

## Организация полетов беспилотных авиационных систем над объектами инфраструктуры нефтегазовой отрасли с применением цифровой платформы, разработанной АО «Росгазификация»

### Development of a digital platform for organizing UAS flights over oil infrastructure facilities

#### **Шестерин / Shesterin N.**

Никита Дмитриевич  
(Shesterin@rgaz.ru)  
АО «Росгазификация»,  
генеральный директор.  
г. Москва

#### **Кочергин / Kochergin A.**

Андрей Николаевич  
(kochergin@rgaz.ru)  
АО «Росгазификация»,  
заместитель генерального директора  
по производственной деятельности.  
г. Москва

#### **Пивсаев / Pivsaev V.**

Вадим Юрьевич  
(v.pivsaev@rgaz.ru)  
кандидат технических наук.  
АО «Росгазификация»,  
начальник управления развития новых проектов.  
г. Москва

#### **Карпов / Karpov N.**

Николай Анатольевич  
(n.karpov@rgaz.ru)  
АО «Росгазификация»,  
главный специалист.  
г. Москва

#### **Ровба / Rovba A.**

Андрей Владимирович  
(4359636@gmail.com)  
ООО «Атлант»,  
советник генерального директора.  
г. Санкт-Петербург

#### **Вагизов / Vagizov M.**

Марсель Равильевич  
(bars-tatarin@yandex.ru)  
доктор технических наук, доцент.  
ФГБОУ ВО «Российский государственный  
гидрометеорологический университет»,  
проректор по информационным технологиям  
и цифровой трансформации.  
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: цифровая платформа – digital platform; планирование маршрутов БВС – UAV route planning; программное обеспечение – software; нефтегазовый комплекс – oil and gas complex; web-cartography – веб-картография; управление полётами – flight control.

В данной статье представлены результаты научно-исследовательской работы по обследованию разработанного и испытанного АО «Росгазификация» решения по применению цифровой платформы для автоматизации организации полетов беспилотных авиационных систем (БАС) над объектами инфраструктуры нефтегазовой отрасли. Цель работы – создание и апробация программно-аппаратного комплекса, позволяющего сократить временные и ресурсные затраты на организацию мероприятий для проведения мониторинга состояния объектов, находящихся на территории предприятия, при помощи БАС технологий, повысить прозрачность проведения полетных заданий, уровень контролируемости и безопасности использования БАС.

This article presents the results of a research study evaluating a solution developed and tested by Rosgazifikatsiya JSC for applying a digital platform to automate the organization of unmanned aerial systems (UAS) flight operations over oil and gas infrastructure facilities. The objective was to develop and test an integrated hardware-software system that reduces time and resource costs for organizing UAS-based monitoring of facilities located within the company's operational area, improves the transparency of flight missions, and enhances the level of operational control and safety of UAS use.

## Введение

Активное внедрение беспилотных авиационных систем (БАС) в различные отрасли промышленности, в том числе в нефтегазовый сектор, сталкивается с комплексом организационно-технических проблем и вызовов. К ним, в том числе, относятся сложности получения разрешений на полеты в регулируемом воздушном пространстве, необходимость согласований с множеством инстанций (ЕС ОрВД, муниципальные администрации, службы безопасности предприятий), однозначная идентификация санкционированных БПЛА на фоне иных воздушных судов, а также обеспечение безопасности и контроля за выполнением полетных заданий [1, 2]. На данный момент подавляющее большинство операций по организации полетов БАС являются трудоемкими и длительными процессами, которые к тому же подвержены риску, связанному с фактором

человеческой ошибки. Одной из ключевых задач при эксплуатации объектов инфраструктуры предприятий нефтегазовой отрасли является организация комплексного мониторинга зданий и сооружений, находящихся на территории объекта. Её успешное решение заключается в качественно выстроенном организационно-управленческом взаимодействии между всеми элементами системы: техническим оснащением, инфраструктурой и лицами, принимающими решения. Актуальность данной работы заключается в возрастающей в связи с активным внедрением БАС технологий в процессы мониторинга объектов потребности в использовании и разработке специализированного продукта, обеспечивающего необходимый уровень безопасности, контроля, координации и оперативности обработки данных в условиях масштабной инфраструктуры действующих предприятий нефтегазовой отрасли.

