

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Министерство образования Республики Беларусь

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»  
(ВГУ имени П.М. Машерова)

УДК 631:528.7:004.4(047.31)  
Рег. № 20201848

УТВЕРЖДАЮ  
проректор по научной работе  
профессор

\_\_\_\_\_ Е.Я. Аршанский  
"\_\_\_" \_\_\_\_ 2021 г.

## ОТЧЕТ о научно-исследовательской работе

Оценка параметров научно-технической и информационной базы  
для развертывания информационно-аналитической системы мониторинга  
и комплексного анализа сельхозугодий на основе использования БПЛА,  
нейронных сетей и ГИС

согласно договору с ООО «Интеллектуальные системы земледелия»  
№ 05/20 от 02.11.2020 г.

(заключительный)

Научный руководитель  
ст. преподаватель кафедры  
экологии и географии

\_\_\_\_\_ А.Б. Торбенко

Витебск 2021

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР	А.Б. Торбенко (введение, раздел 1, 2, 3, заключение, список использованных источников, приложение)
Исполнитель	Г.Г. Сушко (раздел 1)
Исполнитель	А.Н. Галкин (раздел 1)
Исполнитель	Е.В. Соколовский (раздел 2, приложение)
Исполнитель	В.В. Кривко (раздел 3.1, список использованных источников)
Исполнитель	И.М. Морозов (раздел 3.3)
Исполнитель	Д.В. Новиков (раздел 3.2)
Исполнитель	А.В. Казак (раздел 3.3, заключение)
Исполнитель	В.Е. Савенок (раздел 2, список использованных источников)
Нормоконтроль	Т.В. Харкевич

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

## РЕФЕРАТ

Отчет 45 с., 1 кн., 1 табл., 5 рис., 3 источника

ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, БПЛА, ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА, МОНИТОРИНГ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ, ВЕГЕТАТИВНЫЕ ИНДЕКСЫ

Объект исследования – система мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий.

Предмет исследования – возможности использования инновационных программно-аппаратных решений в целях приведения системы мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий в соответствие с требованиями технологий точного земледелия.

**Цель работы** - определение на основе проведения изысканий и моделирования, системы параметров научно-технической и информационной базы для развертывания информационно-аналитической системы мониторинга и комплексного анализа сельхозугодий на основе использования БПЛА, нейронных сетей и ГИС (ИАС).

Методы исследования: описательно-аналитический, экспериментальный, геоинформационный, картографический, нейросетевого анализа.

Элементы новизны: впервые предложены адаптированные параметры программно-аппаратного комплекса, информационное обеспечение и пути развития нормативной базы для внедрения в практику сельского хозяйства Беларуси высокотехнологичной системы мониторинга на основе совместного использования беспилотных комплексов, геоинформационных систем и нейронных сетей.

Теоретическая и практическая значимость: обоснован состав, качественные характеристики и нормативная база развертывания мониторингового комплекса состояния сельскохозяйственных угодий в условиях Севера Беларуси. Данный комплекс адаптирован под реальные запросы и возможности производителей растениеводческой продукции. Его применение позволит повысить производительность труда в сельскохозяйственном производстве,

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

снизить затраты и организовать новые рабочие места для высококлассных специалистов и, в конечном итоге, обеспечить рост прибыли сельхозпроизводителей на 15-40%. Основанием для достижения этого является предельно точный расчёт времени и объёмов проведения агротехнических мероприятий (сроки посева, борьба с сорняками, внесение удобрений и т.д.), систематический характер оценочных и контрольных мероприятий с привлечением новейших технологий навигации, обработки данных и агротехники, экономия средств за счет адресного внесения химикатов, ГСМ, снижения временных затрат и т.д.

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	8
1 Анализ потенциала внедрения информационно-аналитической системы в сельское .....	
2 Материал и методы исследования.....	22
3 Результаты и их обсуждение.....	24
3.1 Нормативно правовая база проекта.....	24
3.2 Программно-аппаратная часть.....	27
3.3 Практическая деятельность по экспериментальному развертыванию ИАС мониторинга и комплексного анализа сельхозугодий.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
39	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ...А.....	42

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балабанов, В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: учебное пособие / В.И. Балабанов, А.И. Беленков, Е.В. Березовский – М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. – 117 с.: ил.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И.В. Медведев [и др.]. – Минск, 2020. – 179 с.
3. Mazur, M. Clarity from above PwC: global report on the commercial applications of drone technology / Michał Mazur and other // [Electronic resource]: Drone Powered Solution (DPS), 2016. – Mode of access: <http://www.pwc.pl/pl/pdf/clarity-from-above-pwc.pdf>. – Date of access: 20.02.2021.

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Технические характеристики беспилотного мониторингового комплекса Phantom 4 Multispectral

#### **Летательный аппарат**

Взлетная масса: 1487 г

Размер по диагонали (без пропеллеров): 350 мм

Макс. высота полета над уровнем моря: 19 685 футов (6000 м)

Макс. скорость набора высоты: 6 м/с (автоматический полет); 5 м/с (ручное управление)

Макс. скорость снижения: 3 м/с

Макс. Скорость: 50 км/ч (режим Р); 58 км/ч (режим А)

Макс. время полета: Около 27 минут

Диапазон рабочих температур: 0°...+40°C

Диапазон рабочих частот: 2,4–2,4835 ГГц

Мощность передатчика (ЭИИМ) < 20 дБм (СЕ/MIC/KCC)

#### **Точность позиционирования:**

Система RTK включена и работает должным образом: по вертикали: ±0,1 м; по горизонтали: ±0,1 м

Без использования RTK: в вертикальной плоскости: ±0,1 м (визуальное позиционирование); ±0,5 м (спутниковое позиционирование); в горизонтальной плоскости: ±0,3 м (визуальное позиционирование); ±1,5 м (спутниковое позиционирование)

#### **Выравнивание положения изображения:**

Относительное положение центров шести матриц CMOS и центра антенны бортового D-RTK откалибровано и записывается в формате EXIF для каждого изображения.

