

Отзыв научного руководителя  
на выпускную квалификационную работу  
**Сауткиной Елены Николаевны**  
*«Применение робастных регрессионных моделей  
для оценивания параметров сигнала электронной эмиссии»*

Выпускная квалификационная работа Сауткиной Елены Николаевны посвящена исследованию вольтамперных характеристик (ВАХ) систем с полевым эмиссионным катодом робастными (т.е. устойчивыми к помехам) методами. Справедливым будет отметить, что в настоящее время в литературе такие подходы практически игнорируются. Это не в последнюю очередь связано с тем обстоятельством, что за время изучения явления методика исследования ВАХ методом наименьших квадратов (МНК) настолько устоялась, что стала одной из эталонных при изучении эмиссионных свойств материалов. Однако современные катоды на основе углерода, карбида кремния, композитных материалов далеки от предпосылок, которые были заложены в теорию полевой электронной эмиссии (ПЭЭ) из металлов Фаулером и Нордгеймом. Это же касается и режимов использования систем с полевыми эмиттерами. Последующие усовершенствования зависимости эмиссионного тока от напряжения не изменили главного — линейности ВАХ в т.н. координатах Фаулера—Нордгейма. На практике же её вид может иметь как специфические изгибы, так и обнаруживать гистерезисное поведение, а традиционные оценки приводят к неудовлетворительным результатам. Всё это приводит к необходимости по-новому взглянуть на проблему регрессионного анализа в данной области. Важными могут оказаться как новые модели для эмиссионного отклика, так и методы оценки коэффициентов этих моделей. Второй вариант и послужил основой для ВКР.

Линеаризация сигнала ПЭЭ приводит к тому, что в новых координатах значения факторов становятся неравноотстоящими, в отличие от значений напряжения. Точки ВАХ при малых значениях тока могут сильно выделяться на фоне остальных по разным причинам (шум слишком велик на фоне сигнала, не все эмиссионные центры катода включились в работу и т.д.). Такого рода отклонения существенно искажают оценки параметров регрессионной модели, полученные с помощью МНК. И тут могли бы помочь методы робастного оценивания. По указанной выше причине в работе рассмотрен также второй план эксперимента, в котором значения факторов уже являются равноотстоящими. А поскольку основной задачей робастных методов является всё-таки борьба с аномальными наблюдениями, в рамках компьютерного эксперимента проводилось моделирование ВАХ с добавлением шума, распределённого по нормальному закону, и дополнительного «выброса». Результаты получились сколь ожидаемыми, столь и интересными в данной области знаний, и при должной подготовке материала их можно было бы опубликовать.

Елена Николаевна проявила себя как самостоятельная, прилежная и достаточно целеустремлённая студентка в процессе обучения. К сожалению, в работу не получилось интегрировать материал, базирующийся на кластерном анализе, который также был изучен обучающейся. Также не хватило времени потестировать использованные методы для анализа ВАХ реальных эмиссионных систем.

Считаю, что Сауткина Елена Николаевна проявила себя квалифицированным специалистом, отвечающим направлению «Системный анализ и управление» и заслуживает оценки **отлично**.

К.ф.-м.н., доцент кафедры  
моделирования электромеханических  
и компьютерных систем



Вараюнь М. И.