

ОТЗЫВ

**официального оппонента на работу Воскресенского Михаила Николаевича
«Разработка аппаратных и программных модулей регистратора сейсмических сигналов
«Регистр» для изучения сейсמודинамических характеристик объектов и сред»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 25.00.10
«Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»**

Рецензируемая диссертация посвящена разработке аппаратно-программного комплекса, предназначенного для мониторинга состояния как конструкций зданий и сооружений, так и грунтов оснований. Надо отметить актуальность и востребованность данного вида разработок в силу практически отсутствия отечественных мобильных (полевых) сейсмических станций и удобного, интуитивно понятного интерфейса программного обеспечения. На сегодняшний день наиболее надежными и удобными для мониторинга сооружений различного назначения по-прежнему остаются зарубежные датчики и регистраторы (например, фирмы GeoSIG Ltd, Швейцария), основным недостатком которых является очень высокая стоимость на российском рынке. Кроме того, необходимость отечественного устройства определяется спецификой наблюдений, требуемых для обследования объектов, определяемых отечественными нормативами. Например, непрерывный мониторинг состояния конструкций зданий выше 75 этажей – исключительно отечественное требование, которого нет в мировой практике. Каждое из таких особенностей нормативов требует специфических параметров устройств. Поэтому развитие и расширение российской линейки сейсмического оборудования, а в контексте представленной диссертационной работы, регистраторов сейсмических сигналов, является актуальной и практически важной задачей.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 72 наименований работ отечественных и зарубежных авторов. Объем работы 103 страницы.

Во **введении** обозначена актуальность работы, поставлены цели и задачи исследования, сформулированы защищаемые положения, приведен перечень публикаций и конференций, где работа была апробирована.

Цель диссертации сформулирована четко и конкретно, так же как и задачи, которые необходимо решить для достижения поставленной цели.

В первой главе проведен обзор работ, выполненных российскими и зарубежными исследователями в области обследования зданий и сооружений; проведено сопоставление технических характеристик нескольких регистраторов отечественного и зарубежного производства, используемых для оценки динамических характеристик зданий и сооружений.

После проведения сравнительного анализа в качестве базовой модели для разработки аппаратно-программного комплекса был выбран «Регистр-3MS». Для данного регистратора были выделены ряд технических недостатков (отсутствие GPS модуля и возможности записи данных на съемный элемент памяти и пр.), которые были реализованы в ходе выполнения диссертационной работы. Кроме этого, было проанализировано разработанное ранее программное обеспечение и также выделены основные недостатки.

После внедрения аппаратных и программных разработок в базовую модель «Регистр», был получен новый прибор «Регистр-3MSD», превосходящий аналоги по техническим, программным и методическим характеристикам. Аппаратно-программный комплекс «Регистр» позволяет оперативно изучать сейсродинамические характеристики объекта в условиях интенсивных промышленных шумов. Решение указанных задач соответствует введенным на территории РФ ГОСТ 31937-2011.

Вторая глава посвящена новым аппаратным модулям регистратора сейсмических сигналов «Регистр». Представлена структурная схема с внесенными изменениями и дополнениями. Большое внимание уделяется выбору микроконтроллера и GPS модуля.

Рассматриваются технические характеристики микроконтроллеров, соотношение производительность/энергопотребление и делается обоснованный вывод в сторону выбора микроконтроллера МК Atmega64. В таблице 2.3 на стр. 36 приведено сравнение МК Atmega 64-й серии и 8515. Использование данного микроконтроллера позволяет существенно увеличить количество программируемых портов ввода/вывода данных, что позволяет подключать дополнительные периферийные модули, такие как GPS и внешнюю карту памяти. Благодаря увеличенной памяти программ, увеличена разрядность АЦП с 16 бит до 24 бита, что отвечает современным требованиям к выпускаемым регистраторам.

GPS модуль. На наш взгляд излишне детально приводится информация о принципах вычисления координат точки, возможности использования оптико-механических приборов – теодолитов и нивелиров для определения пространственных координат. Тем не менее, описание выполнено грамотно, на хорошем научном уровне.

