

24.05

# Беспилотная гражданская авиация с искусственным интеллектом в Арктике

Координационный совет по развитию  
Северных территорий и Арктики РСПП



Александр Федотовских

DLIB ЛЕКТОРИЙ

# МОНОГРАФИЯ «БАС В АРКТИКЕ»



## «Особенности разработки и эксплуатации гражданских беспилотных авиационных систем с технологиями искусственного интеллекта в Арктической зоне Российской Федерации»

Монография освещает вопросы применения таких сквозных технологий Национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», как технологии компонентов робототехники и мехатроники, искусственный интеллект

Работа является участником I Всероссийского конкурса публикаций в области информационных и сквозных технологий «Открытая библиотека сквозных технологий» и I Всероссийского конкурса авторских публикаций и инновационного контента «Библиотека цифрового университета»

Издано в сотрудничестве в компанией IPR MEDIA

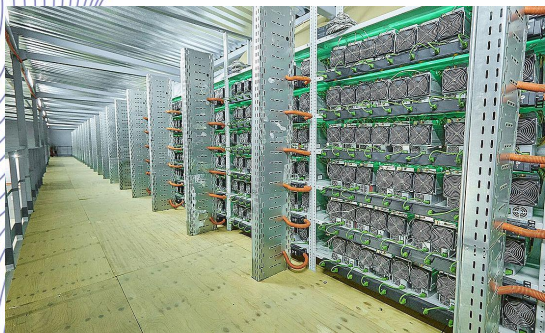
<https://www.iprbookshop.ru/120431.html>

DLIB ЛЕКТОРИЙ



# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И СКВОЗНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## СКВОЗНЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



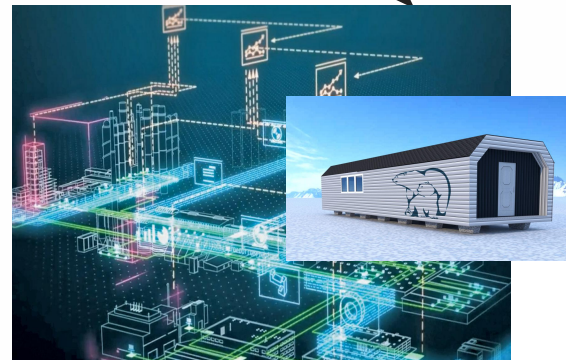
ЦЕНТРЫ  
ОБРАБОТКИ  
ДАННЫХ



БЕСПИЛОТНЫЕ  
АВИАЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ -  
**ИСТОЧНИК  
ДАННЫХ  
И ЦИФРОВЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**



ВИРТУАЛЬНАЯ /  
ДОПОЛНЕННАЯ /  
СМЕШАННАЯ  
РЕАЛЬНОСТЬ  
VR/AR



ЦИФРОВЫЕ  
ДВОЙНИКИ



# 90 ЛЕТ ПОЛЯРНОЙ АВИАЦИИ

1931-2021

1 марта 1931 создано первое авиационное подразделение общества «Комсеверпуть» - Служба связи

**Беспилотная авиация (БАС, БВС)  
входит в состав арктической авиации,  
но ее применение не носит системный характер,  
особенно в зимний период**

**Более 60% территории РФ  
относится к регионам Арктики,  
Крайнего Севера и местностям,  
приравненным к ним**



**Мониторинг открытых источников (СМИ)**

**Научные статьи, патенты, практическое использование**

**Экспертный опрос (более 120 адресатов)**

# 252

источника информации

# 12

разработчиков  
и производителей

# 26

потребителей /  
в т.ч. потенциальных



КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ  
ПО РАЗВИТИЮ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И АРКТИКИ  
РОССИЙСКОГО СОЮЗА ПРОМЫШЛЕННИКОВ  
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ



СОЮЗ ПРОМЫШЛЕННИКОВ  
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ ЗАБАЙКАЛЬЯ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

