

ЛЕКЦІЯ №4

Тема3. Автоматичне балансування літака.

Вимоги, що пред'являються до балансувальних характеристик літака.

Управляя самолетом, летчик с помощью триммера систематически снимает усилия в системе управления рулем высоты, не допуская накопления больших усилий на штурвале. В автоматическом же полете при включенном автопилоте шарнирный момент преодолевается рулевой машинкой. Поэтому летчик не ощущает усилий, возникающих в системе управления, и не снимает их своевременно. Это может привести в момент отключения автопилота к резкому отклонению руля высоты.

Когда летчик отключает автопилот, он готов к тому, что на штурвале могут иметься определенные усилия. Более того, летные испытания показали, что в ряде случаев при автоматическом заходе на посадку летчик перед отключением автопилота начинает его пересиливать, отклоняя штурвал на себя. Это делается им с целью исключить рывок руля высоты вниз. Поэтому наличие даже относительно небольших усилий на штурвале в момент отключения автопилота серьезно затрудняет переход на ручное пилотирование, что нежелательно на малой высоте при заходе на посадку. По-инному обстоит дело, если отключение автопилота произошло внезапно, например, вследствие срабатывания системы контроля при возникновении неисправности в автопилоте. В таком случае неудерживаемый рулевой машинкой автопилота руль высоты под действием шарнирного момента отклонится в положение, при котором $P_B = 0$. Вследствие этого изменится угол атаки, появится приращение нормальной перегрузки.

Чтобы избежать возникновения значительных изменений режима полета и, в частности, больших приращений нормальной перегрузки при возможных отключениях автопилота, летчику приходится периодически выключать автопилот и балансировать самолет. Чем быстрее меняется режим полета, тем чаще приходится выполнять эту операцию. При заходе на посадку происходит выпуск шасси и закрылков, значительно меняются скорость полета и тяга

двигателей. Все это требует частого переключения автопилота, что но может быть осуществлено на этом и без того напряженном этапе полета.

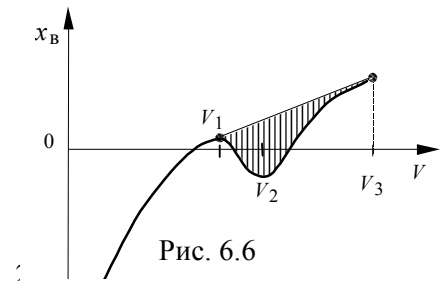
Таким образом, становится очевидной необходимость создания устройств, автоматически снимающих постоянную составляющую усилий в системе управления при автоматическом заходе на посадку.

Заметим также, что такое мероприятие позволяет уменьшить мощность рулевой машинки автопилота. Поскольку длительно действующие усилия будут сниматься, ее мощность должна быть достаточной лишь для относительно кратковременных отклонений руля высоты. В свою очередь ограничение мощности рулевой машинки автопилота облегчает ее «пересиливание», что является очень важным фактором обеспечения безопасности полета при возможных отказах автопилота.

Наконец, укажем, что отсутствие больших усилий в системе управления на участке от рулевой машинки автопилота до руля высоты положительно сказывается на динамике автоматического управления самолетом, поскольку при этом уменьшается влияние упругости тросовых соединений.

До сих пор рассмотрение велось применительно к системе управления рулем высоты. Однако все наши рассуждения справедливы и для систем управления элеронами и рулем направления. Вместе с тем необходимо заметить, что в этих системах сколько-нибудь значительных постоянных усилий в нормальных эксплуатационных условиях не возникает. Они могут иметь место только в особых случаях полета, например при отказе двигателей. Поэтому обычно в этих системах нет особой необходимости автоматически снимать усилия, а для своевременного выявления и снятия усилий устанавливают указатели (индикаторы) усилий.

Оскільки до статичних характеристик керованості відносять також балансувальні характеристики літака, то доці-



льно забезпечити їх автоматичне формування.

