

**ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**  
на выпускную квалификационную работу бакалавра  
**Белова Александра Ивановича**  
**«Разработка новых критериев устойчивости**  
**линейных систем с запаздыванием»**

Выпускная квалификационная работа А.И. Белова посвящена разработке критериев экспоненциальной устойчивости линейных стационарных систем с запаздыванием. В основе новых критериев лежит так называемая теория функционалов с заданной производной, и работа А.И. Белова направлена на решение одной из актуальных проблем этой теории – развитие конструктивных методов проверки положительной определенности функционалов. Первый из полученных в работе критериев устойчивости основан на наблюдении о том, что положительную определенность функционалов с заданной производной достаточно проверять лишь на функциях специального класса, которые обязательно возникают среди решений неустойчивых систем. В результате исследование устойчивости сводится к решению задачи минимизации квадратичной формы или к проверке неотрицательной определенности двухпараметрического семейства блочных матриц, блоки которой определяются интегралами от матриц Ляпунова. Далее разработанный критерий уточняется: для значений параметров найдена сетка, на которой достаточно проверять условие критерия для того, чтобы гарантировать устойчивость. Таким образом, задача анализа устойчивости системы с запаздыванием сводится к конечномерной задаче. Кроме того, проведена работа по уменьшению числа узлов в найденной сетке. Проверка разработанных критериев программно реализована А.И. Беловым в среде MATLAB, все алгоритмы протестированы на достаточном количестве примеров. Актуальность темы работы определяется большим количеством приложений квадратичных функционалов Ляпунова – Красовского в задачах управления.

Работа А.И. Белова выполнена на высоком математическом уровне и достойно оформлена. Отмечу, что работа выполнена ее автором полностью самостоятельно, включая постановку задачи о сведении полученного критерия устойчивости к конечномерному и ее детальную проработку. Автор работы владеет современным аппаратом математического анализа, теории устойчивости и алгебры на высоком уровне. Обзор литературы, представленный в работе, показывает, что А.И. Белов хорошо знаком с литературой по теме своего исследования. Кроме того, результаты работы были частично представлены ее автором на LI международной конференции аспирантов и студентов факультета ПМ-ПУ «Процессы управления и устойчивость», по результатам доклада А.И. Белов имеет научную публикацию.

Суммируя вышеизложенное, считаю, что работа А.И. Белова соответствует требованиям, предъявляемым к ВКР, и заслуживает оценки «отлично», а ее автор – присвоения квалификации «бакалавр» по направлению 01.03.02 «Прикладная математика и информатика».

Научный руководитель,  
кандидат физ.-мат. наук,  
доцент кафедры теории управления



И.В. Александрова