**ПРИМЕНЕНИЕ  
ГРАЖДАНСКИХ БЕСПИЛОТНЫХ  
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ  
С ИСКУССТВЕННЫМ  
ИНТЕЛЛЕКТОМ  
В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

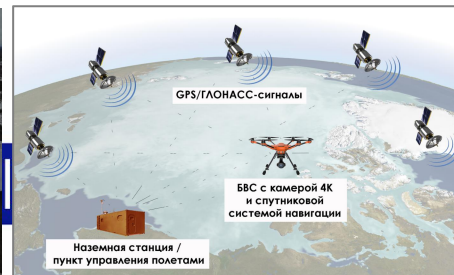
МОСКВА, 2021

# БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

**БАС используются в Арктике практически круглогодично и круглосуточно. Процессор в режиме реального времени обсчитывает данные и управляет полетом.**

**Области применения: картографирование; фото и видеосъемка с высоким разрешением; доставка грузов, в т.ч. медикаментов; изучение животного мира; оказание помощи в случае опасной ситуации; мониторинг; проектирование маршрутов, определение точек установки инфраструктуры; помощь в составлении каталогов достопримечательностей и необходимости их реконструкции; поддержка спортивных и массовых мероприятий.**

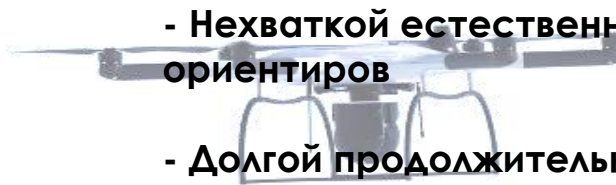
**Использование БВС зачастую мобильнее, дешевле и практичнее любого другого вида транспорта (кроме перевозки пассажиров), но требует доработки нормативно-правовой базы.**



# ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАС

**Сложности эксплуатации, навигации и управления воздушными судами в Арктике и на Севере обусловлены:**

- Экстремальными климатическими условиями (сложными метеоусловиями в течение 8-9 месяцев)
- Отсутствием стационарной наземной инфраструктуры
- Нехваткой естественных и искусственных ориентиров
- Долгой продолжительностью полярной ночи
- Неустойчивостью работы магнитных компасов и средств связи, в т.ч. спутниковой системы навигации GPS/ГЛОНАСС
- Дрейфом ледяного покрова и его состоянием
- Другими особенностями полярных широт



# ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ БВС В АРКТИКЕ



**1** Недостаточные летно-технические характеристики современных БВС / не учтены сложные климатические и метеорологические условия Арктики



**2** Менее 10% из представленных на российском рынке компаний конструируют и производят БВС для особенных условий эксплуатации, в т.ч. для Арктики и Крайнего Севера



**3** Конструкторы БАС не всегда учитывают аспекты деятельности в условиях Заполярья, как экономические, так и эксплуатационные



**4** Отсутствие у потенциальных конечных эксплуатантов техники или потребителей сервисных услуг практического опыта использования БВС



**5** Отсутствие стационарной наземной инфраструктуры



**6** Отсутствие эффективной рыночной нормативно-правовой базы и противоречивые действия регулирующих органов и операторов рынка



# ТРЕБОВАНИЯ К БАС ДЛЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ



**1** Производство и эксплуатация БВС на основе доступных технологий / стоимость



**2** Расширение пределов климатической эксплуатации



**3** Увеличение энерговооруженности, дальности и скорости полета



**4** Увеличение грузоподъемности



**5** Точность навигации и безопасное пилотирование



**6** Создание многоцелевых и модульных БВС



**7** Автономность / использование технологий ИИ

Низкая степень евангелизации отрасли

- 1** Перевод современной пилотируемой отечественной авиатехники (VRT-500, ЛМС-901 и др.) на автономную систему полетов в полярных версиях
- 2** Рост количества зон экспериментально-правовых режимов для развития малой и беспилотной авиации
- 3** Применение бортовых искусственных нейронных сетей (технологий искусственного интеллекта)
- 4** Определение беспилотной авиации как части цифровой трансформации и сквозных технологий в Арктике, в т.ч. по реализации программ устранения цифрового неравенства
- 5** Создание стационарной и мобильной наземной инфраструктуры, в т.ч. логистической и радиотехнической
- 6** БАС как альтернативная авиационная техника для осуществления грузовых перевозок в муниципальных и региональных транспортных стратегиях

# НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ «ПОЛЯРНЫХ» БВС

## Соответствие входных и выходных параметров ИНС БВС

ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ

### Входные параметры

воздушная и путевая скорость
высота полета (давление)
ориентация планера в пространстве (курс, крен)
заряд батареи (напряжение и сила тока)
степень обледенения (температура наружного воздуха, влажность воздуха)
качество сигнала с камеры
движение (датчик движения круговой)
количество топлива в баке ( ДВС )
иной сигнал 1
иной сигнал 2

### Нейронные сети



### Выходные сигналы

увеличение или уменьшение скорости
снижение или набор высоты
изменение курса или крена в градусах
изменение энергопараметров (уменьшение тяги двигателей, отключение источников и т.д.)
команда на снижение или посадку, изменение оборотов двигателей
команда на снижение или посадку
изменение крена или курса
поиск возможностей для дозаправки или смена курса
иной сигнал 1
иной сигнал 2

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

# НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ «ПОЛЯРНЫХ» БВС

## Примеры ИНС прямого распространения на основе библиотеки Keras

1

```
0 [:] df = pd.read_csv('train_uav_dataset.csv')
x_train=df[['uav current speed', 'pressure change', 'wind speed']] #считывание данных для обучения
y_train=df['gust speed']
ddf = pd.read_csv('test_uav_dataset.csv')
x_test=ddf[['uav current speed', 'pressure change', 'wind speed']] #считывание данных для проверки качества модели

0 [:] normalized_Xtrain = preprocessing.normalize(x_train)
standardized_Xtrain = preprocessing.scale(x_train) #стандартизация данных
normalized_Xtest = preprocessing.normalize(x_test)
standardized_Xtest = preprocessing.scale(x_test)

0 [:] model = Sequential() #создание модели сети
model.add(Dense(15, activation='linear', input_shape=(standardized_Xtrain.shape[1],)))
model.add(Dense(25, activation='linear'))
model.add(Dense(20, activation='linear'))
model.add(Dense(1, activation='linear'))

0 [:] opt=optimizers.Adam(learning_rate=0.01, beta_1=0.9, beta_2=0.999, amsgrad=False)
model.compile(optimizer=opt, loss='mse', metrics=['RootMeanSquaredError'])
model.fit(standardized_Xtrain, y_train, epochs=50000, batch_size=69, verbose=1) #обучение модели

0 [:] prediction_gustspeed = model.predict(standardized_Xtest) #предсказание для паров ветра
```



2

```
df = pd.read_csv('train_uav_dataset.csv')
x_train=df[['temperature', 'humidity', 'wind speed']]
#считывание данных для обучения
y_train=df['icing intensity']
ddf = pd.read_csv('test_uav_dataset.csv')
x_test=ddf[['temperature', 'humidity', 'wind speed']]
#считывание данных для проверки качества модели
normalized_Xtrain = preprocessing.normalize(x_train)
standardized_Xtrain = preprocessing.scale(x_train)
#стандартизация данных
normalized_Xtest = preprocessing.normalize(x_test)
standardized_Xtest = preprocessing.scale(x_test)

model = Sequential() #создание модели сети
model.add(Dense(25, activation="relu",
input_shape=(standardized_Xtrain.shape[1],)))
model.add(Dense(35, activation="relu"))
model.add(Dense(45, activation="relu"))
model.add(Dense(20, activation="relu"))
model.add(Dense(1, activation="relu"))
opt=optimizers.Adam(learning_rate=0.001, beta_1=0.9,
beta_2=0.999, amsgrad=False)
model.compile(optimizer=opt, loss='mse',
metrics=['RootMeanSquaredError'])
model.fit(standardized_Xtrain, y_train, epochs=50000,
batch_size=69, verbose=1) #обучение модели
prediction_icing_intensity = model.predict(standardized_Xtest)
#вывод предсказания для искомого параметра
```