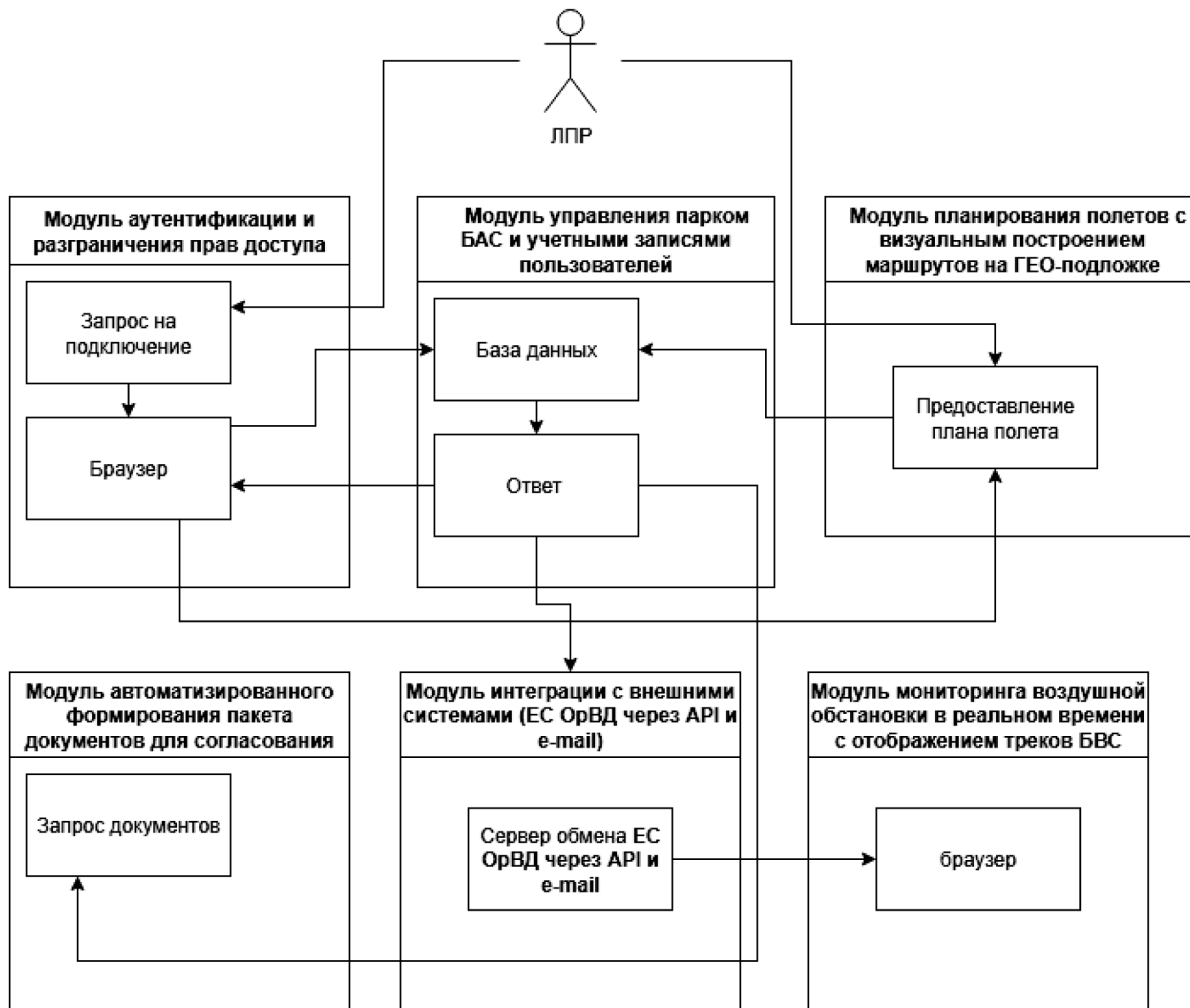


Рис. 1. Основные функциональные модули в составе веб-платформы

Целью исследования являлось испытание и оценка эффективности разработанной АО «Росгазификация» технологии, предназначенной для централизованного управления всеми этапами использования БАС и базирующейся на специализированной цифровой платформе. В работе описаны архитектура платформы, необходимая для обеспечения работоспособности разработанной технологии, ее ключевые функциональные модули, а также представлены результаты опытно-промышленных испытаний (ОПИ), проведенных в рамках апробации разработок по обследованию зданий и сооружений, а также дымовых труб действующих предприятий нефтегазового комплекса с применением БПЛА.

### Материалы и методы

Объектом исследования выступила разработанная АО «Росгазификация» технология централизованного управления всеми этапами использования БАС на базе цифровой платформы, примером которой может послужить решение ООО «Флай Дрон», с учетом адаптации под нужды нефтегазового комплекса. Для наиболее полного рассмотрения особенностей разработки программного обеспечения для движения БАС в условиях сложной оперативной обстановки воздушного пространства были проанализированы работы авторов, в которых освещаются аспекты моделирования комплексной полезной нагрузки и вопросы безопасности при перевозке грузов средствами БПЛА [2, 4].

### Архитектура приложения

В рамках реализации цифровой платформы выбрана клиент-серверная архитектура приложения, в основе которой взаимосвязаны 6 функционально-логических модулей. Среди элементов, обеспечивающих доступ к платформе, выступает

браузер пользователя, система разграничения прав определяет характер и уровень доступа к системе. В качестве ключевых элементов при выборе базового продукта учитывалась модульная архитектура приложения (рис. 1).

