**Содержание**

1)Введение……………………………………………....2

2)Общая характеристика систем управления……........3

3)Общая характеристика радиоуправления летательными аппаратами……………………….8

4) Краткая характеристика способов управления

 полетом…....................................................................12

 **Введение**

 Работы по использованию средств радиотехники для управления на расстоянии, т.е. работы по радиоуправлению, начались еще до первой мировой войны. Однако до второй мировой войны радиоуправление практического применения, по существу, не получило. Положение резко изменилось, начиная с 40-х годов. Особенно большие успехи были достигнуты в области управления беспилотными летательными аппаратами. Причиной этого были два следующих обстоятельства:

1)Успешное использование созданного к этому времени реактивного оружия во многих случаях оказалось возможным только на базе широкого применения радиоуправления.

2)Создание к 40-м годам достаточно эффективных средств визирования (радиолокаторов) управляемых объектов и целей.

Следует отметить, что разработка беспилотных летательных аппаратов несколько опередила необходимых для управления средств радиолокации. Поэтому первые управляемые по радио беспилотные летательные аппараты, или наводились на неподвижную цель с неподвижного пункта управления, или управлялись с помощью оптических средств.

 Применение радиоуправления связанно в общем случае с наличием радиотехнических средств визирования для определения параметров движения целей и снарядов, которые часто дополняются радиотехническими средствами передачи команд с пункта управления на снаряд и иногда различных данных со снаряда на пункт управления. Управление по радио может быть нарушено организацией искусственных радиопомех.

 **Общая характеристика систем управления**

 Радиоуправлением на­зывается управление с помощью радиосредств любыми процессами и объектами. По количеству решаемых задач управление может быть одноцелевым или многоцелевым, т. е. обеспечивающим решение не одной, а двух или бо­лее задач. Например, система управления совокупностью искусственных спутников Земли (ИСЗ) может проекти­роваться одновременно для следующих двух целей:

 1. Обеспечение движения совокупности ИСЗ по за­данным траекториям (необходимым, например, для осу­ществления глобальной радиосвязи).

 2. Осуществление различных переключений аппара­туры на борту ИСЗ, необходимых для выполнения эти­ми ИСЗ определенных задач.

 По количеству одновременно управляемых объектов управление может быть однообъектным или многообъектным. Упомянутая выше система управления совокуп­ностью ИСЗ является многообъектной, так как должна осуществлять управление несколькими ИСЗ.

 По количеству пунктов управления (командных пунк­тов), из которых может осуществляться управление дан­ным объектом, это управление может быть однопунктным или многопунктным. Примером многопунктного (двухпунктного) управления является управление косми­ческим кораблем, которое может осуществляться как космонавтом (т. е. с бортового пункта управления), так и с наземного пункта управления.

 Следует также различать обычное (одноступенчатое) и иерархическое (многоступенчатое) управление. В иерархических (многоступенчатых) системах управле­ния команды управления могут формироваться не одним, а несколькими людьми или управляющими устройствами и притом в иерархическом (по отношению к управляемо­му объекту) порядке. Примером иерархического (много­ступенчатого) управления является управление движе­нием пассажирского самолета. На первой (низшей) ступени управление движением самолета осуществляется пилотом, на второй (более высокой) ступени — команди­ром экипажа, на третьей ступени — диспетчером назем­ного пункта управления и т. п. Очевидно, иерархическое управление может быть как многопунктным, так и однопунктным. Например, если система управления межпла­нетным космическим кораблем будет предусматривать возможность управления этим кораблем только с борта этого корабля, но двумя лицами — космонавтом-пилотом и космонавтом-командиром корабля, то управление та­ким кораблем будет однопунктным, но иерархическим (двухступенчатым). Очевидно также, что многопунктное управление может быть как иерархическим, так и обычным. Например, если при старте автоматической меж­планетной станции управление ее движением будет про­изводиться из одного командного пункта, а при посад­ке — из другого, то такое управление будет многопункт­ным, но не иерархическим.

 Общая функциональная схема одноцелевой системы управления

содержащая всего один команд­ный пункт с обычным (неиерархическим) управлением приведена на рис. 1.1 и состоит из информацион­но-измерительного устройства (ИИУ), управляющего устройства (УУ), командной линии (КЛ) и управляемо­го объекта. Информационно-измерительное устройство

извлекает (собирает) информацию из внешних источни­ков И1, И2, . . ., Иn и

информацию о состоянии управляе­мого объекта (при наличии канала

обратной связи). Управляющее устройство вырабатывает команды управления

uk (t) на основе поступающей на его входы текущей (рабочей) информации

ξ(t) и начальной (априорной) информации ξ0(t) . Далее команды передаются по командной ли­нии на управляемый объект. Вследствие возникающих при

этом искажений, команды u*’k* (t) , поступающие на объект, могут несколько

отличаться от переданных команд uk (t)*.* В тех случаях, когда управляющее устройство расположено в непосредственной близости к объекту, командная

линия отсутствует.