До балансувальних характеристик літака пред'являють певні вимоги. Бажано, щоб перехід літака з малих швидкостей на великі супроводжувався плавною зміною балансувальних кривих. Крім того, цей перехід повинний бути одноманітним без зміни напрямку ходу органів управління при перебалансуванні, оскільки це забезпечує природні відчуття у пілота і сприяє підвищенню точності пілотування. Однак у діапазоні коловукової швидкості $V_1...V_2$ (рис.6.6) такий закон зміни балансувальної діаграми порушується. Це пояснюється появою пікіруючого моменту з причини зміщення аеродинамічного фокуса назад, що, у свою чергу, потребує негативного відхилення руля висоти. Ця область на балансувальній діаграмі отримала в аеродинаміці назву “ложка”.

Системи автоматичного балансування (САБ)

Для коректування балансувальної кривої використовують системи автоматичного балансування (САБ). Структурна схема САБ зображена на рис. 6.7. Контур автоматичного балансування вмикається в роботу у діапазоні швидкостей $V_1...V_3$. З інформації про балансувальне положення штурвала $x_{в.б}$ (центрівку літака) та висоту польоту (від цих параметрів залежить вигляд балансувальної діаграми) в обчислювачі САБ, починаючи зі швидкості V_1 , формуються поточна балансувальна діаграма $x_{в}(V)$ та бажана $x_{в}^*(V)$ і на основі різниці $x_{в}(V) - x_{в}^*(V)$ визначається глибина “ложки” залежно від швидкості польоту. Рульовий агрегат САБ, який

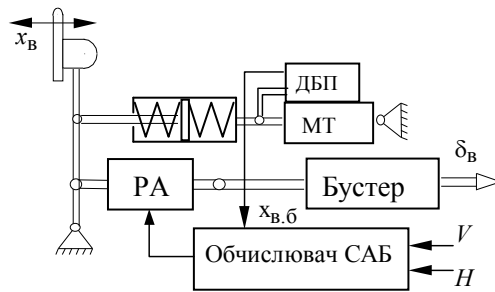


Рис. 6.7

включений в проводку системи управління послідовно, відхиляє руль висоти залежно від швидкості польоту на величину пропорційну глибині “ложки”, паруючи пікіруючий момент. При цьому пілот, не відчуваючи роботу САБ, балансує літак звичним одна-

нітним переміщенням важеля управління без зміни напрямку його ходу. Робота САБ припиняється на швидкості V_3 .

Оскільки балансувальна діаграма визначає статичну стійкість літака з швидкості, то **САБ, коректуючи балансувальну криву, одночасно забезпечує** у діапазоні швидкості $V_1...V_2$ **статичну стійкість літака з швидкості.**

Подальший етап удосконалення систем автоматичного балансування – це реалізація балансувальної кривої у всьому діапазоні швидкостей ЛА. У цьому випадку відхилення руля висоти пілотом доповнюється відхиленням від рульового агрегату $\delta_{в} = \delta_{в}^п + \delta_{в}^{ра}$ при цьому $\delta_{в}^{ра} = f(q)$. При роботі такої САБ пілот на етапі розгону або гальмування, стабілізуючи висоту польоту, коректує неточну реалізацію балансувальної кривої, важіль управління при цьому залишається практично в нейтральному положенні.

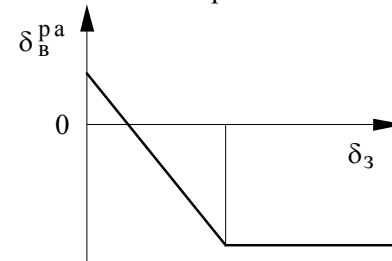


Рис. 6.8

На деяких літаках системі автоматичного балансування до-ручається задача компенсації поздовжніх моментів, що виникають при випуску або прибиранні механізації крила, наприклад, закрилків δ_3 . У цьому випадку додатково $\delta_{в}^{ра} = f(\delta_3)$. Ця функція має вигляд, що зображений на рис. 6.8.

Оскільки балансування при випуску закрилків здійснюється за рахунок відхилення руля висоти рульовим агрегатом САБ, то діапазон відхилення важеля управління в кабіні залишається попереднім. Це важливо, якщо діапазон відхилення важеля обмежується розмірами кабіни та зручністю роботи пілота.

Таким чином, формування статичних характеристик керованості забезпечує прийнятний рівень пілотажних характеристик літака на всіх режимах польоту.