

СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ТЕСТ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТАТУСА ПАЦИЕНТА С ПОМОЩЬЮ КАРДИОПУЛЬМОНАЛЬНОГО НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

Руководитель темы: Козленок А. В.

Выбрана схема общей компоновки масс-спектрометра. Разработана структурная схема универсального масс-анализатора, допускающего подключение сменных систем ввода пробы и источников ионов для изучения газов и летучих соединений из газообразных проб (для первого этапа проекта) и нелетучих соединений из жидких проб (для второго этапа проекта).

Масс-спектрометр включает капиллярную и мембранные системы ввода пробы, источник ионов с электронной ионизацией, статический масс-анализатор, а также блок питания и управления системами прибора.

Проведен расчет ионно-оптической схемы портативного масс-спектрометра. Разработаны конструкции масс-анализатора, позволяющего проводить как последовательный режим измерения масс-спектра (режим сканирования), так и режим одновременного измерения пиков масс-спектра (режим масс-спектрографа). Проведено изготовление, сборка и юстировка элементов конструкции.

Разработана конструкция капиллярной системы, позволяющая при отборе проб фиксировать изменение концентрации основных компонентов выдыхаемого воздуха на масштабе времени $\sim 0,2$ сек.

Для определения ряда летучих органических маркеров в пробе на уровне ppm, разработана, создана и испытана мембранные системы ввода, обеспечивающая избирательное их пропускание. Применение системы позволяет увеличить чувствительность измерений для ряда маркеров от десятков до сотен раз.

Разработан, изготовлен и испытан источник с электронной ионизацией, являющийся наиболее простым экономичным и эффективным источником ионов, применяемым при анализе газов и летучих соединений в составе статического масс-спектрометра. Масс-спектры, полученные в процессе проводимых исследований легко идентифицировать, опираясь на существующий банк (NIST) масс-спектров для источника с электронной ионизацией, включающий спектры более чем 200 000 соединений, в число которых входит предполагаемый список целевых компонентов.

Применение в описываемом приборе статического масс-анализатора, по сравнению с динамическими аналогами, дает некоторые преимущества. Во-первых, такой способ анализа обеспечивает большую стабильность параметров, поскольку основным элементом в системе является постоянный магнит, а не высокочастотный генератор, как в динамических аналогах (квадрупольный или времяпролетный), к выходному сигналу которого предъявляются требования высокой точности частот и амплитуд, при значительной величине амплитуды управляющего сигнала. Это преимущество в устройстве масс-анализатора делает его более надежным в эксплуатации, что особенно важно для мобильных и переносных приборов. Во-вторых, масс-анализатор в режиме масс-спектрографа позволяет проводить одновременные измерения концентраций нескольких соединений, обеспечивая высокое быстродействие при многокомпонентном анализе.

В настоящем проекте выбрана схема масс-анализатора, обеспечивающая высокую чувствительность и динамический диапазон проводимых исследований, позволяющая существенно уменьшить его вес и, одновременно снижающая требования к точности изготовления, без снижения разрешающей способности инструмента.

Проведена разработка и изготовление систем электронного управления, контроля и питания капиллярной и мембранный систем ввода пробы, ионного источника, энергоанализатора и детектора масс-анализатора. Разработан алгоритм управления прибором.

Разработана компьютерная программа управления работой масс-спектрометра, поддерживающая режим настройки, постоянный контроль параметров прибора, режимы измерения, а также обеспечивающая предварительную обработку и отображение данных.

Разработан вакуумный пост прибора. Изготовлены элементы сопряжения, проведена его сборка.

Проведен численный расчет траекторий движения заряженных частиц в интерфейсе, сопрягающем атмосферный источник ионов и вакуумную камеру статического масс-спектрометра действующего лабораторного образца устройства для оценки функционального и метаболического статуса пациента. Движение ионов средних масс рассмотрено как в переходной области газодинамического течения, так и в области свободномолекулярного течения. При определении траекторий ионов в газодинамическом потоке учтено воздействие на них электрического поля, а также, принят во внимание хаотический характер движения и энергетический разброс ионов как результат их столкновений с нейтральными молекулами формирующего поток газа. На основании расчета выбраны параметры системы ионизации и ввода целевых нелетучих соединений из жидких проб в статический масс-спектрометр.

Разработаны основные конструкции систем транспортировки ионов от источника ионов при атмосферном давлении в вакуумную камеру статического масс-спектрометра действующего лабораторного образца устройства для оценки функционального и метаболического статуса пациента. Предусмотрена возможность встраивания динамических ионно-оптических систем транспортировки ионов, позволяющих на порядки снизить потери ионов целевых соединений в процессе транспортировки. Подготовлена эскизная документация на разработанные блоки. Проведена доработка программного обеспечения масс-спектрометра, позволяющая идентифицировать компоненты с интерферирующими пиками масс в многокомпонентной смеси.

Изготовлены элементы конструкций основных блоков системы транспортировки ионов от источника ионов при атмосферном давлении в вакуумную камеру статического масс-спектрометра. Проведена поблочная и общая сборка и юстировка системы транспортировки ионов.