## Предотвращение сноса ветра от заданной траектории полета (и облет препятствий)

3

```
def SensorRemainingTimeHalfFunction:
prediction_RemainingFlightTime = model.predict(standardized_Xtest) #предсказание для оставшегося времени полета
SensorValue_RemainingFlightTime = ReturnSensorValue() #получаем значение оставшегося времени полета с датчика
a = prediction_RemainingFlightTime/SensorValue_RemainingFlightTime*100
if (85<a<115): #если значения с датчика и предсказанное значение отличается больше чем на 15%,
return (a-100) #то функция возвращает это значение в процентах
```



## Предсказание оставшегося времени полета БВС с электродвигателями

## Предсказание интенсивности обледенения БВС

# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНС

**1** Способность БВС облетать препятствия при отсутствии известных наземных ориентиров и устойчивого сигнала со спутниковых навигационных систем

**2** Создание модификаций ИНС, когда ПО решает специфические задачи:

- парирование сноса ветра при посадке БВС на площадку; ИНС «осваивает» основные пилотажные навыки, включающие в себя быстрое вращение вокруг трёх главных осей и различные последовательности манёвров;
- прогнозирование энергозатрат силовых установок и аппаратуры БВС в непредвиденных условиях полета с более высокой точностью, чем без систем с ИНС;
- моделирование множества сценариев полета для понимания того, что происходит с БВС во время полета и предугадывания возможных неисправностей заранее;
- просчет вариантов ремонта БВС при обнаружении неполадки на борту.

**3** Повышение безопасности полетов БВС в долгосрочной перспективе и снижение вероятности рискованных событий в полете в условиях АЗ РФ

**4** Повышение экономической эффективности БВС, а также эксплуатационных компаний, с учетом более высокой себестоимости производства и оказания услуг в АЗ РФ




# СТАНДАРТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КВАЛИФИКАЦИЙ

АТЛАС  
НОВЫХ  
ПРОФЕССИЙ  
3.0

АВИАЦИЯ


ПРОЕКТИРОВЩИК  
ИНТЕРФЕЙСОВ БПЛА

288



Специалист по разработке интерфейсов и программ для управления беспилотными летательными аппаратами, отвечает за программирование и работу систем навигации и безопасности беспилотных летательных аппаратов.

Информационные технологии



ОПЕРАТОР БПЛА  
ДЛЯ РАЗВЕДКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

289



Специалист, который контролирует код разработки беспилотных и штурм новых месторождений с помощью беспилотных летательных аппаратов, основанных на компьютерном и других геодезических аппаратах. Беспилотники анализируют пространственные участки, формируют геодезические системы, обследуют производственные объекты, распознают изменения экологического состояния человека средствами видеонаблюдения, подтверждает правильность выполненных работ и т.д. При добыче полезных ископаемых БПЛА уже используют Китай, США, Франция, Германия, Польша и другие страны. А в 2017 году компания «Газпром нефть» впервые доставила груз на удаленное месторождение с помощью дрона.

Информационные технологии



АВИАЦИЯ

РЕМОНТНИК-  
КОМПОЗИТЧИК

291



Ремонтник, который специализируется на ремонте летательных аппаратов, созданных из композитных материалов. В силу сложного состава композитов ремонт таких элементов трудоемкий и имеет свои нюансы.

Информационные технологии



СПЕЦИАЛИСТ  
ПО ЦИФРОВОМУ  
МОДЕЛИРОВАНИЮ  
В АВИАСТРОЕНИИ

292



Профессионал, проектирующий цифровую модель будущего самолета, который, подобно BIM в строительстве, позволяет разработать проект в виде 3D-модели, рассмотреть его в различных средах, включая виртуальную реальность, анимацию, симуляцию, дизайн и т.д.

