

**Б.К. Нартов**

*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева  
СО РАН, г. Омск*

## **МЕТОД ВОЗВРАТА И РЕАЛИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Представленный в работе метод направленной оптимизации начальных условий в задачах управления динамическими системами – метод возврата – предназначался первоначально для оптимизации вектора начальных координат в частной модели конфликта подвижных объектов, характеристики которых ухудшались в результате взаимодействия с объектами противника и старения. Модель связывала характеристики (вектор состояния) и координаты (вектор управления) объектов дифференциальными уравнениями типа уравнений Ланчестера. Далее становилась и решалась конкретная задача оптимального управления движениями группы объектов, противодействующих другой группе объектов с заданными на интервале управления траекториями (по критерию минимизации некоторой функции конечных состояний объектов).

Существенно сложнее опорной оказалась задача построения приемлемого по времени счета и точности алгоритма оптимизации начального вектора управления, то есть начального размещения группы управляемых объектов.

Найденный подход оказался весьма общим и позволяет направленно оптимизировать начальный вектор управления по меньшей мере в классе управляемых гладких систем с непрерывно дифференцируемым функционалом качества.

В самом общем виде идея метода состоит в том, что для оптимизации, в смысле избранного функционала качества, начальных условий исходной задачи оптимального управления записывается вспомогательная двойственная задача и реализуется итеративный процесс, в шагах которого чередуются исходная и двойственная задачи, а в качестве части начальных условий очередного шага

итерации используется часть конечных значений предыдущего шага. При этом двойственная задача отличается от исходной обращением знаков правых частей исходной системы дифференциальных уравнений и знака функционала качества, а также обращением заданных временных процессов (например, заданных движений). Дополнительно используются лишь некоторые элементарные правила коррекции части конечных значений четных шагов и ограничений на вектор управления исходной задачи.

(Таким образом, если в конкретной задаче управления состояние суть монотонно ухудшающаяся физическая характеристика, схему процесса оптимизации начальных условий можно представить в виде последовательности решений чередующихся задач «исчерпывания» (прямая) и «восстановления» (обратная).)

Кроме того, полученные результаты позволили выделить три типа решений задачи оптимального управления гладкой системой с непрерывно дифференцируемым функционалом качества:

- динамические (в частном случае – кинематические) ограничения реализуются на всём интервале управления;
- ограничения реализуются на правильном подмножестве интервала;
- ограничения не реализуются ни в одной точке интервала.

Дан простой пример неполной реализации динамических ограничений в задачах оптимального управления.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 14-08-01132 и № 14-07-00272.

### **Литература**

1. *Nartov B.K.* Conflict of Moving Systems. France: AMSE Press, 1994.
2. *Нартов Б.К.* Об одном методе оптимизации начальных условий в управлении динамическими системами // Математические структуры и моделирование. 2002. Вып. 9. С. 1–3.
3. *Нартов Б.К.* Методы траекторного управления. Новосибирск: Наука, 2003.
4. *Лебедев Г.Н., Мирзоян Л.А., Нартов Б.К., Чуканов С.Н.* Управление подвижными объектами. Оперативное планирование. М.: Научтехлитиздат, 2008.