 На рис 1.1 ξ1(t) , ξ2(t) , ξ3(t) ― мешающее воздействие (возмущение), появляющиеся соответственно в управляющем устройстве, командной линии и управляемом объекте. Информационно-измери­тельное устройство (ИИУ) в общем случае состоит из устройств извлечения и передачи информации. Устрой­ства извлечения информации собирают всю текущую ин­формацию, необходимую для обеспечения управления. Например, при наведении ракеты на цель они выдают информацию о текущем положении цели и ракеты (объ­екта) или об отклонении ракеты от требуемой траекто­рии. Если устройства извлечения информации и управ­ляющее устройство расположены на значительном уда­лении друг от друга, то информационно-измерительное устройство содержит также соответствующие линии пере­дачи информации. В противном случае эти линии пере­дачи отсутствуют, и информационно-измерительное устройство называется обычно измерительным устрой­ством и представляет собой совокупность нескольких чувствительных элементов (датчиков).

 Если команды uk (t) вырабатываются с учетом текущей информации о состоянии управляемого объекта, т. е. существует обратная связь с выхода объекта на вход управляющего устройства (как это изображено пункти­ром на рис. 1.1), то система управления называется, замкнутой. Если такая обратная связь отсутствует, то система управления называется разомкнутой. В даль­нейшем речь будет идти в основном о замкнутых систе­мах управления, так как они позволяют, как правило, получить более высокое качество управления и находят наибольшее применение. Кроме того, именно в замкну­тых системах управления наиболее сильно проявляются особенности работы радиосредств, связанные с наличием *взаимодействия* как между отдельными радиосредства­ми, так и с остальными (нерадиотехническими) звеньями системы управления. В системах управления радиосред­ства находят широкое применение как в составе инфор­мационно-измерительных устройств, так и в качестве командных линий, называемых в этом случае командными радиолиниями (КРЛ).

В составе информационно-измерительных устройств радиосредства применяются как для извлечения инфор­мации (радиолокационные, телевизионные и другие устройства), так и для передачи информации, т. е. в ка­честве радиолиний передачи данных.

 В зависимости от степени участия человека управле­ние может быть автоматическим, неавтоматическим или универсальным. При автоматическом управлении человек не принимает непосредственного участия в процессе управления и его функции сводятся лишь к контролю за исправностью аппаратуры, и в случае необходимости, к замене неисправной аппаратуры или ее ремонту. При неавтоматическом (например, ручном) управлении чело­век принимает в процессе управления непосредственное участие и называется оператором. При универсальном управлении имеется возможность как автоматического, так и неавтоматического управления. При неавтоматиче­ском управлении разнообразная информация, необходи­мая человеку-оператору для эффективного управления, обычно извлекается и предварительно обрабатывается в ряде информационно-измерительных автоматических устройств. При этом неавтоматическое управление часто называется автоматизированным управлением.

 По степени приспосабливаемости к внешним услови­ям системы управления делят на обычные и адаптивные. В обычных системах приспособление (адаптация) отсут­ствует или имеется лишь в небольшой степени. В ада­птивных системах приспособление играет существенную роль. Обычно к адаптивным системам относят самоприспосабливающиеся, само­настраивающиеся, самообучающиеся и самоорганизую­щиеся системы. Самонастраивающимися системы― системы в которых структура (принципы построе­ния) системы в процессе управления не изменяется, а изменяются (приспосабливаются, настраиваются) лишь отдельные параметры этой структуры (коэффициенты усиления, полосы пропускания, частоты настройки и т. п.). Системы более высокого класса, в которых опти­мизироваться (приспосабливаться) в процессе управле­ния могут не только параметры системы, но и ее струк­тура.

 По характеру протекания процессов в контуре управ­ления (рис. 1.1) управление может быть непрерывным, квазинепрерывным, импульсным и импульсно-корректирующим. При непрерывном управлении процессы во всех звеньях контура управления являются непрерывными функциями времени. При квазинепрерывном управлении процессы в некоторых звеньях (обычно в измерительных) имеют импульсный характер, но импульсы следуют столь

часто, что выходной вектор, ξвых(t) (рис. 1.1) изменяется во времени практически так же, как при непрерывном управлении.

Если импульсный характер процессов, протекающих в отдельных звеньях контура управления, необходимо учитывать яри рассмотрении действия не только отдель­ных звеньев, но и системы в целом, управление назы­вается импульсным или импульсно-корректирующим. При этом отличие импульсного управления от импульсно-корректирующего состоит в том, что в первом случае импульсы в различных частях системы следуют синхрон­но и с постоянным периодом повторения (или нескольки­ми, но кратными периодами повторения). Во втором случае (при импульсно-корректирующем управлении) управление сводится к выработке и исполнению сравни­тельно небольшого числа корректирующих импульсов, и синхронизация следования импульсов в различных звень­ях системы может отсутствовать.

