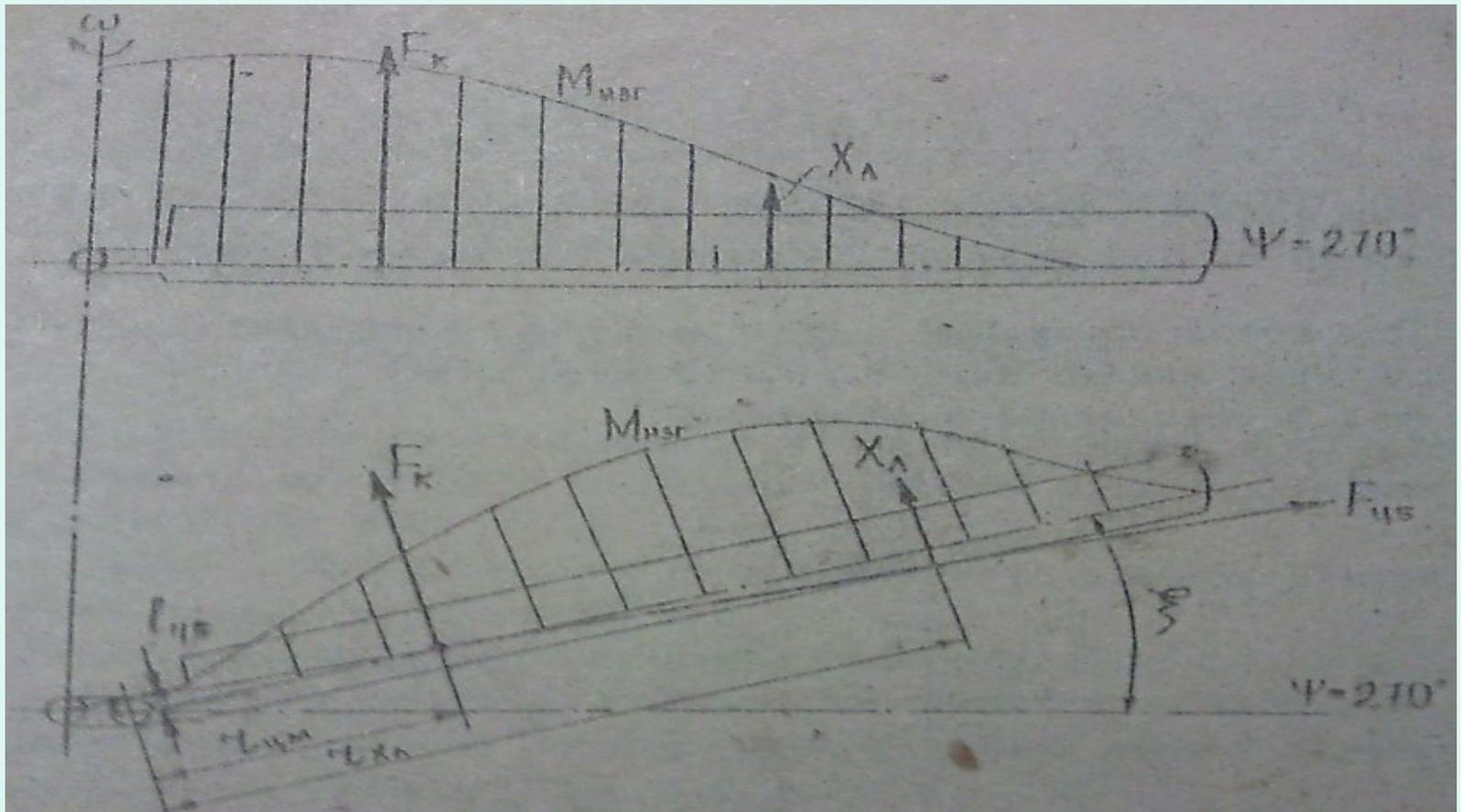
Работа регулятора взмаха



## Вопрос №2 Необходимость постановки вертикального шарнира.

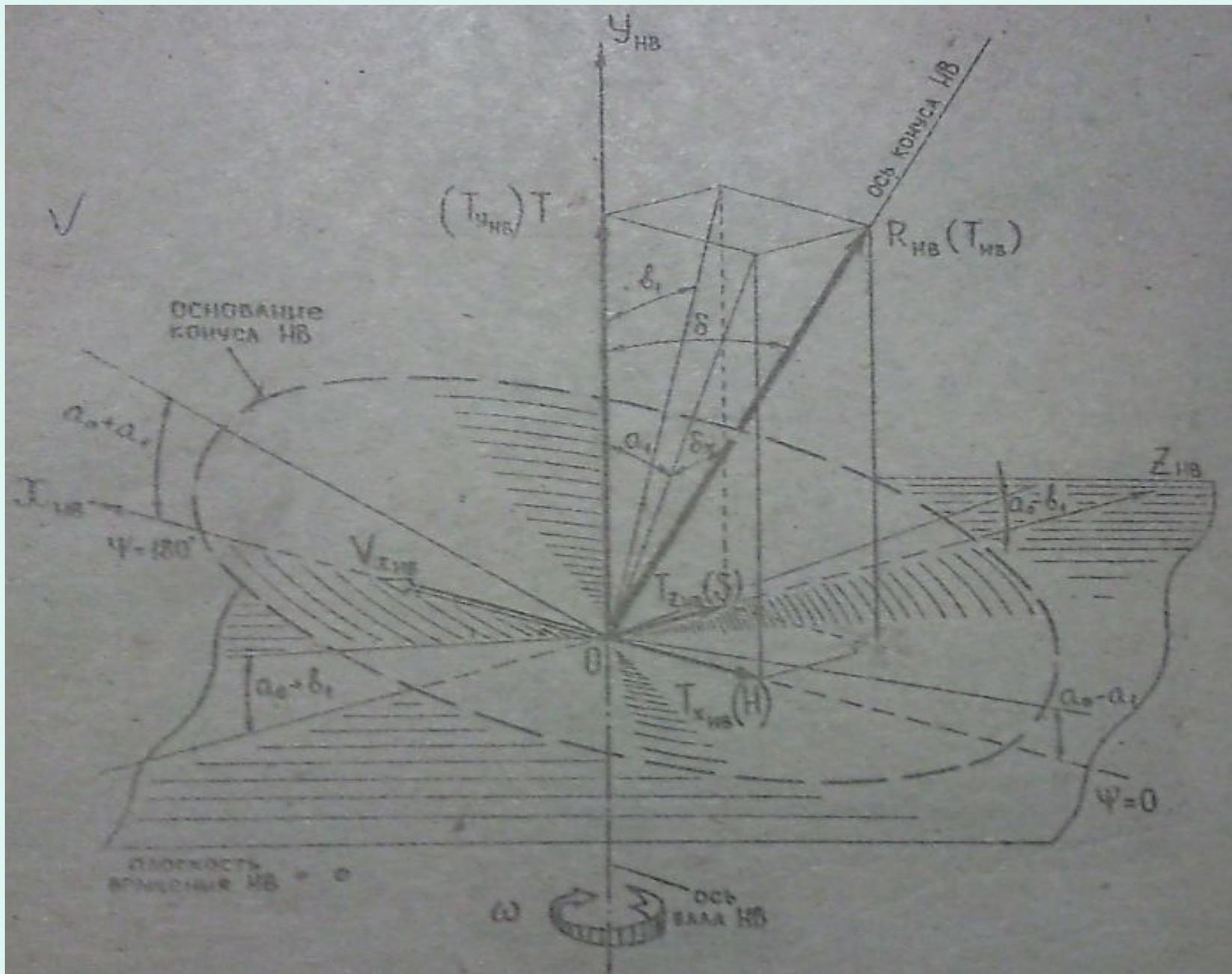
- При наличии горизонтального шарнира и косом обтекании НВ кроме сил сопротивления вращению и центробежных сил инерции, возникают **Кориолисовы силы инерции**. Эти силы возникают, если при вращательном движении некоторой массы изменяется расстояние от ее центра масс до оси вращения. Именно это и происходит при маховом движении лопастей. При взмахе лопасти вверх, расстояние до оси вращения уменьшается, при взмахе вниз - увеличивается. Стремление лопасти увеличить (уменьшить) угловую скорость при маховом движении, есть результат появления Кориолисовой силы инерции.
- Переменные по величине и направлению Кориолисовы силы совместно с переменными силами сопротивления вращению создают переменные по азимуту изгибающие моменты в плоскости вращения. Это вызывает повышенные вибрации НВ и вертолета, снижает ресурс лопастей. Эти недостатки устраняются при применении вертикального шарнира.

