

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

УДК 331.101.1:629.735.051/.023.25(045)

В. И. Кашматов, канд. техн. наук

КИНЕСТЕТИЧЕСКИЙ ПУЛЬТ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМОЙ ВЕЛИЧИНОЙ ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Институт аэрокосмических систем управления НАУ, e-mail: iasy @ nau.edu.ua

Рассмотрен пульт ручного управления как совокупность кинестетического органа управления и визуального указателя регулируемой величины. Показана загруженность зрения и внимания оператора одновременным решением параллельных задач, ухудшающим качество управления движением летательного аппарата. Предложено с целью разгрузки зрения и внимания оператора переключить непрерывный контроль регулируемой величины одновременно с контролем регулирующего воздействия на кинестезию оператора, смоделировав в рукоятке управления динамику движения объекта управления

Ключевые слова: пульт, система, оператор, кинестезия, зрение, внимание.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Пульт управления связывает оператора с системой управления. Он передает информацию в двух направлениях: от оператора к системе об управляющем воздействии оператора и от системы управления к оператору о регулируемой величине объекта. Для передачи информации от оператора к системе используются датчики управляющего воздействия: штурвал прямого управления, рукоятка дистанционного управления [1; 2]. Для передачи информации от системы к оператору используются указатели регулируемой величины с прямым или дистанционным измерением [3; 4]. На современном уровне развития техники это отдельные устройства, располагаемые в разных местах поста управления машиной.

Штурвал прямого управления содержит рычаг управления, пружинный загрузатель и механическую передачу к исполнительному устройству – гидравлическому приводу регулирующего органа объекта.

Рукоятка дистанционного управления (рис. 1) содержит: рукоятку 1, пружинный загрузатель 2, датчик положения рукоятки управления 3. В некоторых рукоятках пружинный загрузатель выполнен в виде отдельных устройств: пружины и демпфера с редуктором. На входе рукоятки – усилие оператора ручной системы F_p , на выходе – пропорциональное усилию перемещение рукоятки X_p относительно нейтральной и электрический сигнал этого перемещения \bar{X}_p .

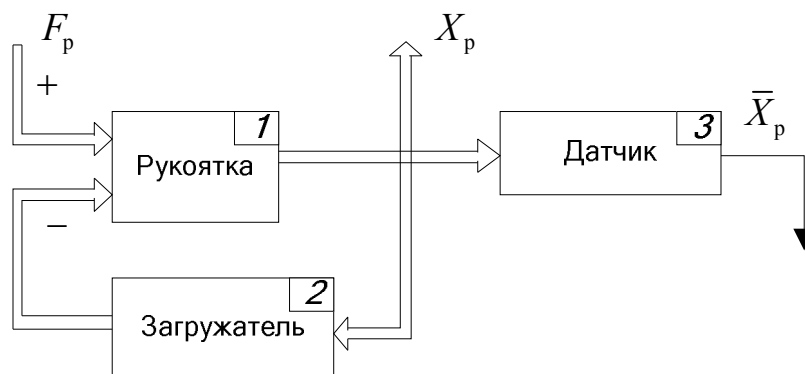


Рис. 1. Структурная схема дистанционной рукоятки управления

Указатели прямого измерения – это приборы, например гироскопические, манометрические, в которых датчик и указатель совмещены в едином устройстве [3; 4].

Указатели дистанционного измерения (рис. 2) представляют собой следящие электромеханические системы, работающие по сигналам датчиков регулируемой величины, расположенных отдельно от указателя. В состав следящей системы указателя входят: стрелка указателя 1, датчик углового положения 2, генератор 3, усилитель-преобразователь 4, двигатель 5, редуктор 6. На входе усилителя сигналы углового положения +7, угловой скорости +8 стрелки и регулируемой величины объекта -9.

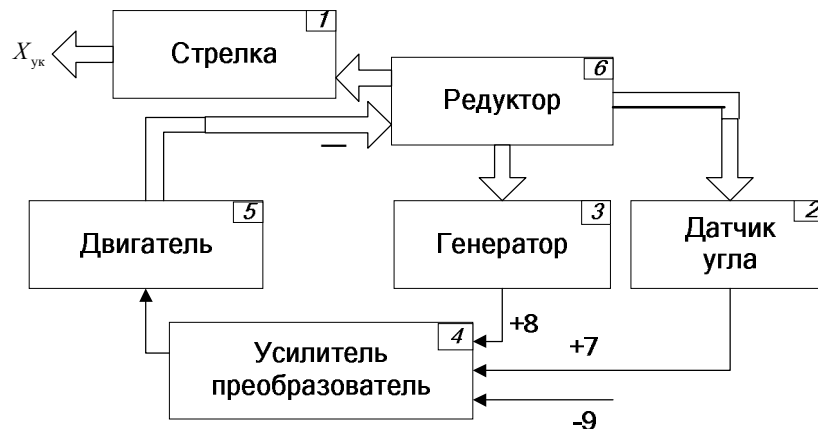


Рис. 2. Структурная схема дистанционного указателя

Анализ последних исследований и публикаций, в которых заложено решение данной проблемы и на которые опирается автор. Штурвалы прямого управления с механической передачей имеют большой вес, габариты, сложное техобслуживание и на современных летательных аппаратах заменяются рукоятками дистанционного управления.

Указатели прямого измерения имеют грубые датчики, не связанные с автоматической системой, и на современных летательных аппаратах применяются в качестве резервных приборов. В качестве основных они заменяются дистанционными указателями, работающими по сигналам специализированных измерительных систем, например: систем воздушных сигналов, инерциальных систем и т. п.

Недостатком пультов управления, включающих рукоятки дистанционного управления и указатели дистанционных измерительных систем, является нерациональное использование управляющих возможностей оператора по управлению движением летательного аппарата.

Выделение нерешенных ранее вопросов общей проблемы. Указатели дистанционных измерительных систем рассчитаны на визуальный прием информации и верхние уровни управления человека. Однако, помимо управления движением летательного аппарата, оператор одновременно решает параллельные задачи: контролирует другие системы или участвует в их работе, ведет связь с наземными службами, визуальное наблюдение за внекабинной обстановкой, взаимодействует с членами экипажа. В этих условиях можно рассчитывать только на дискретный визуальный прием информации с участием распределения и переключения внимания. Дискретность восприятия визуальной информации, сбои в распределении и переключении внимания при утомлении оператора ухудшают качество управления, ведут к происшествиям и катастрофам.

Формулировка целей материала работы (постановка задачи). В то же время нерационально используется двигательный анализатор человека, его периферийная и центральная части. Он используется для управления рычагом управления с нагрузкой, имитирующей сопротивление регулирующего органа летательного аппарата. Периферийная

часть двигательного анализатора в виде проприоцептивной и сухожильной чувствительности нервно-мышечной системы включена непосредственно в управление регулирующим органом летательного аппарата, а центральная часть обеспечивает приспособление этого управления в случае изменения динамики регулирующего органа [5; 6]. Только часть информации, получаемая двигательным анализатором, а именно о регулирующем воздействии на летательный аппарат, используется для управления летательным аппаратом совместно с визуальной информацией на верхних уровнях построения движений человека.

Двигательный анализатор мог бы взять полностью на себя функции управления объектом, если ему с помощью пульта управления передать информацию о регулируемой величине объекта и возмущающем воздействии в виде положения рукоятки и возмущающего усилия рукоятки на руку оператора.

Для этого необходим указатель регулируемой величины, совмещенный с датчиком управляющего воздействия в единый пульт ручного управления и стабилизации.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов. Для того чтобы датчик управляющего воздействия мог выполнить одновременно функции дистанционного указателя и стал пультом управления (рис. 3), необходимо заменить механические пружину и демпфер загрузителя рукоятки на «электрические» пружину и демпфер, использовав для их построения: датчик углового положения рукоятки 2, генератор 3, усилитель-преобразователь 4, двигатель 5, редуктор 6, аналогичные тем, что применены в следящей системе дистанционного указателя. В усилителе, помимо входа +7 для подключения сигналов датчика углового положения и входа +8 для подключения генератора, необходимо иметь вход -9 для подключения сигнала регулируемой величины объекта и выход 10 для подключения входа исполнительного устройства контура объекта управления. Усилитель-преобразователь пульта управления может быть цифровым и включать в себя аналого-цифровые, цифро-аналоговые преобразователи и цифровой вычислитель.

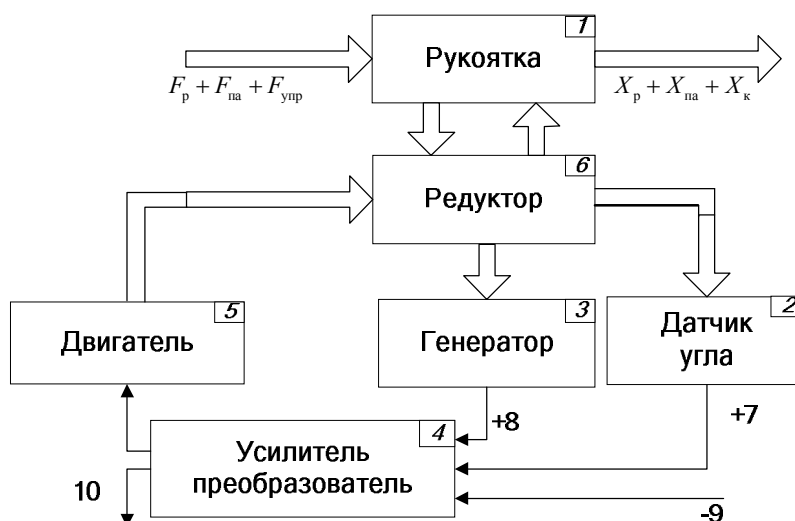


Рис. 3. Структурная схема пульта ручного управления и стабилизации

Возможны варианты конструктивного исполнения связи генератора с двигателем и датчика угла с рукояткой управления. Роль генератора может играть второй двигатель, связанный с первым через редуктор. Необходимость в таком варианте может возникнуть при ограничениях на габариты двигателя-генератора. Датчик углового положения может быть связан с рукояткой управления через повышающий редуктор. Необходимость в таком варианте возникает в случае применения многооборотных потенциометрических датчиков угла.

Из известных технических устройств, построенных по схеме непрямого регулирования, включающих выходной вал, датчик углового положения выходного вала, двигатель-генератор с редуктором, характеристики, близкие к желаемым характеристикам пульта управления, имеют электрические сервоприводы автопилотов. Они представляют собой следящие системы, работающие при нагрузках на выходном валу того же порядка, что и управляющее воздействие оператора и имеют того же порядка диапазон угловых перемещений и угловых скоростей, что и объект управления. По сравнению с пультом в сервоприводе меньше коэффициент передачи усилителя и нет на выходном валу рукоятки управления.

Для конкретного исполнения предлагаемого пульта управления были использованы рулевая машина и магнитный усилитель-преобразователь мощности автопилота АП-28Л1 самолета Ан-24. В качестве общего суммирующего усилителя контуров рукоятки и объекта использовался усилитель-преобразователь постоянного тока аналоговой вычислительной машины МН-10 м.

Эффективность предлагаемого пульта ручного управления и стабилизации оценивалась точностью, быстродействием воспроизведения рукояткой управления значения регулируемой величины при изменении управляющего воздействия оператора на рукоятку управления. Критериями точности были выбраны величина статической ошибки воспроизведения при максимальном управляющем воздействии оператора и величина перерегулирования переходного процесса при снятии управляющего воздействия. Критерием быстродействия было выбрано время регулирования, определяемое по моменту вхождения переходного процесса в трубку допуска 10 %.

Предлагаемый пульт ручного управления и стабилизации, как система непрямого регулирования положения рукоятки управления, испытывался путем снятия переходного процесса углового положения рукоятки при снятии скачком управляющего воздействия оператора. Измерялись: смещение углового положения рукоятки относительно нейтрали X_p под действием управляющего усилия оператора (как статическая ошибка), величина перерегулирования σ и время регулирования t_{per} . Вид переходного процесса пульта управления и результаты измерения указанных выше параметров представлены на рис. 4. Эти результаты показывают, что переходный процесс в пульте управления заканчивается за 0,4 с, перерегулирование равно 15 %, статическая ошибка 0,3 градуса при скачке момента 8,8 нм. При временах управления, измеряемых несколькими секундами, диапазоне изменения нейтрального положения рукоятки, измеряемом десятками градусов, эти данные дают основание пренебрегать переходными процессами пульта управления (временем регулирования и статической ошибкой) при рассмотрении процессов в системе «оператор–объект управления».

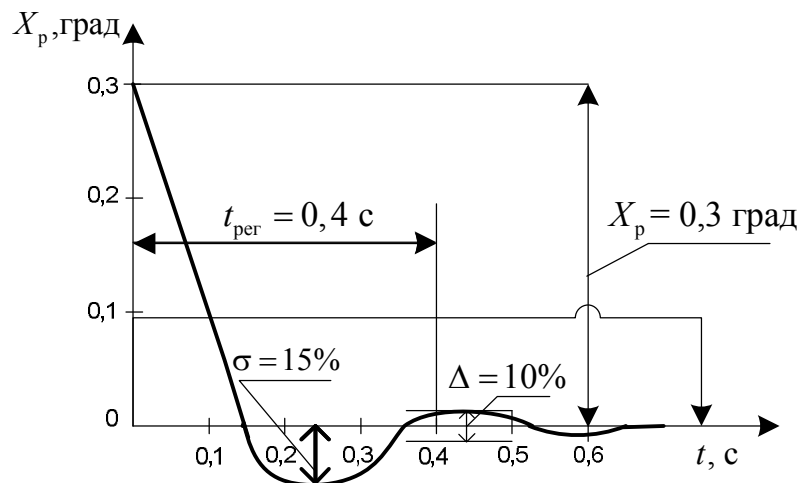


Рис. 4. Вид переходного процесса пульта управления

Величина смещения рукоятки ручной системы при том же усилии оператора 5 кг на плече 0,16 м составляла 26° . Тот же момент сопротивления рукоятки полуавтоматической системы возникал при скорости ее перемещения до 90 град/с.

Описание работы пульта управления. Предлагаемый пульт управления и стабилизации работает следующим образом. Управляющее усилие оператора на рукоятку управления F_p вызывает смещение рукоятки относительно нейтрального положения X_p , которое измеряется датчиком углового положения рукоятки 2. Сигнал с датчика усиливается по напряжению и мощности усилителем-преобразователем 4 и подается на двигатель 5, который создает противодействующий момент, уравнивающий усилие оператора. Замкнутая система регулирования углового положения рукоятки работает как система стабилизации углового положения рукоятки в нейтральном положении, а смещение рукоятки является статической ошибкой этой стабилизации. Одновременно сигнал смещения рукоятки после усилителя подается на исполнительное устройство, которое поворачивает регулирующий орган, создает регулирующее воздействие на объект. Величина смещения рукоятки X_p относительно нейтрали под действием усилия оператора может быть сделана малой путем увеличения коэффициента усиления усилителя. Возникающее при этом ухудшение устойчивости может быть скомпенсировано сигналом с генератора 3. Сигнал изменения регулируемой величины объекта с датчика регулируемой величины подается на другой вход 9 усилителя-преобразователя со знаком, противоположным знаку сигнала с датчика углового положения рукоятки. Замкнутая система регулирования положения рукоятки в этом случае действует как следящая система, воспроизводя регулируемую величину объекта в виде меняющегося нейтрального положения рукоятки $X_{па}$.

Если изменение регулируемой величины объекта вызвано усилием оператора, то следящая система поворачивает рукоятку в сторону усилия оператора. С началом изменения нейтрального положения рукоятки оператор создает дополнительное усилие $F_{па}$, пропорциональное скорости изменения нейтрального положения, которое синхронизирует изменение нейтрального положения рукоятки с изменением регулируемой величины объекта $X_{вых}$.

Если изменение регулируемой величины вызвано возмущением, то рукоятка стремится повернуться в сторону возмущения. Удерживая рукоятку неподвижной, оператор будет создавать регулирующее воздействие на объект, компенсирующее возмущение, и ощущать усилие $F_{упр}$ со стороны рукоятки на руку, пропорциональное возмущению.

Вывод. Благодаря работе системы регулирования положения рукоятки одновременно в режиме стабилизации и слежения с пренебрежимо малым влиянием стабилизации на слежение рукоятка управления может передавать двигательному анализатору человека информацию о регулируемой величине, управляющем и возмущающем воздействиях на объект. Далее необходимо исследовать работу пульта в системе управления движением летательного аппарата.

Список литературы

1. *Анисимов Г. В.* Теория полуавтоматического управления самолётом / Г. В. Анисимов Рига. РКИИГА, 1977 г. – С. 40–55.
2. *Анисимов Г. В.* Системы автоматического управления зарубежных воздушных судов / Г. В. Анисимов. – Рига.: РКИИГА, 1990. –76 с.
3. *Михайлов О. И.* Авиационные приборы / О. И. Михайлов, И. М. Козлов, Ф. С. Гергель. – М.: Машиностроение, 1977. – С.92, 97, 401.

4. Анненков Н. П. Приборное оборудование самолёта Ту-154 Б-2 и его лётная эксплуатация / Н. П. Анненков. – М.: Воздуш. трансп., 1984. – С. 12, 31, 94.
5. Наслен П. Непрерывная и импульсная модель человека-оператора как звена системы управления / П. Наслен, Е. Рауль // Доклад на 2-м конгрессе IFAK (Базель, 04.09.63).
6. Мак Руэр Д. Понятие системы человек-машина / Д. Т. Мак Руэр, Е. С. Крендел // Труды института радиоинженеров. – 1962. – N 5. – 115 с.

В. Й. Кашматов

Кінестетичний пульт ручного керування регулювальної величини руху літального апарата

Розглянуто пульт ручного керування як сукупність кінестетичного органа керування та візуального вказівника регулювальної величини. Показано завантаженість зору та уваги оператора одночасним вирішенням паралельних завдань, які погіршують якість керування рухом літального апарата. Для розвантаження зору та уваги оператора запропоновано перевести безперервний контроль регулювальної величини одночасно з контролем регулювального впливу на кінестезію оператора, змодельовавши в рукоятці керування динаміку руху об'єкта керування.

V. I. Kashmatov

Adjoining hand control stand by the managed size of motion of the aircraft

It is considered an existing hand control stand as an aggregate of adjoining organ of management and visual pointer of the managed size. Work-load of a sight and attention of the operator is shown by the simultaneous decision of parallel tasks, worsening management quality motion of the aircraft. It is suggested with the purpose of unloading of sight and attention of the operator to commute continuous control of the managed size simultaneously with control of the regulative affecting myesthesia of operator, modelling the dynamics of motion of management object in the handle of management.