Информационные технологии



РАЗРАБОТЧИК  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ  
ДИСПЕТЧЕРСКИХ СИСТЕМ

293



Профессионал, который занимается разработкой программных решений для управления движением в воздушном пространстве городов и регионов с интенсивным движением воздушных судов, обеспечение безопасности не сталкиваясь друг с другом.

Информационные технологии




Классификация  
1. Категория  
2. Вид профессиональной деятельности  
3. Профессия  
4. Специальность  
5. Методические указания по подготовке  
6. Дополнительная информация

АТЛАС НОВЫХ ПРОФЕССИЙ


ИНЖЕНЕР  
ОПТИМИЗАЦИИ НАГРУЗКИ

294



Специалист, оптимизирующий вес летательного аппарата. Подбирает более легкие материалы, разрабатывает более компактные энергоэффективные системы оборудования (в двигателях). Более продвинутое и сложное в эксплуатации оборудование для того, чтобы снизить массу самолета и соответственно уменьшить расход топлива.

Информационные технологии



АВИАЦИЯ

РЕГУЛИРОВЩИК ДРОНОВ

295



Дроны стали появляться повсюду. Их несут широко использовать в качестве такси, курьеров, для охоты дронного профиля, даже для доставки груза в больницы. Появляется специальность, которая сможет обеспечить безопасность передвижения дрона в городе.


Информационные технологии



АТЛАС НОВЫХ ПРОФЕССИЙ


АНАЛИТИК  
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
ДАННЫХ

296



Специалист, который обрабатывает данные и создает экспертные заключения, рекомендации или предупреждения полета. Для этого он анализирует состояние летательного аппарата, взлетно-посадочной полосы.

Информационные технологии



Использование визуальных материалов Атласа новых профессий по лицензиям Creative Commons by-SA 3.0 и Creative Commons Attribution 4.0 International

- Разработка профессиональных стандартов в рамках системы профессиональных квалификаций
- Создание Центров профессиональной компетенции Полярной авиации, в т.ч. для эксплуатации БАС

# ЭФФЕКТЫ ОТ РАЗВИТИЯ БАС С ИИ В АРКТИКЕ

## Технические / технологические

- 1** Управление трафиком БАС организует эффективное и безопасное использование БВС
- 2** Значительно расширится потенциал рынка БАС для Арктики с появлением новых типов источников питания, двигателей и материалов для изготовления корпусов аппаратов и новых технических решений для наземной инфраструктуры
- 3** Диапазон применения БАС на Крайнем Севере и в Арктике будет неуклонно расширяться в связи с развитием инноваций в разработке и эксплуатации
- 4** БВС смогут эксплуатироваться в сложных метеорологических условиях, в круглогодичном и круглосуточном режимах
- 5** Обмен информацией между БВС позволит создать единую систему навигации и связи, повысить эффективность выполнения услуг

## Социально-экономические

- 1** В ближайшие 10-15 лет предприятия увидят значительные эффекты от применения БАС в различных областях, они будут оказывать и неавиационные услуги
- 2** Внедрение системы контроля и управления с земли сократит эксплуатационные затраты операторов БАС за счет снижения рисков и формирования благоприятствующих условий для развития индустрии, удобных сервисов и облачного программного обеспечения
- 3** Появится возможность, а в дальнейшем повысится эффективность использования БАС в труднодоступных и удаленных территориях Арктики и Крайнего Севера
- 4** Будут решаться социальные задачи, поставленные в Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности до 2035 года

# Контакты:

Федотовских Александр Валентинович  
к.э.н., профессор РАЕ,

директор РСПП-Заполярье - член Президиума

Координационного совета по развитию Арктики и Северных территорий РСПП

Телефон +7 985 026 42 06

Почта [fav@rspp-arctic.ru](mailto:fav@rspp-arctic.ru)

