

УДК 621.389

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ОХРАННЫХ СИСТЕМ ПОРОГОВОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ БИОСЕНСОРА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА

Сахаров Юрий Серафимович¹, Кузнецов Сергей Александрович²

¹Доктор технических наук, профессор;
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19;
e-mail: infosb@mail.ru.

²Магистрант;
ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна»,
Институт системного анализа и управления;
Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, д. 19;
e-mail: infosb@mail.ru.

*Настоящая работа посвящена разработке воспроизводимого макета биодатчика порогового принципа действия в нормальных климатических условиях. Исследователи из университета Вашингтона (University of Washington) впервые запитали от такого необычного источника электронную микросхему Бабак Парвиц (Babak Parviz, https://www.ece.uw.edu/faculty/parviz_babak, 2009 г.). Автором проведена симуляция ПД в Прикладном ПО «С. Orcad», «NI Multisim», а также прорабатывается схемотехника в модулях Прикладного ПО «С. Orcad», «NI Multisim». В экспериментальной части автором впервые испытана плата на макете (макетка) в лаборатории на модельном объекте Молочай гребенчатый *Euphorbia lophogona* Lam.*

Ключевые слова: потенциал покоя (ПП), Потенциал действия (ПД), Научная Исследовательская Работа (НИР), временный творческий коллектив (ВТК), Биопотенциал, Биопотенциал растений, Электричество в растениях, измерения напряжения в Вольтах ($V = B$), Биодатчик =Биосенсор.

THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF SECURITY SYSTEMS THRESHOLD PRINCIPLE-BASED BIOSENSOR SEISMIC TYPE

Sakharov Yuri¹, Kuznetsov Sergey²

¹Doctor of of Science in Engineering, professor;
Dubna State University,
Institute of the system analysis and management;
Russia, 141980, Moscow reg., Dubna, 19 Universitetskaya st.;
e-mail: infosb@mail.ru.

²Graduate student;
Dubna State University,
Institute of the system analysis and management;
Russia, 141980, Moscow reg., Dubna, 19 Universitetskaya st.;
e-mail: infosb@mail.ru.

The author carried out the scientific rationale for the method with the biosensor. The author performed a comparative analysis of analogues, standards and solving problems on the materials.

Keywords: Resting potential, action Potential, action potential, action potential of plants, Electricity plants, plant Physiology, biosensor-type seismometer.

Цель и задачи

Целью работы являлась разработка воспроизводимого (рабочего) макета Биодатчика порогового принципа действия в нормальных климатических условиях в ГУ «Дубна». Для решения поставленной цели необходимо были решены задачи: доработка схемы платы, исследования работы платы и тесты, и, перспективы НИР Биосенсора. Доработка схемы регистрирующего устройства и моделирование платы Биосенсора включала в себя: а) Симуляцию и схемотехнику ПД проводили в Прикладном ПО «С. Orcad», «NI Multisim». Испытание макета платы регистрирующего устройства Биодатчика: а) Испытания заготовки макета печатной платы на батарейке имитирующей порог; б) Испытания заготовки макета печатной платы на растении при ПП; в) Испытания заготовки макета печатной платы на растении при ПД; г) Испытания заготовки макета печатной платы на растении при ПД с разным порогом. Биосенсор участвует в научных проектах ГУ «Дубна», до декабря 2018 г.

Актуальность

Проект Биосенсор был представлен на Международной выставке – военно-техническом Форуме «Армия-2018» с 19.08.2018 г. 20 августа на Форуме была представлена презентация на тему уникального Биосенсора АО «НПК Дедал» «*Dendroid*», посетивший выставку губернатор Московской области А.Ю. Воробьев положительно отозвался об экспонате. С 21 по 26 августа военную выставку АО «НПК Дедал» посетили ректор университета «Дубна» – Д.В. Фурсаев и проректор по научной и инновационной деятельности – Ю.А. Крюков, где была представлена совместная разработка в рамках «Инновационного клуба Армия-2018» [7]. 27-28 августа в Московской области прошел форум педагогов Подмосковья «Образование лидеров и лидеры в образовании», на котором были подведены итоги прошедшего учебного года и поставлены задачи на будущее. В рамках мероприятия губернатор Московской области А.Ю. Воробьев вручил коллективу государственного университета «Дубна» благодарность за укрепление позиций в национальном рейтинге лучших вузов России «ТОП-100» 2018 г. Благодарность из рук губернатора принял ректор университета Д.В. Фурсаев [8].