Платформа представляет собой веб-ориентированную систему с модульной архитектурой, включающей следующие ключевые функциональные модули:

1. Модуль аутентификации и разграничения прав доступа.
2. Модуль управления парком БАС и учетными записями пользователей.
3. Модуль планирования полетов с визуальным построением маршрутов на ГЕО-подложке.
4. Модуль автоматизированного формирования пакета документов для согласования.
5. Модуль интеграции с внешними системами (ЕС ОрВД через API и e-mail).
6. Модуль мониторинга воздушной обстановки в реальном времени с отображением треков БВС, оснащенных транспондерами ADS-B (1090 МГц).

Методология исследования включала оценку результатов проведенных опытно-промышленных испытаний (ОПИ) в период с 24.05.2025 по 27.06.2025 на специально отведенной территории действующего предприятия нефтегазовой инфраструктуры для тестирования цифровой платформы. В ходе ОПИ был выполнен комплекс работ:

- Подготовительный этап. Анализ нормативной базы, радиоэлектронная разведка местности, согласование работ со всеми заинтересованными сторонами.
- Рабочий процесс. Создание заявок на полеты через платформу, их автоматизированное согласование, получение разрешений, уведомление о начале и окончании выполнения полетов органов ОрВД и администраций населенных пунктов, мониторинг выполнения полетов в реальном времени.
- Полевой этап. Развертывание оборудования, установка транспондеров «Москит» на БАС (внешний



Рис. 2. Внешний вид транспондера Москит (слева); пример закрепления транспондера на БАС (справа).

вид транспондера, а также пример закрепления транспондера на БАС приведен на рис. 2), выполнение запланированных полетных заданий.

- Аналитический этап. Сбор и обработка данных о временных затратах, оценка устойчивости работы системы, выявление узких мест.