 В состав системы радиоуправления кроме радио­средств может входить большое количество другой аппа­ратуры — управляемый объект (аппарат), управляющее устройство (включая исполнительные механизмы), раз­личные нерадиотехиические датчики, программно-вре­менные устройства и т. п. При этом в ряде случаев ра­диосредства по своему весу, габаритам и стоимости мо­гут составлять лишь небольшую долю всей системы управления. Но даже в таких случаях радиоинженерам, разрабатывающим и эксплуатирующим радиосредства, обычно необходимо учитывать в той или иной степени связи между радиосредствами и остальными частями системы управления. Эти связи можно подразделить на функциональные, конструктивные и динамические.

 Функциональные связи обусловлены тем, что все устройства, входящие в систему, предназначены для вы­полнения *общей* задачи. При этом обычно выполнение этой общей задачи может быть достигнуто при различ­ных вариантах распределения требований между от­дельными устройствами. Например, одна и та же веро­ятность поражения цели управляемым снарядом может быть достигнута при меньших требованиях точности наведения снаряда, если повысить требования к эффек­тивности боевого заряда; в ряде случаев можно обеспе­чить ту же помехоустойчивость системы при меньшей мощности радиопередающего устройства, если повысить требования к радиоприемному устройству и т. д.

 Конструктивные связи обусловлены тем, что обычно по условиям задачи система в целом или ее отдельные крупные части должны представлять в конструктивном отношении единое целое, например размещаться внутри корпуса управляемого снаряда.

 Динамические связи проявляются в том, что процессы, протекающие в различных частях системы управления во время ее работы, взаимосвязаны. В разомкнутых системах управления эти связи проявляются в том, что выходная реакция каждого предыдущего блока является входным воздействием для последующего; кроме того, часто приходится учитывать входное сопротивление по­следующего блока. В замкнутых системах управления, кроме того, обязательно существует зависимость про­цессов на входе системы от процессов на ее выходе.

**Общая характеристика радиоуправления летательными аппаратами**

 Из всего многообразия летательных аппаратов мы выделим лишь следующие их виды, наиболее характерные с точки зрения применяемых ме­тодов и средств управления:

 1) Реактивные снаряды (ракеты) ближнего дей­ствия — ракеты «Земля — Воздух» (зенитные), «Воз­дух — Воздух», «Воздух — Земля» (или Воздух—Море) и «Земля — Земля».

 2) Баллистические ракеты дальнего действия и раке­ты-носители космических аппаратов.

 3) Космические аппараты (КА) — искусственные спутники Земли (ИСЗ), космические корабли, межпла­нетные автоматические станции и т. д.

 4) Самолеты и вертолеты.

 Ракеты (реактивные снаряды) ближнего дей­ствия являются средствами поражения целей. При этом процесс радиоуправления состоит из трех основных этапов:

1. Управление пуском ракеты.

2. Управление полетом ракеты.

3. Управление подрывом боевого заряда ракеты.

 Управление пуском должно обеспечить пуск ракеты в наивы­годнейший момент времени. Если пуск ракеты производится с пово­ротного наклонного лафета, то управление пуском должно обеспе­чить и необходимую ориентацию лафета. Управление пуском осу­ществляется на КП (командном пункте) с помощью радиолокацион­ных устройств, расположенных на КП*,* и предварительных данных о координатах цели и параметрах ее движения, поступающих по линиям связи с центра обработки данных радиолокационного поля (т. е. совокупности радиолокационных средств некоторого района). Управление полетом обеспечивает наведение ракеты на цель с точ­ностью, достаточной для надежного поражения цели. Оно осуще­ствляется обычно с помощью радиосредств, расположенных как на КП, так и на борту ракеты, и включает радиолокационные устрой­ства и радиолинии передачи информации с КП на ракету и (или) с ракеты на КП. Управление подрывом боевого заряда ракеты должно обеспечить подрыв в наивыгоднейший момент времени и осуществляется обычно радиовзрывателем, расположенным на бор­ту ракеты.

 Баллистические ракеты дальнего действия (БР) предназначены для поражения неподвижных целей, удален­ных от КП на несколько тысяч или более километров. При управ­лении такими ракетами момент пуска обычно не играет суще­ственного значения, но зато весьма важно обеспечить выключение двигателя ракеты в момент, обеспечивающий попадание в цель.

 Ракеты-носители космических аппаратов пред­назначены для вывода на заданную орбиту искусственных спутни­ков Земли, космических кораблей и других космических аппаратов. Ракеты-носители КА, как и баллистические ракеты дальнего дей­ствия, обычно делаются многоступенчатыми (обычно двух- или трехступенчатыми). Управление ракетами-носителями КА имеет много общего с управлением баллистическими ракетами дальнего действия, так как в обоих случаях основной задачей управления является выключение в наивыгоднейший момент времени двига­теля последней ступени ракеты. В момент выключения двигателя соотношение между координатами и составляющими вектора ско­рости ракеты должно быть таким, чтобы обеспечить попадание ракеты в цель (в случае баллистической ракеты) или вывод кос­мического аппарата на заданную орбиту (в случае запуска КА).