До Клива Бакстера американский генерал Джордж Оуэн Сквайер применял деревья в качестве антенн в далеком 1919 году (*George Owen Squier*) [9, 10]. Наши эксперименты носят больше инженерный характер раскрывая свойства Потенциалов в растении. В перспективе древесные породы можно будет использовать как охранный средство. Клив Бакстер из Калифорнии, занимавшийся коммуникативными связями растений, открыл способность растений реагировать на различные факторы изменением потенциалов [5]. В 2009 году ВТК Бабака Парвица исследовала подключение к дереву (Клен Канадский) электроники. «Насколько я знаю, нам первым удалось запитать устройство, просто воткнув в ствол пару электродов», — радуется профессор Бабак Парвиц (*Babak Parviz*, https://www.ece.uw.edu/faculty/parviz_babak, 2009 г.) [11, 12, 15]. Особенность питания электроники Бабака Парвица позволяли не всегда получать питание и в состав включили специально созданную схему-часы, для работы которой было достаточно всего 0,35 вольта напряжения и мощности в 1 нановатт (в 1000 раз меньше, чем у электронных наручных часов). Эти «часы» эпизодически включают всю остальную схему для того, чтобы датчик снял показания и записал их в память [13, 14], рисунок 1.



Рис. 1. Аппаратура на основе питания из растения американской компании «Votreepower», 2009 г.

В наших исследованиях мы получали энергию как сигнал самого растения и исследовали получения энергии питания микросхем от флоемы.

Современное развитие науки и техники в области биофизики – интеграции техники в биологические живые организмы находится на начальном уровне, прямоугольником выделено место моего Биосенсора, все применяемые охранные средства не бионического типа находятся ниже на рисунке 2.

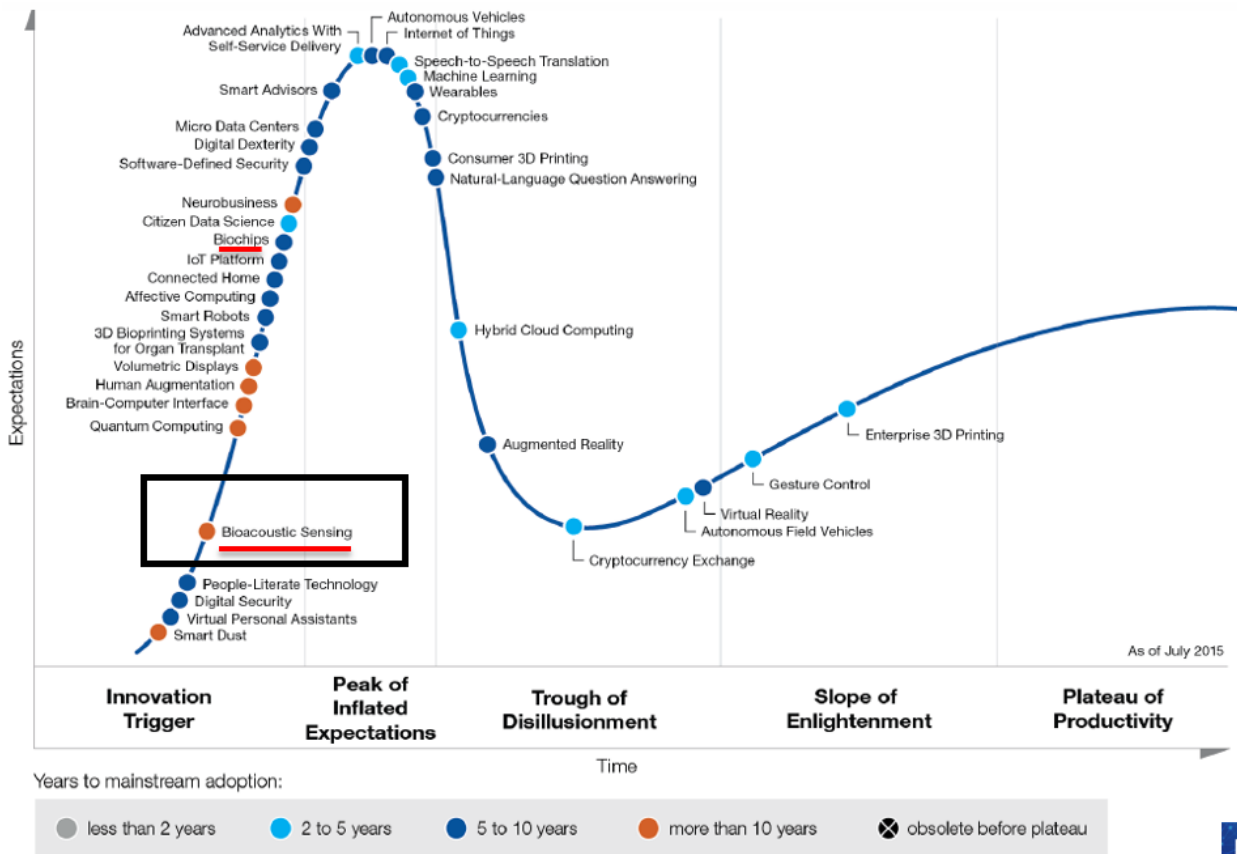


Рис. 2. Кривая Гартнера Хайпа развитие науки и техники в безопасности, прямоугольником выделено место моего Биосенсора, все применяемые охранные средства не бионического типа находятся ниже

Уже сегодня, интеграция альтернативной энергии, показывает увеличивающуюся надежность этих источников, в любое время года. В то время как мы, по-прежнему используем огромные, не контролируемые, площади под водохранилища для ГЭС и атом как паровую машину. Риски проекта в таблице 1.

