

тельных осей гироскопа БСО относительно осей целевой аппаратуры. Устранить эту ошибку, оставаясь в рамках рассмотренного приборного состава, не представляется возможным. Для дальнейшего повышения точности ориентации целевой аппаратуры необходимы дополнительные измерительные средства, позволяющие фиксировать угловое рассогласование измерительных осей гироскопа БСО (либо системы астродатчиков) относительно осей целевой аппаратуры. В качестве этих средств могут быть использованы, например, оптические системы контроля взаимного углового положения базовых элементов целевой аппаратуры и гироскопа БСО, а также системы выставки нуля всей измерительной цепи по звездам или другим естественным или искусственным реперным ориентирам, попадающим в поле зрения целевой аппаратуры одновременно с визированием звезд астродатчиками.

Список литературы

1. Бранец В.Н. О точности решения кинематических уравнений // Космич. исслед. - Т. XX, вып. 2, - 1982.

УДК 531.55:521.2

Л.В. Кудряков

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИМПУЛЬСНОГО МАНЕВРИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМОЙ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ВЕЛИЗИ НЕМАНЕВРИРУЮЩЕЙ ЦЕЛИ

Известно, что среди возможных режимов управления движением в центральном силовом поле наиболее экономичными являются импульсные. Предполагается, что приращение скорости осуществляется мгновенно, а дальнейшее движение проходит по свободной (кеплеровой) траектории. Сложности, связанные с созданием системы управления, обеспечивающей достаточную точность реализации такого управления, тормозят широкое использование импульсных траекторий в практике ближнего относительного маневрирования. Однако увеличение объема монтажных работ, операций сборки, сближения, облета, сопровождения и других мероприятий в космо-

се ужесточает требования к весу полезного груза и приводит к необходимости применения импульсного маневрирования как наиболее экономичного. Поэтому дальнейшее совершенствование методов свободных траекторий является актуальным и перспективным.

Движение управляемой материальной точки (УМТ) рассматривается в подвижной системе координат x, y, z , связанной с неманеврирующей целью (точкой назначения, ТН). Принимаются следующие допущения: ТН движется по траектории, близкой к круговой; отношение дальности между УМТ и ТН к расстоянию до притягивающего центра значительно меньше единицы; тяга двигателя ограничена.

В основу предлагаемой технологии импульсного маневрирования заложены три различных по характеру маневра: сближающий, удаляющий и сопровождающий. Каждый из них представляет дугу траектории, включающую активный участок продолжительностью t_A и пассивный продолжительностью $T-t_A$ (T - продолжительность маневра). Сближающий маневр проводят при подходе УМТ к ТН на заданное расстояние. Маневр удаления обеспечивает отход от ТН в заданную точку. Маневр сопровождения предназначен для поддержания движения УМТ вблизи ТН с нулевой относительной скоростью.

По назначению управляющего импульса маневр может быть координатным или скоростным. В координатном маневре импульс скорости определяется из условия попадания в заданную точку по координатам согласно уравнению

$$\Delta V = V_{\Gamma} - V_{Н},$$

где $V_{Н}$ - вектор начальной скорости, V_{Γ} - вектор скорости, потребной для попадания из начальной точки $R_{ГН}$ в заданную конечную точку $R_{ГК}$.

Координатный маневр является сближающим, если $|R_{ГК}| < |R_{ГН}|$, и удаляющим, если $|R_{ГК}| > |R_{ГН}|$. В скоростном маневре импульс скорости определяется из условий получения в конечный момент маневра заданной относительной скорости согласно уравнению

$$\Delta V = V_{В} - V_{Н},$$

где $V_{В}$ - вектор скорости, потребной для получения в конце маневра заданной относительной скорости $V_{БК}$. Скоростной маневр является сближающим, если в начальный момент УМТ находится в зоне одинаковых знаков координат x и y (при принятых допущениях боковое движение по z не

зависит от движения в плоскости x, y). Скоростной маневр называется скоростным маневром 1-го рода, если $V_{\text{ск}}=0$, и скоростным маневром 2-го рода, если $V_{\text{ск}} \neq 0$. В отличие от известных серия скоростных маневров 2-го рода позволяет осуществить "мягкое" сближение с любых относительных расстояний в рамках принятых допущений по дальности с одновременным уменьшением к концу сближения и относительного расстояния и относительной скорости.

Сопровождение (патрулирование) может быть осуществлено серией скоростных маневров 1-го рода. При этом, если УМТ в начальный момент находится в области одинаковых знаков координат x, y , то первый скоростной маневр будет сближающим по обеим координатам, а все последующие уведут УМТ от ТН только по координате x , но координата y_k уменьшается регулярно. Практически уже после третьего скоростного маневра y_k близка к нулю. Так как координата x_k линейно зависит от y_k и увеличивается пропорционально уменьшению y_k , то к концу третьего маневра x_k становится практически постоянной. В этот момент УМТ находится в плоскости x, y на некотором удалении по x от ТН и движется с нулевой относительной скоростью.

Для выполнения упомянутых выше операций рассмотренные маневры могут быть использованы как отдельно, так и в комбинации с другими. Схема управления при этом может быть координатной, если движение осуществляется серией координатных маневров, скоростной 1-го рода (один или серия скоростных маневров 1-го рода), скоростной 2-го рода (один или серия скоростных маневров 2-го рода), координатно-скоростной, если движение осуществляется комбинацией координатных и скоростных маневров. Например, операция сближения может быть выполнена по координатной, координатно-скоростной или скоростной схеме, а операция облета (инспекции) – по скоростной схеме 2-го рода или по координатно-скоростной схеме. Выбор схемы зависит в каждом конкретном случае от исходной ситуации, начального положения и скорости и требований к системе управления.

Предложенная технология маневрирования может найти применение и в дальнем космосе, например, в задаче эффективного набора гелиоцентрической скорости, где требуется войти в зону тяготения попутной планеты со скоростью, равной скорости планеты относительно общего притягивающего центра.