Оценка эффективности разработанного решения на базе цифровой платформы базировалась на выполнимости критериев, заложенных в программу ОПИ, которые включают в себя проверку полноценности функционала, время обработки операций и надежность работы платформы в условиях проведения полетов на действующем предприятии с учетом помех и возникающих рисков (например, потеря связи). Особенность проведения полётов в режиме закрытого неба, обусловленная необходимостью их

проведения, накладывает на организацию определённые технические требования к выполнению самого полёта и идентификации судна. В части некоторых подходов опознавания БАС возможно использование децентрализованного формата обмена данными с использованием технологии блок-чейн [6, 7]. Смарт-контракты могут автоматизировать процесс согласования полетов, проверяя соответствие маршрутов, технического состояния БАС и прав пользователей. При выполнении всех условий смарт-контракт автоматически подтверждает разрешение на полет. Интеграция с внешними системами (например, ЕС ОрВД) через блокчейн позволяет обеспечить проверяемость и защиту данных. Использование распределенного реестра снижает риски взлома и подмены данных, так как для изменения информации потребуются

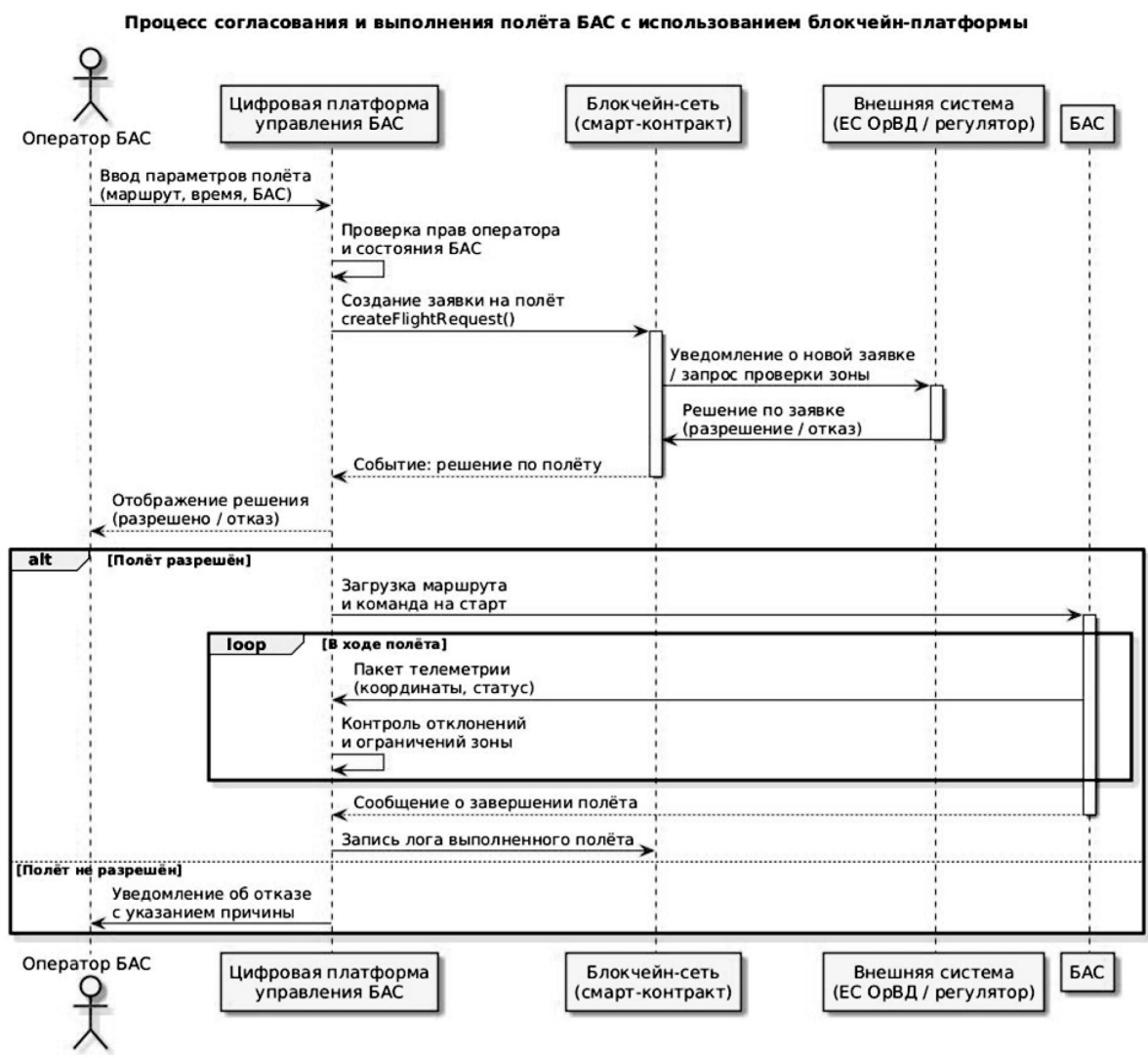


Рис. 3. Диаграмма последовательности выполнения полёта БАС с использованием блокчейн

консенсус большинства участников сети. Платформа управления БАС, а также интегрированные с цифровой платформой корпоративные ИС становятся более защищенными от атак, что особенно важно на объектах нефтегазовой инфраструктуры.

При этом процесс согласования и выполнения полёта БАС с использованием блокчейн-платформы предполагается в виде, представленном на рис. 3.

К вопросам построения траекторий полёта БАС на техногенных территориях также необходимо использовать методы оптимального движения с учётом существующих ограничений и особенностей инфраструктуры конкретного объекта. Так, в работах авторов [7–9] раскрываются особенности использования специфического математического аппарата и разработанных алгоритмов, на основе которых возможно построение траекторий движения БАС с учётом особенностей территории и помех для БАС при совершении полетов. Учитывая технологические