#### **Спутниковые системы позиционирования:**

Одночастотная высокочувствительная спутниковая система позиционирования GPS + ГЛОНАСС

Многополосные многосистемные высокоточные спутниковые системы позиционирования RTK

Используемая частота GPS: L1/L2; ГЛОНАСС: L1/L2;

Начальное зафиксированное время: < 50 с

Точность позиционирования: 1,5 см + 1 мд по вертикали (среднеквадратичное значение); 1 см + 1 мд по горизонтали (среднеквадратичное значение). 1 мд означает, что погрешность увеличивается на 1 мм за каждый 1 км движения. Точность скорости: 0,03 м/с

#### **Функции создания карт:**

Размер пикселя по земной поверхности (GSD): (H/18,9) см/пиксель, где H – высота дрона по отношению к картографируемому участку (единица измерения: м)

Сбор данных: Макс. рабочая зона около 0,63 км<sup>2</sup> для одного полета на высоте 180 м, т. е. GSD (размер пикселя по земной поверхности) составляет около

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

9,52 см/пиксель, со степенью фронтального наложения кадров 80% , а латерального – 60%. При этом уровень аккумулятора снижается со 100% до 30%.

## **Стабилизатор:**

Рабочий диапазон углов вращения: Наклон: -90°...+30°

## **Система обзора:**

Макс. Скорость: ≤ 50 км/ч на высоте 2 м над поверхностью земли при хорошем освещении

Макс. Высота: 0–10 м

Рабочий диапазон: 0–10 м

Диапазон обнаружения препятствий: 0,7–30 м

Условия функционирования: Поверхность с видимой текстурой, уровень освещенности > 15 лк

## **Камера:**

Матрицы:

Шесть 1/2,9-дюймовых матриц CMOS, включая одну матрицу видимого излучения RGB и пять монохромных для формирования мультиспектральных изображений. Число эффективных пикселей каждой матрицы: 2,08 млн (общее число пикселей: 2,12 млн).

Фильтры:

Синий (blue, B): 450 нм ± 16 нм, зеленый (green, G): 560 нм ± 16 нм, красный (red, R): 650 нм ± 16 нм, красный край (red edge, RE): 730 нм ± 16 нм, ближний инфракрасный (near-infrared, NIR): 840 нм ± 26 нм

Линзы: Угол обзора: 62,7°

Фокусное расстояние: 5,74 мм (40 мм – эквивалент формата 35 мм), автофокус установлен на ∞

Диафрагма: f/2.2.

Диапазон ISO матрицы RGB: 200–800

Коэффициент усиления монохромной матрицы: 1–8x

Электронный глобальный затвор: 1/100–1/20000 с (стандартная камера); 1/100–1/10000 с (мультиспектральные камеры)

Макс. разрешение изображения: 1600×1300 (4:3,25)

Фотоформаты: JPEG (стандартные изображения) + TIFF (мультиспектральная обработка изображений)

Поддерживаемые файловые системы: FAT32 (≤ 32 Гбайт); exFAT (> 32 Гбайт)

Типы карт памяти: microSD с минимальной скоростью записи 15 МБ/с. Макс. объем: 128 Гбайт. Класс скорости: Class 10, поддержка UHS-1.

Диапазон рабочих температур: 0°...+40° C

## **Пульт управления:**

Диапазон рабочих частот: 2,4–2,4835 ГГц

Мощность передатчика (ЭИИМ): < 20 дБм (CE/MIC/KCC)

Макс. дальность передачи сигнала: FCC/NCC: 7 км; CE/MIC/KCC/SRRC: 5 км (при отсутствии препятствий и помех)

Встроенный аккумулятор: 6000 мАч, литий-полимерный 2S

Рабочий ток/напряжение: 1,2 А при напряжении 7,4 В

# ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Держатель для мобильного устройства не пульте

Диапазон рабочих температур: 0°...+40°C

Аккумулятор Intelligent Flight Battery (PH4-5870 мАч-15,2 В)

Емкость: 5870 мАч

Напряжение: 15,2 В

Тип: Литий-полимерный 4S

Энергия: 89,2 Вт/ч

Масса нетто: 468 г

Диапазон рабочих температур: -10°...+40°C

Диапазон температур зарядки: +5°...+40°C

Макс. мощность зарядки: 160 Вт

**Зарядный концентратор для аккумулятора Intelligent Flight Battery (ЗА-РЯДНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР P4 MULTISPECTRAL)**

Напряжение 17,5 В

Диапазон рабочих температур +5°...+40°C

Сетевой адаптер переменного тока (PH4C160)

Напряжение 17,4 В

Номинальная мощность 160 Вт

**Батарея для квадрокоптера**

Емкость 5870 мА/ч

Напряжение 15,2 В

Тип 4S LiPo (литий-полимерный)

Энергопотребление 89,2 Вт/ч

Вес 468 г

Рабочая температура -10°...+40°C

Максимальная мощность зарядки 100 Вт

**Планшет Apple iPad 2020**

ОС:iOS

год выпуска: 2020 г.

Размер экрана планшета: 10,2";

Оперативная память: 3ГБ;

Встроенная память: 32 ГБ;

Наличие GPS/A-GPS;

Наличие сотовой связи: LTE.