- **Назначение вертикального шарнира, работа лопасти с ВШ.**
- Вертикальные шарниры предназначены для разгрузки комлевых участков лопастей и втулки НВ от больших и знакопеременных моментов в плоскости вращения.
- При постановке ВШ лопасти поворачиваются в плоскости вращения под действием неуравновешенного момента сил .



## Вопрос №3 Полная аэродинамическая сила несущего винта. Принцип работы автомата перекоса.

- При осевом обтекании полная аэродинамическая сила НВ направлена по оси вала НВ и является его тягой  $T - R_{\text{НВ}}$ .
- При косом обтекании у НВ с шарнирным креплением лопастей сила  $R_{\text{НВ}}$  отклонена назад и вправо и совпадает с осью вращения конуса НВ.
- Направление силы  $R_{\text{НВ}}$  ( $T_{\text{НВ}}$ ) связано с направлением оси конуса вращения НВ. Поэтому для изменения направления силы  $R_{\text{НВ}}$  необходимо изменить положение конуса вращения или, как говорят, управлять несущим винтом.



## Управление несущим винтом

- Управление несущим винтом в пространстве осуществляется изменением величины и направления полной аэродинамической силы несущего винта  $R_{\text{НВ}}$  ( $T_{\text{НВ}}$ ).
- Распространены два способа управления несущим винтом:
  - непосредственное управление;
  - управление с помощью автомата перекоса.
- Непосредственное управление заключается в отклонении втулки и оси вала НВ. Применяется на очень легких вертолетах, чаще всего экспериментальных.
- В настоящее время на всех современных серийных вертолетах применяется управление с помощью **автомата перекоса**, который был изобретен Б.Н.Юрьевым в 1911 году.