Таблица 1. Вероятности и степени воздействия рисков на проект Биосенсор

Код риска	Описание риска	Вероятность	Взвешенная степень воздействия	Оценка (величина) риска
01	Научный риск. Противоречие некоторых идей законам биофизики	0,5	0,3	0,15
02	Технологический риск. Недостаточное развитие техники и технологий для реализации идей проекта	0,7	0,5	0,35
03	Финансовый риск. Отсутствие или дефицит финансирования	0,4	0,3	0,12
04	Кадровый риск. Отсутствие (недостаток) кадровых ресурсов	0,3	0,3	0,09

Пришло время использовать энергию биогеоценоза, которая уже наделена источниками электрического питания, чувствительными биосенсорами.

В настоящее время отечественная биотехнология, физиология растений и биофизика накопили достаточный математический и, что важно, практический багаж для реализаций. Много зарубежных авторов, которые революционно подходят к растению как к источнику выработки энергии. Тем не менее они подходят к объекту техногенно – используют косвенно.

Проблема достать потребитель способный преобразовать малые токи на первый взгляд весьма актуальная. Тем не менее, в моих показательных опытах, всегда электронщиков удивляет, что в растениях есть постоянное электричество и напряжение достигает 3 вольта, рисунок 3.



Рис. 3. Вибрация сообщается предполагаемому Биодатчику/Биосенсору через почву, значение ПД может быть отрицательным и положительным, одна клетка осциллографа 1V. ПД с порогом $>\pm 390$ mV, Молочай гребенчатый *Euphorbia lophogona* Lam., 2017 г.

Все раздражители, действующие на клетку, вызывают в первую очередь снижение ПП; когда оно достигает критического значения (порога), возникает активный распространяющийся ответ – ПД. Во время восходящей фазы ПД кратковременно возвращается на мембрану и её внутренняя сторона, заряженная в покое электроотрицательно, приобретает положительный потенциал. Достигнув вершины, ПД начинает падать (нисходящая фаза ПД), и потенциал на мембране возвращается к уровню, близкому к исходному ПП. ПД может быть отрицательный и положительный, его значение варьирует и превышает ПП в десятки раз, рисунок 4-5.

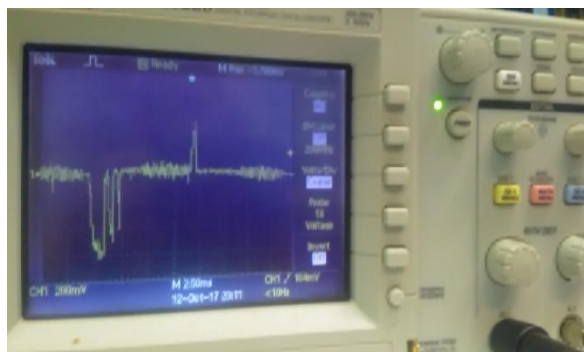


Рис.4. ПД, 500 мВ, 2017 г.



Рис. 5. ПП, 227 mV, 20.10.17 г.

Электрические реакции растения регистрировали цифровым осциллографом и вольтметром, рисунок 4, 5. Затраченное время на исследование применения биодатчика меньше, чем на изобретение технического средства нового принципа действия. Окупаемость таких датчиков строится на экологической безопасности и простых практических решениях. Кроме того, это принесет в научных кругах не малую рекламу и рейтинг. Все этапы экспериментов будут освещаться на международных конференциях, в статьях РИНЦ и ВАК.

Растение – настоящий генератор электрического тока, оно полностью себя электрифицировало, мембраны клетки, группы клеток, органы и целые растения, сообщества растений – все пронизано электричеством. В стволах деревьев чувствительный элемент флоема.

P.S. Изучение электрических явлений в растениях имеет не только научное, но и практическое значение. Даже если растение находится в природе и при необходимых силах и средствах можно получить и датчик, и свет, и, при последовательном соединении, - зарядку для мобильного телефона.

Материалы и методы

Материалы, инструменты и приборы были аттестованы, оборудование имело свои сертификаты проверок. Осциллограф «АКТАКОМ ADS-2061MV» (поверен в 2018 г. свидетельство ФБУ «ЦСМ МО» № АА6365744), «Tektronix TDS 2022B» (поверен в 2018 г. свидетельство ФБУ «ЦСМ МО» № АА6257041). Стенд Тряски «VSS Ser. 9363SP» (поверен в 2018 г. свидетельство ФБУ «ЦСМ МО» № 06/03/269п-18). Медь проволока ПЭТВ-2-0,63мм/100мм. Железо проволока «RxLH236 304LA» 0,3мм/100мм.

Растение Молочая гребенчатого *Euphorbia lophogona Lam* выбрано не случайно. Оно стойкое к стрессам, перебоям к поливу и к изменяющимся условиям.

За основу поиска сигнала взяты данные Т. Шимана [4]. Испытание платы и заданное ТЗ на основе опыта, где: 1 из двух Контролей потенциал покоя (ПП) среднее значение 760 и 845 mV; 2 одного варианта Вибрация ответ растения потенциал действия (ПД) среднее значение 650 mV полезный сигнал пик от 1 до 3 V; 3 и одного Варианта ПД удар с двумя повторностями среднее значение 760 и 845 mV; 4 Время замеров в опыте 70 с от 1100 – 3040 проб с дискретизацией 25 мс, данные в столбцах «M. Excel» [6].

При замкнутой внешней цепи на катоде происходит реакция окисления, образующиеся свободные электроны переходят по внешней цепи к аноду, где они участвуют в реакции восстановления. Положительным полюсом был электрод зачищенный, размещенных на точке роста. Отрицательным будет электрод из железа воткнутым в основной корень. Точка роста и основной корень необходимо проткнуть, сохраняя жизнеспособность растения.

Между электродами устанавливается разность потенциалов – электродвижущая сила, соответствующая свободной энергии окислительно-восстановительной реакции. Действие химических источников тока основано на двух пространственно отдельных процессах. Дата на фотографиях в формате мм.дд.гг.

Для подтверждения чистоты эксперимента и воспроизводимости был реализован опыт по стандартам, принципам единственного различия и правилам статистической достоверности. Подготовка к испытаниям и исследования проводили по ГОСТ 24026-2018, ГОСТ 7.32-2017, ГОСТ 25995-83, ГОСТ 24878-81, ГОСТ Р МЭК 62620-2016, ГОСТ 18953-73, ГОСТ Р МЭК 61951-1-2004, ГОСТ Р МЭК 61951-2-2007, ГОСТ Р МЭК 61960-2007.

Мощность и Сопротивление цепи растения при исследованиях были следующими:

$0,00005 \text{ A} * 0,2 \text{ V} = 0,00001 = 10^{-5} \text{ Вт}$ при ПП; $0,2 \text{ В} / 0,00005 \text{ А} = 4000 \text{ Ом} = 4 \text{ кОм}$ при ПП; $0,00005 \text{ А} * 3 \text{ В} = 0,00015 = 1,5 * 10^{-4} \text{ Вт}$ при ПД; $3 \text{ В} / 0,00005 \text{ А} = 60000 \text{ Ом} = 60 \text{ кОм}$ при ПД.

Схемы регистрирующего устройства и моделирование платы Биосенсора. Симуляция ПД и Схемотехника в Прикладном ПО «C. Orcad», «NI Multisim»

Моделирование схемы регистрирующего устройства ГКАЖ.400000.001 ЭЗ и моделирование выходных сигналов для платы Биосенсора в ПО «C. Orcad», «NI Multisim» проводилось одновременно со схемотехникой.

Выделение полезного сигнала имеют степени свободы по времени (частота) и по напряжению, хотя, частота дискретности прибора, тоже, качественно влияла на способность наблюдения за ПД. Основной проблемой выделения сигнала на осциллографе были плохой контакт и шумы.

Потенциал работает как конденсатор с катушкой в одной цепи и, поэтому, потенциал может быть, как отрицательный, так и положительный. Главный вопрос что из себя представляет сигнал покоя без шумов? Данные записывались потециометрически (без фильтров) использовались цифровые осциллографы «АКТАКОМ ADS-2061MV» и «Tektronix TDS 2022B».

Симуляция платы в «Cadens OrCAD» характеристика сигнала, при 1V свечение светодиода изображены на рисунках 6, 7.

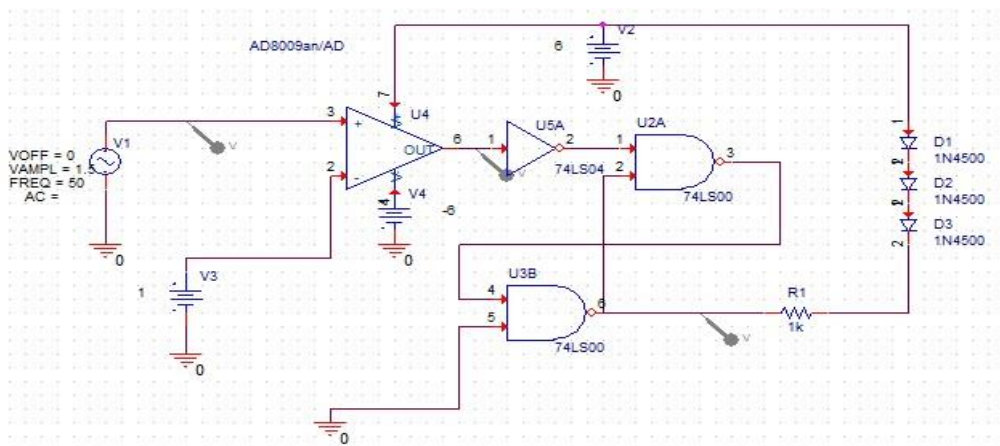


Рис. 6. Симуляция платы в «Cadens OrCAD 17.2» характеристика сигнала, при 1V возникает свечение светодиода, Кузнецов С.А. и к.т.н., ведущий специалист ОИЯИ, доцент каф. Персональной электроники Горбунов Н.В., 2018 г.

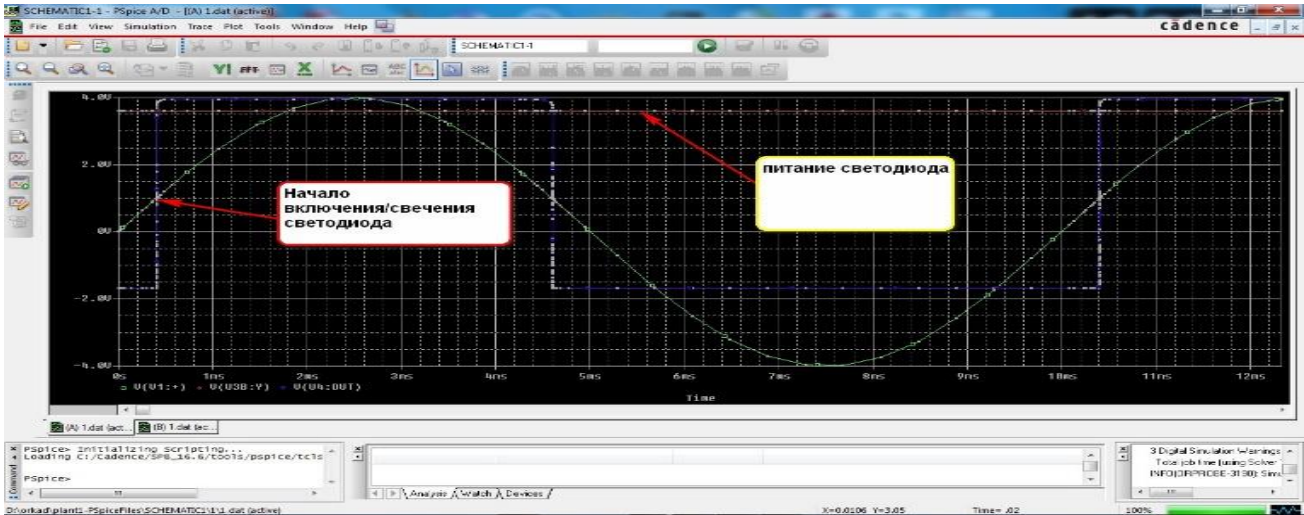


Рис. 7. График работы платы в «Cadens OrCAD» характеристика сигнала, при IV возникает свечение светодиода, Кузнецов С.А. и к.т.н., ведущий специалист ОИЯИ, доцент каф. Персональной электроники Горбунов Н.В., 2018 г.

Симуляция ПД растения подтвердилась в обоих случаях в Прикладном ПО «C. OrCAD» и «NI Multisim». Растение как Биосенсор характеризуется не только как не линейный источник, но еще и как биполярный. Для запуска процесса необходимо создать гальваническую цепь.

Из всех вариантов моделирования входного потенциального сигнала был выбран тот, который был на отечественных (Россия + Китай) запчастях. Симуляция платы в «Cadens OrCAD 17.2» показала повторяющиеся характеристики сигнала, при достижении порога в $0.8V$ возникает свечение светодиода.

При замкнутой внешней цепи на катоде происходит реакция окисления, образующиеся свободные электроны переходят по внешней цепи к аноду, где они участвуют в реакции восстановления.

Для создания схемы использование поредового опыта бесполезно. Используются в основном не санкционные элементы доступные для скорейшего испытания макета Биосенсора. Предполагалось использовать лучшие элементы схемы, тем не менее выход нашелся, АО «НПК «Дедал» любезно предоставил необходимые элементы. Множество чертежей было основано на симуляции в Прикладном ПО «C. Orcad», «NI Multisim». Для удачного испытания использовался чертеж схемы электрической принципиальной ГКАЖ.400000.001 ЭЗ, сделанный во втором семестре НИР, рисунок 8.

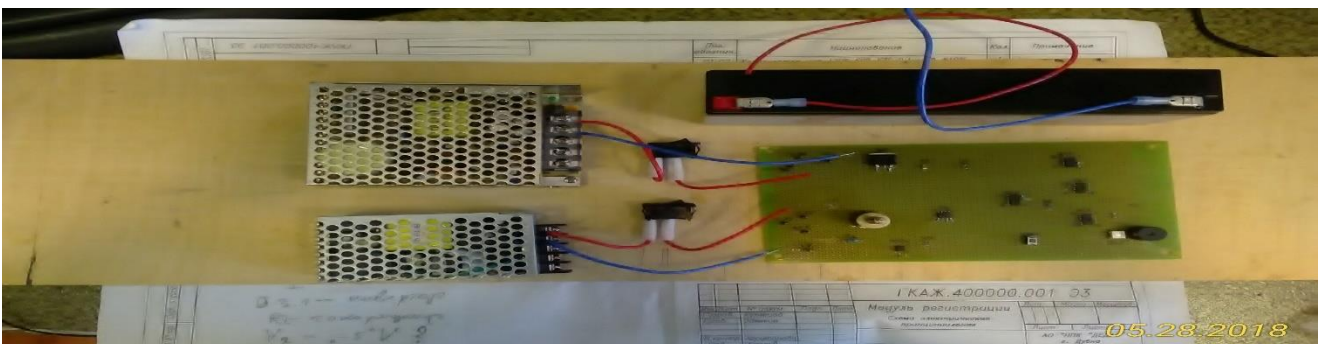


Рис. 8. Макет, блок питания, аккумулятор и плата распаянная на «макетке» Кузнецов С.А. и к.т.н., ведущий специалист ОИЯИ, доцент каф. Персональной электроники Горбунов Н.В., 2018 г.

Таким образом, за второй семестр в схемотехнике удалось спроектировать, собрать и подготовиться к испытанию макета в производственной учебной практике.

Испытание макета платы регистрирующего устройства Биодатчика

При испытании платы весь процесс оттачивался от симуляции. Тем не менее выходило так, что на практике доступные элементы со склада давали другие результаты. Симуляция приходилось повторять на элементах, приближенных к реальности подбором по биполярности.

Испытания заготовки макета печатной платы на растении при ПП, заключается в переключении со стенда (батарейка) на контакты анода и катода в колодке. В контрольных вариантах сравнивали с эталоном результат был положительным.

Энергия удара была 300 кгс, ПД удара до вибрации и после была в пределах ошибки 0.98. Энергия вибрации всегда выше и проявляется по напряжению $\pm 3V$. Все испытания заготовки макета печатной платы на растении при ПД с разным порогом подтвердили симуляционные графики на рисунке 4.2. Основное отличие ПД 6 Гц 2g и ПД при 5 Гц 2g это изменение порога по напряжению, чем больше вибрация на вершине кривой Гауса, тем больше напряжение, потом идет падение [6].

Заключение

Таким образом, задачи эффективного обеспечения безопасности в современных условиях весьма актуальны в связи с постоянным нарастанием террористических угроз и угроз техногенных катастроф, ростом квалифицированных преступных посягательств, экономической нестабильностью, компьютерными преступлениями, промышленным шпионажем, скоростью преступлений. В зависимости от вида объекта защиты (отдельного человека, материального предмета или информации, промышленного предприятия или территории и т.п.) применяются различные способы обеспечения безопасности. По роду деятельности нашего предприятия для нас представляет интерес рассмотреть проблемы безопасности на примере территории АЭС.

Применительно к объектам типа палаточных городков задача обеспечения безопасности заключается в предупреждении последствий ошибочных (случайных или преднамеренных) действий людей (в т.ч. - жителей), рисунок 9.

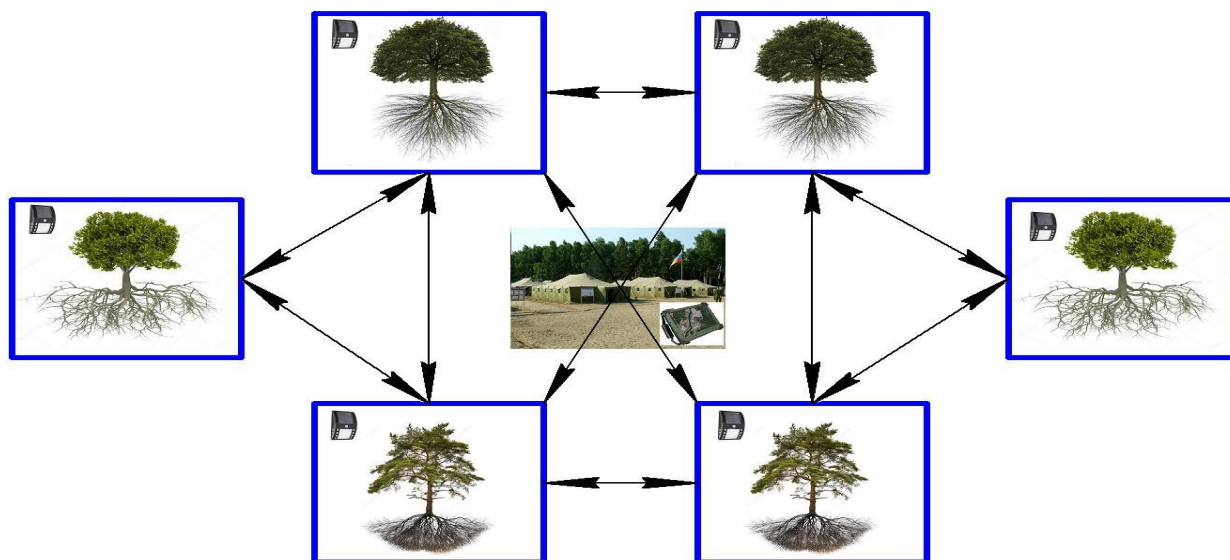


Рис. 9. Возможные технические решения построения системы защиты на основе естественного Биосенсора

Биосенсор должен выполнять такие функции, как: выявление и предупреждение угроз безопасности. Биосенсор представляет собой предтечу рубежа охранной сигнализации. Биосенсор в реальных условиях будет контролировать внешние охраняемые зоны территории, здания или помещения (периметр или площадь, подходы к ним) на пути возможного движения нарушителя к материальным ценностям, при преодолении которых выдается соответствующее извещение о проникновении, рисунок 10.

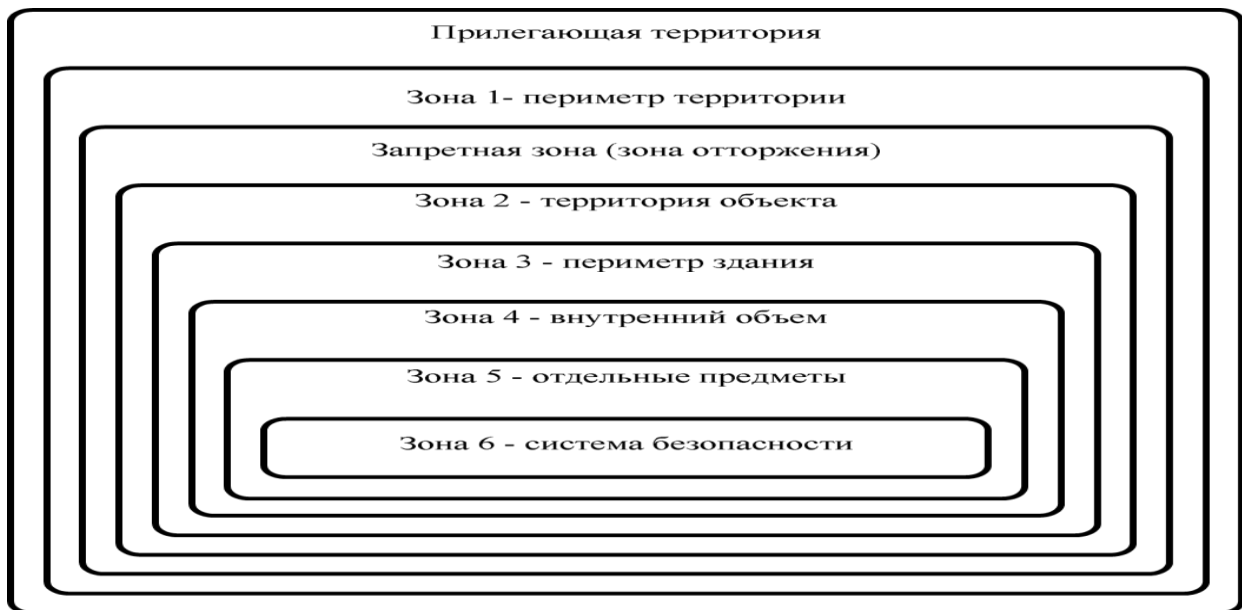


Рис. 10. Место биосенсора в охраняемых зонах Внешние охраняемые зоны «Зона 1» – «Прилегающая территория»

При всех желаемых результатах остаются серьезные вопросы проекта. На которые есть предполагаемые ответы.

Что будет происходить с чувствительностью корневой системы зимой, в дождь, ветер, снег?

Ответ: Предельные климатические факторы теоретически играют роль помех. Будет построена модель идеальных условий работы системы, а также будет построена математическая многофакторная модель с реальными условиями. Конструкторская модель - образец будет учитывать необходимые параметры лимитирующих факторов, мешающих оптимальной работе системы.

Как можно будет отличить человека от животного и машины?