На стр. 44 в таблице 2.4 приведен сравнительный анализ встраиваемых модулей GPS по масса-габаритным показателям и точности отметок времени. В результате выбор делается в сторону GPS модуля L10. Приводится принципиальная электрическая схема включения L10 в «Регистр» и подробно описываются различные ее элементы, блок-схема работы программы, что подчеркивает детальность проработки вопроса и уровень профессионализма автора диссертационной работы. Выполнена оценка точности привязки ко времени – не более 10 мс, что требует проведения синхронизации один раз в 3 ч. Приведен внешний вид печатной платы включения L10.

Расширенная память данных. Приведена принципиальная электрическая схема макетной платы подключения USB моста FT245BL к управляющему микроконтроллеру регистратора сейсмических сигналов «Регистр», что позволяет на программном уровне реализовать задачу оперативной передачи накопленной информации из внутренней памяти регистратора в компьютер по каналу USB. Представлен алгоритм чтения данных, а также внешний вид печатной платы. В работе приведена принципиальная электрическая схема включения SDHC карты в «Регистр», блок-схема фрагмента ПО, фрагмент программы контроллера на языке C++ и внешний вид печатной платы.

Здесь важно отметить, что выполненная модификация регистратора сейсмических сигналов «Регистр» не только позволила увеличить объем записи сейсмических данных и скорость передачи данных в РС, но также позволяет использовать данный прибор для решения сейсмологических задач.

Материалы и выводы второй главы **обосновывают первое защищаемое** положение.

Третья глава посвящена программному обеспечению, подробно описана каждая функция. Отметим, что кроме наличия стандартных программных функций (задания времени, выбор фильтра, вычисление спектра и пр.), существующих в каждом ПО данного типа, в усовершенствованном автором диссертационной работы ПО реализован выбор КЭМС, отображение спектра из файла, автоматическое вычисление значений частот собственных колебаний, амплитуд смещения и декремента, что делает работу оператора более удобной и позволяет выполнить первичный анализ данных непосредственно при проведении измерений. Последнее представляется особенно ценным, т.к. по нашему опыту обследования зданий, схема прохождения объекта по точкам меняется в зависимости от получаемых результатов, т.е. работа ведется в интерактивном режиме.

Возникает ряд вопросов, связанных с автоматическим вычислением собственных частот колебаний сооружений, т.к. максимальная амплитуда в спектрах не всегда соответствует собственной частоте обследуемого объекта. Как определяется природа вычисленных частот? Например, частота может быть связана с работой электрооборудования, установленного внутри или в непосредственной близости от объекта.

Каков алгоритм выделения собственных частот в здании/сооружении с нарушенной целостностью? Собственные частоты могут отличаться по вертикали и иметь широкий спектральный состав. В связи с этим, желательно было бы указать критерии выделения собственной частоты здания. Тем не менее, уже сам факт того, что оценивается частота пика спектра является существенной новацией в программе обработки.

Подчеркнем, что программа обработки сейсмической информации, включающая вычисление сейсродинамических характеристик, была зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности 27 июля 2016 г.

Материалы и выводы третьей главы **обосновывают второе защищаемое** положение.

В четвертой главе приведены примеры использования разработанного аппаратно-программного комплекса.

Рассматривается обследование промышленных объектов на территории «Первоуральского новотрубного завода». С данным примером связано ряд вопросов. Почему частота 15,9 Гц также отнесена к собственной частоте колебаний объекта? Из представленного единственного рисунка спектра профиля 4 на стр. 85 это не ясно.

Следующий пример использования регистратора сейсмических сигналов «Регистр» относится к проведению работ СМР на территории завода «Тольятти-Азот», г. Тольятти, 2016 г. Маленькая ремарка к предложению «Результатом работ СМР является карта приращения сейсмичности относительно карт ОСР-97». С 1 декабря 2015 г. интенсивность сейсмических воздействий в баллах (фоновую сейсмичность) для района строительства следует принимать на основе комплекта карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-2015 (*ИЗМЕНЕНИЕ № 1 к СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах»*).

Из описываемого примера не ясно как осуществлялось выбор места установки датчика для определения приращения сейсмической интенсивности за счет возможного возникновения резонансных явлений при резком различии сейсмических жесткостей в покрывающей и подстилающей толще пород изучаемого разреза. Во-первых, неплохо было бы представить сейсмический разрез для понимания необходимости расчета.

