

## ОТЗЫВ

научного консультанта о диссертации

Хартовского Вадима Евгеньевича «Управляемость линейных динамических систем с последствием: качественный анализ и построение регуляторов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.01.02 - дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

Докторская диссертация В.Е. Хартовского посвящена разработке принципиально нового подхода к решению проблемы проектирования регуляторов и наблюдателей для линейных автономных динамических систем с последствием.

Проектирование регуляторов по принципу обратной связи является одной из важнейших проблем теории автоматического управления. На сегодняшний день для систем с последствием в этом направлении имеется много нерешенных задач. В первую очередь это касается систем нейтрального типа. Кроме того, остается без ответа вопрос о возможности построения регуляторов для объектов с запаздыванием, не обладающих классическими свойствами различных типов управляемости. Эти обстоятельства делают тему диссертационного исследования актуальной, а ее результаты востребованными.

В диссертации центральное место отводится исследованию линейных автономных систем нейтрального типа. Для таких объектов во второй главе вводится понятие 0-управляемости, характеризующее возможность успокоить решение системы, не имеющей классического свойства полной 0-управляемости, доказываются критерии 0-управляемости и строятся управления, реализующие успокоение решения.

Третья глава диссертации посвящена разработке для систем нейтрального типа схем проектирования регуляторов. Решаются классические задачи спектральной приводимости и модальной управляемости. Вводятся новые структурные свойства, определяемые как слабая спектральная приводимость и слабая модальная управляемость, доказываются критерии их существования. Тем самым формируется теория управления спектром для объектов, не имеющих классических свойств модальной управляемости и спектральной приводимости. Для 0-управляемых систем строится регулятор успокоения решения.

В четвертой главе диссертационной работы предложенные процедуры проектирования регуляторов переносятся на задачи построения наблюдателей. Для получения асимптотических наблюдателей обобщается классическая схема использования свойства модальной управляемости. Впервые на базе решения задачи слабой модальной управляемости строится асимптотический наблюдатель с ограниченной ошибкой. Разработана процедура оценки неустойчивой компоненты решения исходной системы. Отличительной чертой двух последних подходов является возможность их реализации для систем, не имеющих свойства финальной наблюдаемости. В этой же главе предлагается два типа финитных наблюдателей, восстанавливающих за конечное время точное решение системы.

В пятой главе предлагается обобщение полученных методов управления на линейные автономные вполне регулярные дифференциально-алгебраические системы с последствием. Доказываются критерии 0-управляемости, спектральной приводимости, слабой спектральной приводимости, модальной управляемости, слабой модальной управляемости, строится регулятор успокоения решения.

Наиболее существенные результаты представлены соискателем в третьей главе, поскольку в ней закладывается идейная основа теории проектирования регуляторов. Четвертая глава представляет собой дальнейшее развитие этой теории для решения задач наблюдения, а пятая глава демонстрирует возможность ее обобщения на более сложные объекты.

Полученные результаты в перспективе имеют важное значение не только для создания управляющих систем, но и позволят при их проектировании за счет введения новых структурных свойств уменьшить требования, предъявляемые к органам управления и наблюдения. В целом, представленные в диссертации новые научные результаты являются концептуальным развитием теории управления системами с последствием и допускают их дальнейшее развитие.

Хартовский Вадим Евгеньевич в 2002 г. окончил математический факультет Гродненского государственного университета имени Янки Купалы по специальности «Математика». В 2005 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02 - дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление. В период 2017-2020 гг. обучался в докторантуре при кафедре методов оптимального управления БГУ. Результаты, представленные в диссертации В.Е. Хартовского, свидетельствуют о том, что его научная квалификация соответствует степени доктора физико-математических наук.

С 2005 г. по настоящее время В.Е. Хартовский работает в учреждении образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», на данный момент занимает должность заведующего кафедрой логистики и методов управления. Неоднократно осуществлял реализацию различных научных проектов, участвует в двух проектах ГПНИ «Конвергенция - 2025», одним из которых руководит. Работает в составе Совета по защите диссертаций на соискание степени кандидата физико-математических наук К 02.14.02 при ГрГУ им. Я. Купалы. В базе данных Scopus имеет индекс Хирша, равный 8. Помимо научных работ в области теории управления имеет монографию в области логистика и четыре учебных пособия с грифом УМО РБ. Входит в состав УМО РБ по образованию в области экономики и организации производства, секция по направлениям 1-270201-01, 1-270201-02, 1-370108.

Считаю, что диссертация В.Е. Хартовского «Управляемость линейных динамических систем с последствием: качественный анализ и построение регуляторов» соответствует всем требованиям Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а ее автор заслуживает присвоение этой ученой степени по специальности 01.01.02 - дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление за:

– критерии разрешимости задачи 0-управляемости и способы построения программных управлений, реализующих успокоение решения, в случае линейных автономных дифференциально-разностных систем нейтрального типа и линейных автономных вполне регулярных дифференциально-алгебраических систем с соизмеримыми запаздываниями;

– критерии существования и способы построения регуляторов успокоения решения для линейных автономных дифференциально-разностных систем нейтрального типа и линейных автономных вполне регулярных дифференциально-алгебраических систем с соизмеримыми запаздываниями;

– критерии разрешимости задач спектральной приводимости и слабой спектральной приводимости, а также способы построения регуляторов, приводящих линейные автономные дифференциально-разностные системы нейтрального типа и линейные автономные вполне регулярные дифференциально-алгебраические системы с соизмеримыми запаздываниями к конечному спектру;

– условия разрешимости задач модальной управляемости и слабой модальной управляемости в классах интегральных и дифференциально-разностных регуляторов, а также способы построения регуляторов указанных классов, обеспечивающих заданный спектр, для линейных автономных дифференциально-разностных систем нейтрального типа и линейных автономных вполне регулярных дифференциально-алгебраических систем с соизмеримыми запаздываниями;

– условия существования и способы построения различных типов асимптотических наблюдателей, а также процедуру получения асимптотической оценки для линейных автономных дифференциально-разностных систем нейтрального типа;

– критерии существования и способы построения для линейных автономных дифференциально-разностных систем нейтрального типа двух типов финитных наблюдателей, которые описываются системами запаздывающего типа с выходом.

Научный консультант,  
профессор кафедры методов  
оптимального управления,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

 А. И. Калинин