Линия, параллельная  
продольной оси вертолета

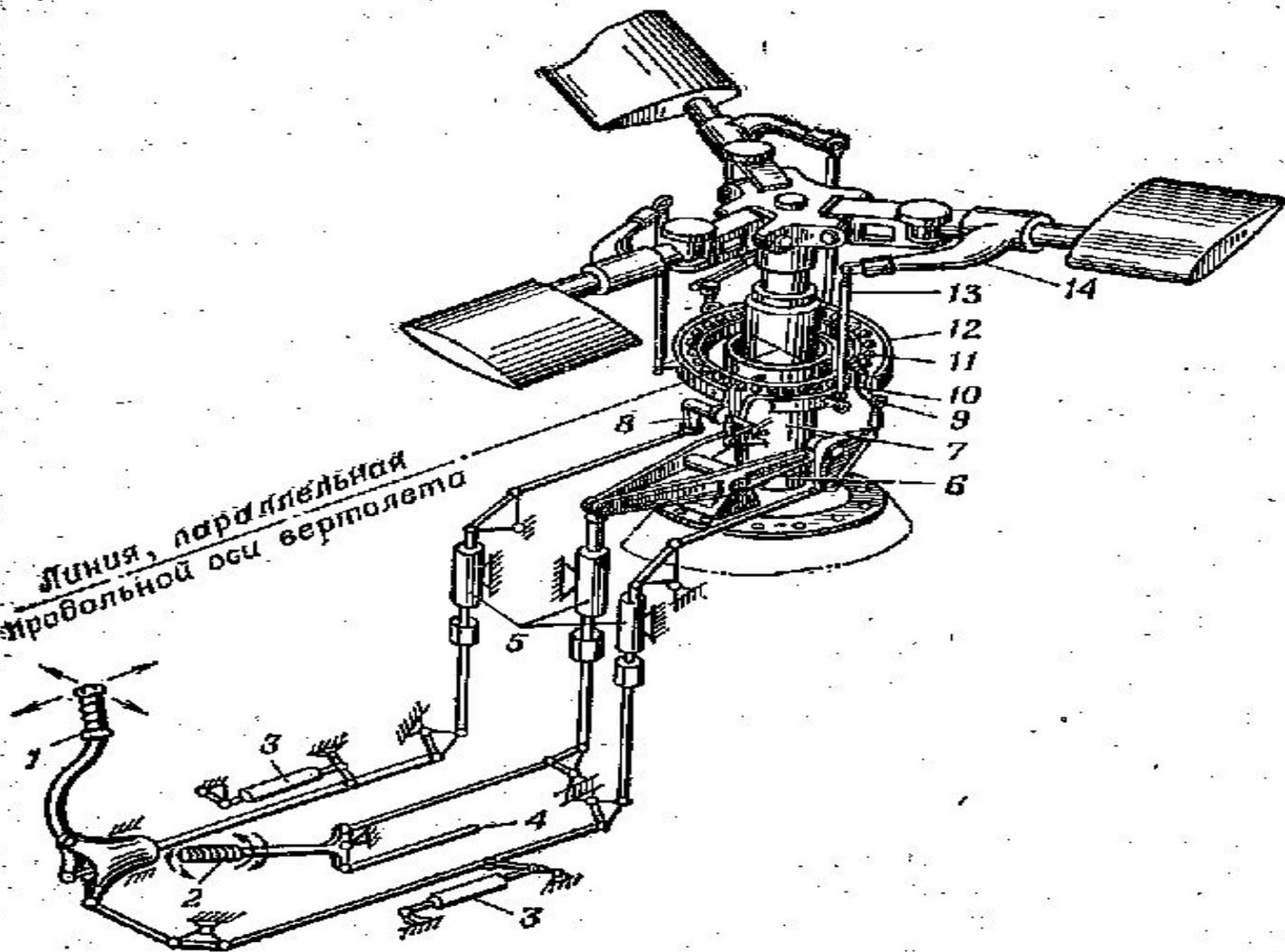
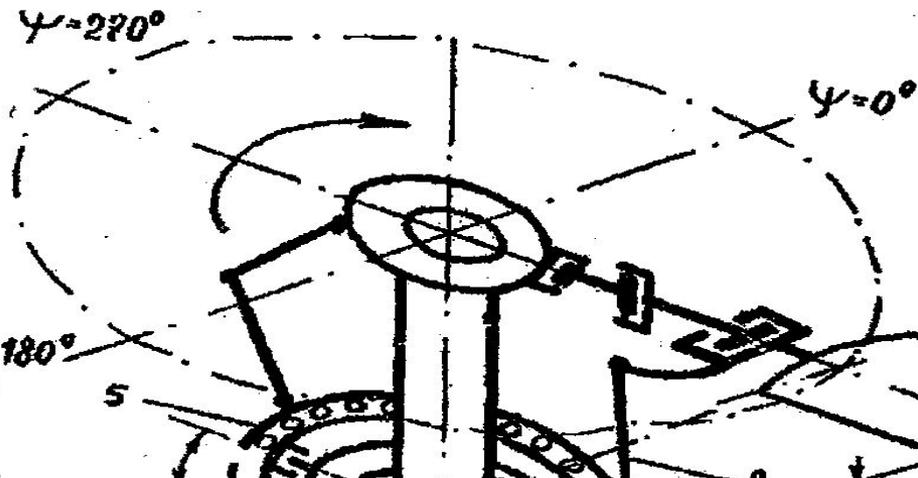


Рис. 4.20. Принципиальная схема автомата перекоса с системой продольного и поперечного управления вертолетом и рычагом общего шага:

1 — ручка управления вертолетом; 2 — рычаг общего шага («шаг-газ») с рукояткой управления коррекцией; 3 — загрузочные механизмы; 4 — тяга к насосу-регулятору управления двигателями; 5 — гидроусилители; 6 — направляющая ползуна общего шага; 7 — ползун общего шага; 8 — точка (ось) подсоединения продольного управления к кольцу АП; 9 — точка (ось) подсоединения поперечного управления к кольцу АП; 10 — неврещающееся кольцо АП; 11 — шариковый подшипник; 12 — вращающееся кольцо АП; 13 — поводок, управляющий шагом лопасти; 14 — крштейн осевого шарнира

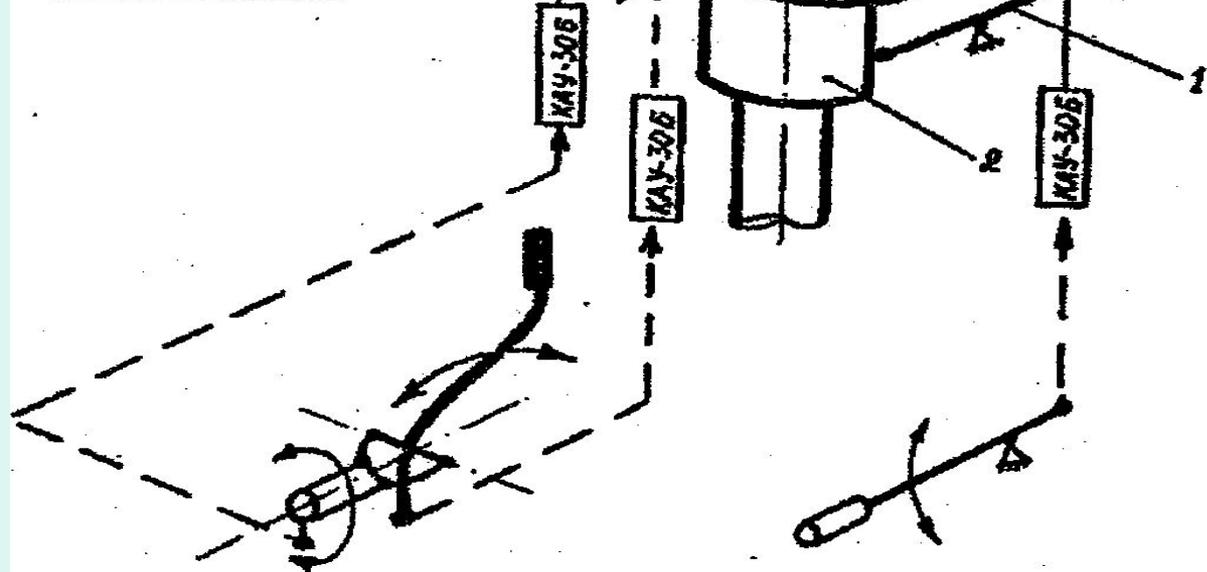
Продольн	$\psi$
Попереч.	$\psi$
Общ. шот	$\psi$



Н.П.

Продольн	$\psi$
Попереч.	$\psi$
Общ. шот	$\psi$

Продольн	$\psi$
Попереч.	$\psi$
Общ. шот	$\psi$



## **Принцип работы автомата перекоса**

- **Автомат перекоса** предназначен для управления вертолетом в продольном и поперечном направлениях путем изменения направления тяги НВ. Работа автомата перекоса основана на принципе изменения положения оси конуса НВ в зависимости от изменения тяги лопасти по азимуту.
- При отклонении ручки управления от нейтрального положения отклоняется кольцо АП, и через поводки изменяется угол установки лопасти. Циклическое изменение углов установки лопасти изменяет закон маховых движений и конус вращения НВ наклоняется в сторону отклонения ручки управления.

## **Литература на самоподготовку:**

- 1. Волощенко С.Н. Аэродинамика. Учебное пособие. УВВАУЛ. Уфа 1995 год. с.51-57
- 2. Володко А.М. Основы аэродинамики и динамики полета вертолета. Учебное пособие-М. Транспорт, 1998 г. с.42-44
- 3. Ромасевич В.Ф. Практическая аэродинамика вертолетов. Учебное пособие- М. Воениздат, 1980 г. с.99-112