

## ОТЗЫВ

научного руководителя о диссертационной работе Н. В. Стрелковского «Об одном методе решения задач гарантирующего управления с неполной информацией для линейных динамических систем», представляемой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»

В своих изначальных постановках задачи оптимального управления разрешаются в классе так называемых программных управлений – действий, порядок изменения которых во времени назначается (программируется) априори. Однако, параллельно с программными постановками, математическая теория оптимального управления выдвинула и важную задачу синтеза, в которой управляющие действия предлагается искать в форме обратных связей. Оптимальный синтез реализует оптимальную программу вне зависимости от выбора начального состояния системы. Управление с обратной связью, известное также как позиционное управление, становится основным принципом управления для систем, подверженных неконтролируемым динамическим помехам.

Задачи позиционного управления с неполной информацией традиционно связываются с игровыми ситуациями, в которых управляемая система подвергается действию неопределенных динамических помех. Большой интерес представляет также изучение управляемых систем, не подверженных действию динамических помех. И в этом случае неполнота информации о фазовых состояниях делает программную и позиционную постановки задачи о гарантирующем управлении неравносильными. Таким образом, неопределенность в виде неполноты фазовой информации имеет принципиально иную природу, нежели неопределенность, возникающая вследствие действия динамических помех.

Диссертация Н. В. Стрелковского выполнена в русле нового подхода к решению задач позиционного управления с неполной информацией о фазовых состояниях. Основным понятием в данном подходе является понятие пакета программ. Пакет программ по содержанию является аналогом неупреждающего программного оператора из теории дифференциальных игр и может быть представлен в виде семейства неупреждающих программных «ответов» на все гипотетически возможные начальные состояния системы. Нахождение разрешающего пакета программ – сложная, но все же программная задача, поэтому представляется возможным аналитическое описание условий разрешимости исходной задачи – о гарантирующем позиционном управлении в условиях неполной информации.

В диссертации рассматриваются вариант задачи – задача наведения, в которой линейную управляемую систему требуется привести на фиксированное замкнутое и выпуклое целевое множество в заданный момент времени либо к заданному моменту времени. Множество допустимых начальных состояний системы предполагается конечным.



В первой главе диссертации рассматривается задача гарантированного позиционного наведения в заданный момент времени. Вводятся основные понятия метода пакетов программ для линейных систем – однородные сигналы, параметризованные допустимыми начальными состояниями, моменты их расслоения и кластеры множества допустимых начальных состояний, соответствующие моментам расслоения однородных сигналов. Вводится расширенная задача программного наведения и доказывается её эквивалентность задаче пакетного наведения, про которую, в свою очередь, известно, что она эквивалентна задаче гарантированного позиционного наведения. Далее автором сформулирован и доказан критерий разрешимости расширенной задачи программного наведения. Здесь же предлагается конструктивный метод построения наводящего пакета программ, который по содержанию основан на аналоге условия максимума из классической теории оптимального управления.

Во второй главе диссертации рассматривается задача гарантированного позиционного наведения к заданному моменту времени. Каждому допустимому начальному состоянию, вообще говоря, соответствует некоторый момент наведения из заданного конечного множества. Доказано, что данная задача эквивалентна задаче пакетного наведения с семейством допустимых моментов наведения, а последняя эквивалентна расширенной задаче программного наведения с семейством допустимых моментов наведения. С помощью конструкций, аналогичных введённым в первой главе, сформулирован и доказан критерий разрешимости и построена конструктивная процедура построения наводящего пакета программ.

В третьей главе для задачи гарантированного позиционного наведения в заданный момент времени предложен формальный алгоритм её решения. Проверка критерия разрешимости сводится к конечномерной задаче оптимизации вогнутой функции на выпуклом множестве, а для поиска наводящего пакета программ используются численные методы, ранее применявшиеся для решения классических задач терминального управления. Отдельно рассматривается случай, когда для некоторых кластеров множества допустимых начальных состояний условие максимума не даёт достаточной информации для построения соответствующего элемента наводящего пакета программ. Для обработки этого случая применяется модифицированный алгоритм построения особых управлений в линейных системах. Далее приводится процедура построения  $\varepsilon$ -наводящей стратегии по наводящему пакету программ и доказывается соответствующая теорема сходимости.

Диссертационная работа Н. В. Стрелковского содержит интересные, содержательные результаты и вносит вклад в теорию гарантирующего управления. Работа выполнена на высоком уровне, ясно написана. В ходе выполнения работы Н. В. Стрелковский показал себя квалифицированным исследователем, глубоко освоившим предметную область.

Результаты диссертации опубликованы с должной полнотой и докладывались на ряде конференций.

Считаю, что диссертационная работа Н. В. Стрелковского «Об одном методе решения задач гарантирующего управления с неполной информацией для линейных динамических систем» отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление».

Научный руководитель  
Академик РАН,  
доктор физико-математических наук  
советник РАН,  
президиум РАН



Ю. С. Осипов

119991, Москва, Ленинский проспект, д. 32а,  
тел. +7(495) 938-08-11  
e-mail osipov@pran.ru