Далее, обследования проводились на территории завода, соответственно спектр автоматически наполнен техногенными сигналами. Поэтому по максимуму спектра записи, выполненной даже в течение 15-20 мин, но при единственном замере, не совсем корректно определять собственную частоту колебаний участка. Этот момент требует разъяснения. Впрочем, это относится скорее к обработке и интерпретации материалов, а не к устройству, представленному к защите.

В третьем примере рассматривается достоверность получаемых данных регистратором «Регистр» путем обследования здания института геофизики УрО РАН. В качестве эталонного регистратора был выбран «REFTEK DAS-130», использовался один тип велосиметров СК-1П. Значения, полученные обоими регистраторами, отличаются друг от друга менее, чем на 5%, спектры имеют схожую форму, что говорит о качестве изготовленного прибора – регистратора сейсмических сигналов «Регистр».

Следует отметить, что более логичным было бы начать четвертую главу с последнего примера.

В заключение диссертационной работы дан перечень основных результатов.

К общим недостаткам следует отнести недостаточно хорошее качество некоторых рисунков, оси плохо «читаются», где-то отсутствует градация по частоте и пр. Скромное количество публикационных ссылок на зарубежных авторов, занимающихся обследованием зданий/сооружений сейсмическими методами. Удивляет, что на защиту выносятся два защищаемых положения, хотя результаты, представленные в четвертой главе, могли быть сформулированы в третьем защищаемом положении.

В целом диссертация Воскресенского М.Н. является законченной научно-исследовательской работой и посвящена разработке аппаратно-программного комплекса, в этом заключается новизна и практическая значимость работы.

В качестве пожелания автору добавим следующее. В настоящее время активно развиваются пассивные сейсмические методы изучения строения геологической среды, основанные на анализе природных микросейсм. Это сейсмическая интерферометрия, метод микросейсмического зондирования (ММЗ) и метод отношения горизонтальных компонент микросейсм к вертикальным (H/V). Главной особенностью применения этих методов – необходимость наличия большого количества сейсмической аппаратуры для одновременной регистрации микросейсм. И если работы по ММЗ можно реализовать с достаточно небольшим количеством аппаратуры (минимум 3 станции), то для сейсмической интерферометрии одновременность регистрации микросейсм вдоль профиля является основным параметром. Метод пассивной сейсмической интерферометрии позволяет получать зондирующий сигнал из микросейсмического поля (*Wapenaar et. al., 2010; Shapiro et. al., 2004; Poli et. al., 2013*). Данный сигнал аналогичен сигналу, получаемому с помощью активных сейсморазведочных методов.

На наш взгляд разработка отечественного полевого прибора «Регистр» открывает возможности проведения масштабных работ с применением пассивных сейсмических методов на территории нашей страны.

Несмотря на высказанные замечания, все защищенные положения можно считать доказанными, работу следует признать законченной и выполненной на достаточном научном и техническом уровне, диссертация написана хорошим научным языком. Личный вклад автора охарактеризован на всех этапах исследований.

Диссертация построена на большом фактическом материале, содержит четкие пояснения, рисунки, графики, примеры, аккуратно оформлена.

Основные этапы исследований, выводы и результаты представлены в автореферате, содержание которого в полной мере отражает материалы диссертации. Актуальность темы диссертации и научная ценность полученных в ней результатов несомненны. Все защищаемые положения подтверждены необходимыми выводами.

Автореферат и опубликованные статьи достаточно полно отражают содержание диссертационной работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на различных семинарах и конференциях.

Диссертация является научно-квалифицированной работой, соответствует критериям, установленным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) с изменениями Постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335 «О внесении изменений в Положение о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Ее автор, Воскресенский Михаил Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Официальный оппонент
Заведующая лабораторией сейсмологии
Института геодинамики и геологии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра
комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова
Российской академии наук,
кандидат технических наук

23.08.2017 г.

Антоновская Галина Николаевна

Антоновская Галина Николаевна,
кандидат технических наук, специальность ВАК 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»,
заведующая лабораторией сейсмологии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра
комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова
Российской академии наук (сокращенно: ФГБУН ФИЦКИА РАН)

Адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23
Тел.: 8-8182-215617
<http://fciarctic.ru/>

E-mail: essm.ras@gmail.com



«Я, Антоновская Галина Николаевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку».

Г.Н. Антоновская

Подпись заведующей лаборатории сейсмологии ФГБУН ФИЦКИА РАН, кандидата технических наук Антоновской Галины Николаевны удостоверяю:

