

ФАКУЛЬТЕТ Машиностроительный

КАФЕДРА Интеллектуальные и мехатронные системы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

«13»

2021 г.

А.В. Гулай

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Мехатронный сенсорный модуль для контроля pH почвы в технологии  
адаптивного земледелия

Специальность 1-55 01 03 Компьютерная мехатроника

Обучающийся  
группы 10309116

Вас 19.12.2020 М.Д. Василеня  
(подпись, дата)

Руководитель проекта

Гулай 13.01.2021 А.В. Гулай  
(подпись, дата)

Консультанты  
по разделу экономики

Насонова 21.12.2020 И.В. Насонова  
(подпись, дата)

по разделу охраны труда

Пантелеенко 12.01.21 Е.Ф. Пантелеенко  
(подпись, дата)

по переводу научно-  
технической литературы,

Безние 21.12.2020 Ю.В. Безние  
(подпись, дата)

по электронной презентации

Польникова 13.01.21 Е.В. Польникова  
(подпись, дата)

Ответственный за нормоконтроль

Волкова 13.01.2021 В.Н. Волкова  
(подпись, дата)

Объем дипломного проекта:  
расчетно-пояснительная записка 72 страниц;  
графическая часть – 8 листов;  
магнитные (цифровые) носители – 1 единиц.

Минск 2021

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 80 с., 27 ил., 15 табл., 24 источников, 1 прил.

### АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ, МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ, СЕНСОРНЫЙ МОДУЛЬ

Объектом разработки является мехатронный сенсорный модуль для контроля рН почвы.

Целью проекта является разработка мехатронного сенсорного модуля для контроля рН почвы, который позволяет измерить кислотность почвы в режиме «on-the-go», записать координаты каждого собранного образца и создать по ним карту кислотности поля.

В процессе выполнения дипломного проекта разработана схема подключения компонентов системы, электрическая схема подключения компонентов в системе, блок-схема алгоритма управления, проведено 3D моделирование устройства и его расчёт напряжённно деформированного состояния.

Область применения:

- технологии адаптивного (точного) земледелия.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	10
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	11
1.1 Устройства для сенсорного контроля рН почвы.....	16
1.2 Универсальные чувствительные элементы .....	28
2 РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО СЕНСОРНОГО МОДУЛЯ.....	32
2.1 Выбор чувствительного элемента .....	32
2.2 Механизм подачи образца почвы .....	34
2.3 Агрегат для транспортирования мехатронного модуля .....	37
2.4 Обзор и подбор компонентов.....	39
2.5 Составление структурной схемы системы .....	42
2.6 Электрическая схема системы .....	42
2.7 Программный код устройства.....	42
3 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА .....	43
3.1 Расчет себестоимости и отпускной цены проектируемого устройства.....	44
3.2 Расчет единовременных затрат .....	45
3.3 Расчёт затрат по статье «Основная заработная плата рабочих» .....	45
3.4 Расчёт затрат по статье «Отчисление в бюджет и внебюджетные фонды».....	47
3.5 Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования .....	47
3.6 Оценка конкурентоспособности устройства .....	48
4 ОХРАНА ТРУДА .....	54
4.1 Опасные и вредные производственные факторы.....	54
4.2 Режимы труда и отдыха при работе с компьютером.....	56
4.3 Микроклимат .....	57
4.4 Вредные вещества .....	58
4.5 Освещение.....	61
4.6 Шум и вибрация .....	61
4.7 Электромагнитные и электростатические поля (ЭМП и ЭСП).....	62
4.8 Ультрафиолетовое (УФ) и инфракрасное (ИК) излучение .....	63
4.9 Электробезопасность .....	63
4.10 Безопасность проведения паяльных работ .....	64
4.11 Безопасность проведения обработки деталей шлифовальным инструментом... ..	64

4.12 Безопасность проведения сборочных работ .....	65
4.13 Безопасность проведения сварочных работ .....	65
4.14 Пожарная безопасность .....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	68
ПРИЛОЖЕНИЕ А «Основной код программы модуля» .....	70

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балабанов В. И., Железова С. В., Березовский Е. В., Беленков А. И., Егоров В. В. Навигационные системы в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. Под общ. ред. проф. В. И. Балабанова. Допущено УМО по агрономическому образованию. — М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. 143 с.
2. ГОСТ 27593-88(2005). ПОЧВЫ. Термины и определения. УДК 001.4:502.3:631.6.02:004.354
3. Агрохимия. Учебник/В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; под ред. В.Г. Минеева. — М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. — 854 с.
4. Michael Schirrmann, Robin Gebbers, Eckart Kramer, Jan Seidel. Soil pH Mapping with an On-The-Go Sensor, 11(1), 573-598; 2011
5. VDLUFA. Georeferenzierte Bodenprobenahme auf landwirtschaftlichen Flächen als Grundlage für eine teilflächenspezifische Düngung mit Grundnährstoffen; VDLUFA-Verlag: Darmstadt, Germany, 2000; p. 8.
6. Rehm, G.W.; Lamb, J.A.; Davis, J.G.; Malzer, G.L. P and K grid sampling: What does it yield us? Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture; Robert, P.C., Rust, R.H., Larson, W.E., Eds.; ASA-CSSA-SSSA: Madison, WI, USA, 1996; pp. 946–956
7. Griffin, S.J. Directed soil sampling as a means of increasing nutrient map accuracy using complementary precision farming data. Precision Agriculture '99: Proceedings of the 2nd European Conference on Precision Agriculture Part I; Stafford, J.V., Ed.; Sheffield Academic: Sheffield, UK, 1999; pp. 141–149.
8. Mallarino, A.P.; Wittry, D.J. Efficacy of grid and zone soil sampling approaches for site-specific assessment of phosphorus, potassium, pH, and organic matter. *Prec. Agric* 2004, 5, 131–144
9. Schnug, E.; Haneklaus, S.; Murphy, D.E.P. Equifertiles—An innovative concept for efficient sampling in the local resource management of agricultural soils. *Aspects Appl. Biol* 1994, 37, 63–72.
10. GPS NEO6MV2 [Электронный ресурс]. — Электронные данные. — Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/1550843440.html>
11. ESP8266 для WiFi связи в Arduino проектах умного дома [Электронный ресурс]. — Электронные данные. — Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/arduino-esp8266/>
12. Плата защиты для литиевых аккумуляторов с балансиром 3S/4S (11.1V/14.8V/16A) Maxpower [Электронный ресурс]. — Электронные данные. — Режим доступа: <https://18650.by/katalog/plata-zashhity-dlja-li-ion-batarei-c-balansirom-3s-4s-11-1v-14-8v-8a-maxpower.html>
13. Аккумулятор li-ion Samsung ICR18650-26JM ICR18650-26JM [Электронный ресурс]. — Электронные данные. — Режим доступа: [https://akkum.by/catalog/akkumulyator\\_18650/samsung\\_icr18650-26jm.xml](https://akkum.by/catalog/akkumulyator_18650/samsung_icr18650-26jm.xml)

14. Сурьмяной электрод Shanghai leici 214/214-01 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/32871943517.html>
15. Плата управления модулем датчика обнаружения pH для Arduino BNC [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/32957428276.html>
16. DC-DC понижающий преобразователь LM2596S [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: [https://amperkot.by/products/dcdc\\_preobrazovatel\\_ponizhayuschiy\\_lm2596s/24022294.html](https://amperkot.by/products/dcdc_preobrazovatel_ponizhayuschiy_lm2596s/24022294.html)
17. 5,5 мм x 2,1 мм DC разъем питания, гнездовой разъем для крепления на панели [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/32608553145.html>
18. Адаптер питания 16,8 Вольт зарядное устройство для 18650 литиевой батареи [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/4000100126196.html>
19. ГЦ 40.20.100/240 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://bpi-hydro.by/gidrocilindry/katalog-gidrocilindrov/standartnye-proushiny-s-shs/215>
20. Микроконтроллер Arduino UNO r3 [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno/>
21. Держатель батареи ТВН-18650-2С-SMT [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/32832636191.html>
22. Полевой транзистор XIN NUO QI [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/1005001499914126.html>
23. Модуль Micro SD mini TF [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/item/4000002592780.html>
24. DFRobot гравитационный аналоговый pH-датчик [Электронный ресурс] – Электронные данные – Режим доступа: <https://aliexpress.ru/i/4000040856335.html>