 Космические аппараты в зависимости от степени уда­ления их от Земли делят на аппараты ближнего космоса (около­земные), «среднего космоса» (лунные) и дальнего космоса (межпла­нетные). Основными типами околоземных КА являются ИСЗ (связ­ные, навигационные, исследовательские и др.) и околоземные кос­мические корабля. При управлении некоторыми видами ИСЗ тре­буется весьма высокая точность вывода их на заданную орбиту и удержания на этой орбите в течение длительного времени. Кроме того, как уже отмечалось выше, часто требуется производить со­гласованное управление совокупностью из нескольких спутников. При управлении космическими кораблями необходимо производить не только вывод корабля на орбиту, но и его посадку на Землю. В ряде случаев требуется, кроме того, производить автоматическую или полуавтоматическую стыковку на орбите двух или более кос­мических аппаратов и осуществлять различные их маневры.

 Еще более сложны и разнообразны задачи управления лунными и межпланетными КА. Например, при осуществлении полета косми­ческого корабля на Луну и обратно может потребоваться после­довательное выполнение следующих основных операций: запуск корабля с несколькими космонавтами на околоземную орбиту и корректировка этой орбиты; выход с околоземной орбиты на орбиту, обеспечивающую сближение с Луной; переход с этой орбиты на окололунную орбиту; разделение корабля на два отсека — лунный и основной; спуск лунного отсека на поверхность Луны; обратный старт лунного отсека с поверхности Луны и стыковка его с вращаю­щимся на окололунной орбите основным отсеком; выход космиче­ского корабля с окололунной орбиты на орбиту, обеспечивающую сближение с Землей; переход с этой орбиты на околоземную орби­ту; спуск с околоземной орбиты и посадка на поверхность Земли.

 При управлении самолетами, особенно военного на­значения, также приходится решать целый комплекс разнообразных задач — взлет, выведение в район цели, пуск против цели управляе­мого снаряда (ракеты) и управление этим снарядом, предотвращение столкновений с другими самолётами, возвращение на аэродром, посадку и другие. При управлении летательными аппаратами часто приходится, кроме того, решать задачи радиопротиводействия (со­здания помех радиосредствам противника) и огневого противодей­ствия (например,

уничтожения радиолокаторов противника снаря­дами с пассивными головками самонаведения).

 Из приведенного выше краткого обзора следует, что характер задач радиоуправления в большой мере зави­сит от вида управляемого аппарата и его назначения. Так, например, при управлении аппаратами невоенного назначения отпадают задачи радиопротиводействия и подрыва боевой части; при управлении снарядами отсут­ствует задача посадки летательного аппарата и т. п. Однако для большинства управляемых летательных аппаратов характерно наличие управления их движени­ем. Это управление в общем случае заключается в управ­лении перемещениями центра масс аппарата и его пово­ротами вокруг центра масс, т. е. в управлении полетом и ориентацией. При этом управление ориентацией аппа­рата может требоваться как для обеспечения надлежа­щего управления его полетом, так и иметь самостоятель­ное значение (например, при необходимости обеспечить определенное положение корпуса летательного аппарата относительно Земли).

 Радиоуправление движением летательных аппаратов и морских судов часто называют также радионавигацией.

 Термин навигация возник впервые применительно к морским судам и под радионавигацией понималось вначале вождение с помощью радиосредств морских су­дов. С появлением самолетов термины «навигация» и «радионавигация» были распространены и на вождение самолетов. В связи с появлением космических кораблей эти термины были распро­странены и на вождение космических кораблей. Поэтому в настоящее время под радионавигацией понимают обыч­но вождение с помощью радиосредств морских, воздуш­ных и космических кораблей. Для всех этих управляе­мых объектов характерно наличие на борту объекта человека (пилота), который может принимать непосред­ственное участие в управлении.

 Термин радиоуправление, наоборот, начал впервые широко использоваться лишь применительно к управле­нию по радио *беспилотными* объектами — снарядами. В дальнейшем, в соответствии сразвитием техники управления и кибернетики, существенно расширившей понятие «управление», термин радиоуправление начал применяться не только к беспилотным, но и к пилотируе­мым аппаратам.

 Следует отметить, что в последние годы развитие техники управ­ления движением летательных аппаратов привело к тому, что оба термина — радиоуправление и радионавигация в значительной мере утратили свой четкий смысл. Действительно, еще сравнительно не­давно все системы управления и навигации можно было достаточно четко разделить на два класса — такие, в которых радиосредства не применяются для управления, и такие, в которых эти средства применяются. При этом, как правило, в тех системах управления, в которых радиосредства применялись, они играли доминирующую роль.

 Для повышения качества управления применяется комбинация (комплексирование) радиосредств с други­ми, например инерциальными приборами управления. При этом классы систем, в которых радиосредства совершенно не применяют­ся или, наоборот, являются доминирующими, постепенно сужаются. Особенно это относится к управлению пилотируемыми аппаратами, т. е. к навигации. Поэтому в настоящее время более правильно го­ворить не о радионавигации, а просто о навигации и под радиона­вигационными приборами (средствами) понимать не приборы для радионавигации, а радиоприборы для навигации. Соответственно в общем случае следует говорить не о средствах радиоуправления, а о радиосредствах (и других средствах) управления.

 Для управления ориентацией летательных аппаратов радиосредства применяются в значительно меньшей ме­ре, чем для управления их полетом.

**Краткая характеристика способов управления полетом**

 **Принципы рулевого управления**

Управление полетом аппарата осуществляется изменением его

скорости *V* т. е. сообщением аппарату ускорения *W* (рис. 1.4).

При этом изменение модуля скорости V осуществляется созданием

касательного ускорения *Wz* ,а измене­ние направления вектора скорости

созданием поперечного ускорения *Wп*.Поперечное ускоре­ние в декартовой

системе координат определяется своими составляющими *Wx* и *Wy*,ав полярной

системе координат модулем *Wп* и полярным углом *θ*. Управление величиной и

направлением ускорения Wосуществляется при помощи рулевых органов. Так

как

 *W=F / m* ,

где *F* — результирующая си­ла, приложенная к аппарату, имеющему массу *m,* то

управ­ление ускорением *W* дости­гается изменением результирующей силы *F.*

Изменение силы *F* осуществляется путем изменения силы тяги *Т* (создавае­мой реактивным или каким-либо иным двигателем) и (или) результирующей

аэродинамической силы *R* (создаваемой воздушным потоком, обтекающим

аппарат). Рулевые органы, управляющие силой *R,* называются воздушными рулями и позволяют получить эффективное управление лишь при полете с достаточной скоростью вдостаточно плотных слоях атмосферы.

 В некоторых случаях управление величиной скорости аппарата на основном участке его траектории не тре­буется и осуществляется управление лишь направлением полета. При этом достаточно иметь рулевые органы,

управляющие лишь поперечным ускорением *Wп.*

 Рулевое управление может быть декартовым, полярным или смешанным. При декартовом управлении рули высоты, поворота и "разгона — торможения"

управляют соответст­венно составляющими *Wx* , *Wy* и *Wz* полного ускорения *W* в декартовой системе координат (рис. 1.4). При полярном рулевом управлении один из рулевых органов управляет мо­дулем ускорения *W* (в некоторых системах этот рулевой орган может, кроме того, изменять направление вектора

*W* на противоположное). Остальные рулевые органы обеспечи­вают требуемое

направление вектора *W.*

 Примеры воздушного рулевого управления приведены на рис. 1.5 и 1.7.


На рис. 1.5 приведена схема *полярного* рулевого управления. При от­клонении руля глубины РГ вверх (на рис. 1.6 по часовой стрелке) набегающий на руль воздушный поток создает момент Мрг, поворачивающий корпус летательного аппара­та вокруг оси yp против часовой стрелки (рис.1.6).



Поворот корпуса вокруг оси yp прекращается, когда вращающий момент, создаваемый воздушным потоком, обтекающим корпус (и действующий в данном случае по часовой стрелке), уравновешивает вращающий момент Мрг, создаваемый рулем глубины. При этом установив­шееся значение угла αa

между продольной осью ракеты и вектором ее скорости *Vv* (называемого углом атаки) оказывается примерно пропорциональным углу поворота руля δ (при небольших значениях углов).

 Результирующая "аэродинамическая сила *R,* создавае­мая набегающим на корпус летательного аппарата воздуш­ным потоком, может быть разложена на

составляющие *Y* и Q. При этом величина нормальной составляющей *Y,* на­зываемой подъемной силой, пропорциональна углу αa (при малых углах αa ).

Подъемная сила *Y* создает поперечное ускорение *Wп ,* пропорциональное этой силе. Следовательно, отклонение руля глубины РГ на некоторый угол δ создает

в установившемся режиме поперечное ускорение *Wп,* модуль которого пропорционален углу отклонения руля. Если руль глубины повернется на такой же угол δ , но в противоположном направлении (т. е. против ча­совой стрелки), то корпус аппарата повернется также в противополож­ном направлении (по

часовой стрелке), и подъемная сила *Y,* а следо­вательно, и ускорение *Wп* изменят свое направление на противополож­ное. При этом, если ось ур, жест­ко связанная

с крылом аппара­та, горизонтальна, то ускорение *Wn* всегда будет расположено в верти­кальной плоскости.

 Если требуется создать ускорение *Wn* в другой плоскости, то корпус аппарата поворачивается вокруг своей продольной оси zp на некоторый угол, называемый уг­лом крена и создаваемый рулем крена РК. (При повороте руля крена набегающий на лопасти PK этого руля воздушный поток соз­дает вращающий момент, повора­чивающий корпус вокруг оси zР.)

