

**ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**  
на выпускную квалификационную работу бакалавра  
**Рыжова Михаила Валерьевича**  
**«Анализ устойчивости линейных систем с запаздыванием:**  
**кусочно-линейное приближение функционалов Ляпунова»**

В выпускной квалификационной работе М.В. Рыжова разработана группа новых конструктивных методов анализа устойчивости линейных стационарных систем с запаздыванием. В основе этих методов лежит теория функционалов Ляпунова – Красовского с заданной производной, одной из актуальных проблем которой является недостаток конструктивных способов построения квадратичных оценок функционалов снизу. В работе М.В. Рыжова для построения таких квадратичных оценок предлагается использовать специальные кусочно-линейные приближения подынтегральных выражений функционалов. Далее производится строгая оценка погрешности этих приближений, и в результате задача анализа устойчивости сводится к проверке положительности минимума квадратичной формы, матрица которой определяется значениями матрицы Ляпунова в узлах, соответствующих кусочно-линейному приближению, и матрицами системы. Таким образом, в работе получены достаточные условия устойчивости, которые, в силу стремления погрешности к нулю с увеличением числа узлов разбиения, а также в силу того, что используемый функционал соответствует необходимым и достаточным условиям экспоненциальной устойчивости, приближаются с увеличением числа узлов разбиения к необходимым. К сожалению, размерность матрицы квадратичной формы при этом также растет.

В работе М.В. Рыжова рассмотрены общий случай систем с произвольными запаздываниями и частный случай систем с кратными запаздываниями. В обоих случаях выражения для квадратичной формы – оценки функционала – получены в явном виде, произведен анализ структуры этих выражений. В программной среде MATLAB написана программа, реализующая разработанные алгоритмы проверки устойчивости. Программа протестирована на нескольких примерах.

Отмечу, что М.В. Рыжов проявил достаточный уровень самостоятельности при подготовке работы, а также проявлял инициативу при выборе направления и методов исследования. Работа хорошо оформлена, представленный обзор литературы достаточно полон, автор работы владеет современным аппаратом математического анализа и алгебры. Актуальность работы определяется большим количеством приложений квадратичных функционалов Ляпунова – Красовского, в том числе в задачах управления.

Суммируя вышеизложенное, считаю, что работа М.В. Рыжова 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