Ответ: Из теории волн на лесной супесчаной почве известно, что человек движется в среднем с параметрами ± 5 Гц, собака ± 12 Гц. Диапазон чувствительности системы будет настраиваться в зависимости от условий и среды.

Как определить зону чувствительности для каждого дерева при замкнутом рубеже?

Ответ: Зона чувствительности будет определяться и контролироваться дистанционным контролем каждого датчика в рубеже. При установке системы необходимо определить возможность использования датчиков по ряду тестов. Они будут определены как лимитирующие факторы использования системы. Например, наличие здорового фенотипа (внешне), физиологический тест здорового растения (прибор), Программный и пробный тест (непосредственно на месте использования). Для быстро развертываемой версии работы датчика будут предусмотрены минимальные технические показатели при которых любое не спящее дерево будет выполнять требования назначения СФЗ, предъявленные к этому изделию.

Использовать энергию удара как имитацию вибрационного средства не целесообразно из-за разного эффекта. При ударе выделилось меньше энергии, чем при вибрации. Разница фактора удар и вибрация, в выделении энергии, составляет 10 раз. Человек во время ходьбы вызывает в грунте вибрацию от 1 Гц до 30 Гц, собака от 30 до 120 Гц, соответственно. Поэтому надо использовать стэнд тряски и вибрации. Поскольку диапазон частот широкий и, вибрация, которая подходит к датчику, будет уже слабой, т.е. в диапазоне ПП, необходимо анализировать сигнал по типу нейронной сети – анализ Фурье (на основе определенных библиотек сигналов и т.д.). Для доказательства работоспособности, использования биосенсора, мы, наконец-то сделали воспроизводимый макет биодатчика порогового принципа действия в лабораторных условиях АО «НПК «Дедал» и лаборатории ОИЯИ. В перспективе необходимо добиться корреляции между порогом вибрации и ПД, исследовать влияние амплитуды на ПД. И решить главный инженерный вопрос жесткого ограничения зоны действия.

Ценность реакции растений на вибрации недооценена. Это живой сейсмодатчик по типу геофона. Технологическая нагрузка при производстве геофона «GS-one» очень велика на природу при том, что переходя на альтернативные решения мы снижаем эту нагрузку в разы. Не контролируемые процессы в растениях, могут быть, направлены и, в последствии, использованы в качестве датчика разного назначения.

На основании современных данных и моих показательных опытов, растение можно представить в виде параллельного соединения конденсатора и нескольких цепочек из соединенных последовательно источника тока и резистора [1, 2, 3]. Следует отметить, что протекание тока в биологической ткани носит нелинейный характер. Эффективное использование биосенсора предполагает сообщающую замкнутую зону обнаружения по периметру.

Таким образом, плата из макетки сможет превратиться в печатную и рабочий макет Биосенсора перейдет на следующую стадию – «Авант» проект. Концепция возможного Биосенсора по представлениям АО «НПК» Дедал» изображена на рисунке 11.

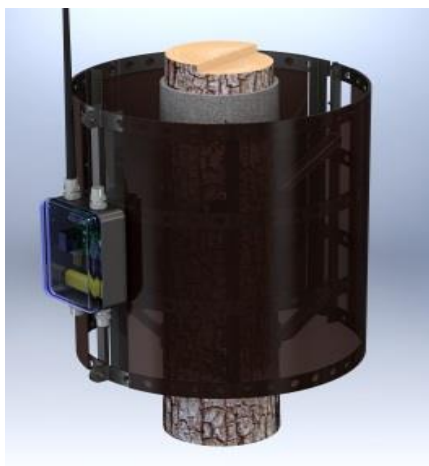


Рис. 11. Концепция возможного изделия «Autodesk Inventor Professional 2016», 2018 г.

Список литературы

1. Морозов В.А. Комплекс для регистрации биопотенциалов растений. – Ижевск: ФГОУ ВПО «ИжГСХА», 2005 г. – С. 157.
2. Дубицкий Л.А., Пасичник Т.В., Шерман А.М. Патент: Усилитель биоэлектрических потенциалов. – №SU633172.
3. Орлов Ю.Н. Электроды для измерения биоэлектрических потенциалов // Учеб. пособие под ред. И.С. Щукина. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – С. 224.
4. Shimmen T. Electrophysiology in mechanosensing and wounding responses // Plant Electrophysiology. Theory and Methods (Ed. Volkov A.G.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. – Pp. 319-339.
5. Cleve Backster PRIMARY PERCEPTION: BIOCOMMUNICATION WITH PLANTS, LIVING FOODS, AND HUMAN CELLS by Cleve Backster. Anza, CA: White Rose Millennium Press, 2003. – Pp. 168. – ISBN: 0-966435435.
6. Кузнецов С.А. Новый биосенсор в периметровых системах безопасности // Системный анализ в науке и образовании: сетевое научное издание. – Дубна, 2018. – №2. – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sanse.ru/archive/48>.