Например, если с помощью рулей крена установится угол крена, равный 90°, то

отклонение руля глубины будет создавать ускорение *Wп* уже не в вертикальной, а в го­ризонтальной плоскости. Таким образом с помощью ру­лей глубины и крена может быть получено требуемое значение величины и направления

поперечного ускорения *Wп* аппарата.

 На рис. 1.7 приведена схема симметричного д*екартового* рулевого управления. При этом составляющие поперечного ускорения в вертикальной и

горизонтальной плоскостях, *Wx* и *Wy* , создаются соответственно с помощью руля высоты РВ и руля поворота РП. Принцип действия каж­дого из этих рулей аналогичен описанному выше прин­ципу действия руля глубины. При отклонении руля высо­ты корпус аппарата поворачивается вокруг оси yр и создается подъемная сила, а следовательно, и поперечное ускорение в вертикальной плоскости. Отклонение руля поворота РП вызывает поворот корпуса аппарата вокруг оси xРи создание подъемной силы и поперечного ускоре­ния в горизонтальной плоскости.

 При декартовом управлении руль крена выполняет лишь вспомогательную функцию—стабилизацию крена аппарата. При появлении какого-либо возмущающего момента, вызывающего крен аппарата (т. е. поворот его корпуса вокруг оси zР), руль крена создает противопо­ложный момент, возвращающий корпус в исходное по­ложение. Конструктивно руль крена может быть при этом совмещен с рулем высоты или рулем поворота.

 При смешанном рулевом управлении, применяемом, например, в самолетах, в создании поперечного ускоре­ния участвуют не два рулевых органа, а три — рули вы­соты, поворота и крена.

 При отсутствии атмосферы или малой ее плотности (а также при малой скорости полета) управление поле­том осуществляется изменением силы тяги двигателя (двигателей). Применяемые при этом схемы рулевого управления весьма разнообразны . Рассмотрим кратко наиболее типичную из них. В такой схеме модуль W тре­буемого ускорения создается одним двигателем, жестко связанным летательного аппарата и назы­ваемым главным или маршевым

двигателем. Придание вектору *W* требуемого направления осуществляется пу­тем соответствующей ориентации корпуса аппарата. При управлении баллистическими ракетами дальнего действия и ракетами-носителями космических аппаратов маршевый двигатель обычно работает в течение несколь­ких минут непрерывно, а затем выключается и сбрасы­вается. При этом в течение работы двигателя управле­ние ориентацией может осуществляться с помощью га­зовых рулей. Эти рули изготавливаются из жаропрочных материалов и устанавливаются в струе газов, вытекаю­щих из сопла маршевого двигателя (рис. 1.8).

При повороте руля на некоторый угол δ , газовая струя создает

газодинамическую силу Yp, поворачивающую корпус ракеты вокруг ее центра масс.

 При управлении космиче­скими аппаратами с целью экономии топлива управление полетом осуществляется обычно путем всего нескольких сравнительно кратковре­менных включений маршевого двигателя. При этом для упрощения двигателя величина его силы тяги обычно не имеет плавной регулировки, т. е. двигатель может рабо­тать только в режиме «включено—выключено». В этом случае управление полетом осуществляется не путем

регулирования величины ускорения *W,* апутем (включе­ния и выключения двигателя в соответствующие момен­ты времени, например, в следующей последовательности. На основании данных информационно-измерительного устройства ИИУ (см. рис. 1.1) управляющее устройство УУ

определяет требуемое изменение ∆Vтр вектора скорости аппарата. Затем корпус аппарата поворачивается вокруг центра масс таким образом, чтобы

после включения маршевого двигателя сила его тяги *Т* совпадала по

направле­нию с вектором ∆Vтр. Затем включается маршевый двига­тель, создающий постоянное ускорение *W,* и происходит изменение вектора скорости аппарата по закону ∆V=W t .

Когда это изменение достигает требуемой величины ∆Vтр , маршевый двигатель выключается. Поскольку раз­вороты корпуса происходят при выключенном маршевом двигателе, они осуществляются с помощью дополнитель­ных малогабаритных двигателей, называемых двигате­лями ориентации. В качестве таких двигателей приме­няются малогабаритные реактивные двигатели, вектор тяги которых не проходит через центр масс аппарата, или маховики (вращающиеся массы).

 **Основные виды управления полетом**

 Различают следующие основные виды управления полетом:

 1)автономное управление

 2) самонаведение

 3)телеуправление

 Деление систем управления на автономные и неавто­номные возможно по двум признакам — аппаратурному и информационному. При делении по аппаратурному при­знаку автономными считаются такие системы, в которых вся аппаратура, предназначенная для управления поле­том летательного аппарата, расположена на борту этого аппарата. При делении по информационному признаку к автономным относятся такие системы, в которых после пуска (старта) летательного аппарата никакая дополни­тельная информация о положений или параметрах дви­жения цели (пункта назначения) и КП не учитывается при образовании команд управления.

 *Автономное управление* вследствие его информацион­ной автономности непригодно для наведения на цели, расположение или параметры движения которых изве­стны до пуска аппарата недостаточно точно или могут после пуска существенно измениться. Например, авто­номное управление не может обеспечить наведение сна­ряда на самолет противника, но пригодно для наведения баллистической ракеты на наземную цель, геоцентриче­ские координаты которой до пуска снаряда известны

 Автономное управление может быть программным или самонастраивающимся. При программном управле­нии летательный аппарат должен двигаться по программной (номинальной) траектории, т. е. траектории, выбранной до пуска аппарата и зафиксированной соот­ветствующим программным механизмом, установленным на его борту. При этом задача управления сводится к измерению отклонений аппарата от номинальной тра­ектории и ликвидации этих отклонений. Однако про­граммное управление в общем случае не является опти­мальным. Типичная функциональная схема системы автономного программного управления изображена на рис. 1.10.

Автопи­лот, состоящий из усилителя-преобразователя УП, исполнительного механизма (рулевых машин) ИМ и датчиков обратных связей Д 1и Д 2,

вырабатывает требуемые откло­нения δ рулевых органов на основе

поступающих на входы усилителя-преобразователя данных *u1* , *u2*, *u3*  и *u4* .

Здесь *u1* — совокупность данных, поступающих от про­граммного механизма и задающих требуемый закон движе­ния аппарата.

 *u2* — совокупность данных, определяющих фактический закон движения центра масс (координаты, скорость, уско­рение) аппарата. Устройство, вырабатывающее эти данные, называется координатором.

 *u3* — совокупность данных о поворотах корпуса аппарата вокруг его центра масс (углах поворота и их производ­ных). Эти данные вырабатываются датчиками Д 1угло­вых поворотов корпуса аппарата—свободными и прецессионными гироскопами.

 *u4* —совокупность данных о движении рулевых орга­нов (например, об углах поворота рулей и производных этих углов), вырабатываемых датчиками Д2.

 В ряде случаев в усилитель-преобразователь вводят­ся также данные о текущем времени, скоростном напоре и др. В усилителе-преобразователе входные данные уси­ливаются и преобразуются в команды управления таким образом, чтобы обеспечить достаточный запас устойчи­вости и высокое качество регулирования. Закон преоб­разования данных может быть достаточно сложным и требовать применения в блоке УП электронной вычисли­тельной машины.

 В зависимости от типа координатора автономные си­стемы управления делятся на инерциальные, астронави­гационные, радиотехнические и другие.

 В *инерциальных* системах данные о законе движения центра масс аппарата

получают путем измерения и ин­тегрирования ускорения *W,* осуществляемого акселеро­метрами (измерителями ускорений) и интеграторами ускорений.

 *Астронавигационные* системы основаны на определе­нии положения центра масс аппарата с помощью пелен­гации излучения небесных тел, осуществляемой специ­альными приборами-секстантами, установленными на борту аппарата.

 Координаторы *радиотехнических* автономных систем весьма разнообразны и обычно основаны на применении радиовысотомеров и допплеровских измерителей путе­вой скорости или на приеме на борту управляемого аппа­рата радиоизлучения различных ориентиров, располо­женных *вне* КП и цели (пункта назначения). При этом ориентирами могут служить в принципе любые источни­ки достаточно интенсивного радиоизлучения, положение и параметры движения которых в фиксированной систе­ме координат (например, в географической, геоцентри­ческой или гелиоцентрической) известны априори с до­статочной точностью и могут поэтому вводиться в авто­пилот непосредственно, т. е. без применения дополни­тельных измерителей. В частности, может использовать­ся радиоизлучение Солнца и некоторых «радиозвезд» или излучение радиопередающих устройств, установлен­ных на ИСЗ или на Земле. При этом, если радиопередающие устройства устанавливаются специально для управления (навигации), а не для решения других за­дач, то система управления, оставаясь автономной в ин­формационном отношении, теряет свою аппаратурную автономность. Для повышения точности автономных си­стем часто применяется комбинирование (комплексирование) различных типов координаторов. Например, в астроинерциальных системах инерциальные координа­торы комплексируются с астронавигационными, а в радиоинерциальных — с радиотехническими.

 *Самонаведением* называется наведение аппа­рата на цель (пункт назначения) на основе приема энер­гии, излучаемой или отражаемой целью.

 В зависимости от характера используемой энергии самонаведение может быть радиотехническим, тепловым, световым, акустическим. Возможно также применение комбинированных систем самонаведения, использующих, например, комбинацию радиотехнических и тепловых ко­ординаторов.

 В зависимости от места расположения первичного источника энергии системы самонаведения могут быть активными, полуактивными или пассивными. В активных системах источник первичной энергии устанавливается на борту летательного аппарата, а в полуактивных — вне борта аппарата (например, на КП). В пассивных си­стемах используется излученная или отраженная энергия естественных источников (Солнца, Луны и т. п.) или энергия источников, созданных человеком, но не для обеспечения самонаведения, а для других задач. Поэто­му к пассивным относят и радиотехнические головки самонаведения, устанавливаемые на снарядах, уничто­жающих радиолокаторы противника и принимающие излучение этих радиолокаторов.

 Очевидно, активные системы самонаведения являют­ся в аппаратурном отношении автономными. Однако в информационном отношении они не автономны и в этом заключается их принципиальное отличие от авто­номных систем управления. Действительно, энергия, идущая от цели (пункта назначения), используется в си­стемах самонаведения для получения в процессе полета информации о положении и характере движения аппара­та относительно цели и учета этой информации при образовании команд управления. Благодаря наличию та­кого информационного канала — канала контроля цели— самонаведение имеет по сравнению с автономным управ­лением как весьма важное преимущество, так и серьез­ный недостаток. Преимуществом является возможность наведения аппарата на цели, положение или параметры движения которых априори известны с недостаточной точностью, например на самолеты противника. Недо­статок состоит в возможности создания противником эффективных помех, действующих на канал контроля цели.

 Функциональная схема активной или пассивной си­стемы самонаведения приведена на рис. 1.11,а, соответ­ствующая ей структурная схема — на рис. 1.11,6.

В этой схеме РГС — радиотехническая головка самонаведения (координатор), измеряющая параметр рассогласования ,характеризующий величину и направление отклонения аппарата (ракеты) от правильного полета на цель *Ц.*

 Таким параметром может служить, например, производ­ная *ε=dθ/dt,* где *θ* —угол

отклонения направления ра­кета — цель *r* в стабилизированной (невращающейся) си­стеме координат *x y z.* Кинематическое звено учитывает

кинематические соотношения, связывающие параметр рас­согласования *ε* с

координатами центров масс *Aц(t)* и *Ap(t)* цели и ракеты, а динамическое звено—

связь координат центра масс аппарата (ракеты)  *Ap(t)*  с отклонением рулей

*δ(t)*. Из рисунка видно, что в системе самонаведения ра­диосредства (РГС) играют роль измерительного элемента (координатора) исходят в состав замкнутого контура управ­ления в качестве одного из его звеньев, называемого ра­диозвеном.

 Телеуправлением называется управление, при котором *с командного пункта* можно изменить траекто­рию управляемого аппарата.

 В зависимости от способа образования команд раз­личают командное, телеуправление и телеуправление по радиозоне. В первом случае команды формируются на КП и передаются на борт аппарата по радиолинии, на­зываемой командной радиолинией. Во втором случае на КП формируется соответствующей аппаратурой специ­альная управляющая радиозона — равносигнальная зо­на, вдоль которой должен лететь управляемый аппарат. При этом отклонение аппарата от равносигнальной зоны обнаруживается приборами, установленными на борту этого аппарата, и сводится к нулю путем соответствую­щего воздействия на его рулевые органы. В большинстве случаев требуемая равносигнальная зона имеет вид пря­мой или плоскости, т. е. является равносигнальной осью или плоскостью. В тех случаях, когда требуемая равно-сигнальная зона имеет вид прямой, радиозону называют радиолучом, а соответствующий вид телеуправления — лучевым.

 Телеуправление может применяться для наведения аппарата на цель (пункт назначения) или в район цели, выведения аппарата на заданную орбиту, приведения аппарата на КП (или в район КП) из пункта, удаленно­го от этого КП, и т. д. В случае наведения на цель раз­личают, в зависимости от способа контроля цели, теле­управление первого вида (ТУ-1) и телеуправление вто­рого вида (ТУ-2). При ТУ-1 контроль за целью осуще­ствляется непосредственно с командного пункта, а при ТУ-2 устройство контроля правильности полета аппарата к цели устанавливается на борту этого аппарата, и дан­ные контроля передаются с борта аппарата на КП по соответствующему радиоканалу.

Линии передачи информации, входящие в состав систем телеуправления, как правило, делаются радиотехническими, а устройства извлечения информации могут быть как радиотехниче­скими, так и других типов (например, телевизионными или тепловыми).

 Для повышения качества управления часто приме­няются также различные комбинации автономного управления, самонаведения и телеуправления. Напри­мер, при наведении зенитной ракеты на цель на первом участке траектории ракеты может применяться автоном­ное инерциальное управление, на втором участке — ТУ-1, а на третьем (последнем)— самонаведение.

 Литература

1. Л.С. Гуткин, В.Б. Пестряков, В.Н.Теплугин. Радиоуправление. 1970
2. Л.С. Гуткин, Ю.П. Борисов и др. Радиоуправление реактивными снарядами и космическими аппаратами. 1968
3. Данные с сайта www.space-academy.net