особенности инфраструктуры нефтегазовой отрасли, при построении маршрутов БАС возможно использование не только стандартных карт и спутниковой подложки с нанесёнными объектами в программном обеспечении управления БАС, но и интеграция трёхмерных моделей конкретных комплексных, импортированных в виде стандартных библиотек и технологии WebGL [10].

### Разработка решения на базе цифровой платформы

В рамках реализации решения на базе платформы необходимо было обеспечить работоспособность следующих элементов системы с учетом особенностей предприятий нефтегазового комплекса:

1. Выполнение функции «Аутентификация пользователя Платформы по организации полетов».

2. Выполнение функции «Планирование полетов БАС с администрацией населенных пунктов и центром ЕС ОрВД».

3. Выполнение функции «Согласование полетов БАС с центром ЕС ОрВД».

4. Выполнение функции «Согласование полетов БАС с администрацией населенных пунктов».

5. Выполнение функции «Мониторинг в цифровой платформе полетов в режиме онлайн».

Для автоматизированного формирования пакета документов согласования необходимо обеспечить систему автоматического генерирования документов, в которую входят: формирование плана полёта, создание и согласование заявок на полёт, отчёт о выполнении полёта. Одним из ключевых моментов в выборе базы для разработки решения является наличие интерфейса системы планирования полетов с визуальным построением маршрутов на ГЕО-подложке, в составе которого интеграция с картографическим сервисом OpenLayers. Также необходимо наличие инструментов для построения маршрутов полетов БАС на карте с учетом ограничений (например, запретные зоны, препятствия) и функционалом сохранения и загрузки маршрутов.

Отдельным элементом в веб-платформе реализовано формирование системных треков на ГЕО-карте полетов БАС для отображения и предоставления информации о воздушном движении с разделением на типы воздушных судов с возможностью определения БАС по принципу «свой/чужой» и «нарушает/не нарушает».

### Результаты

1. *Подтверждение функциональности.* В ходе проведения ОПИ была подтверждена работоспособность всех заявленных модулей платформы. Успешно

Таблица 1

Сравнение временных затрат при организации полетов БАС

№	Операция	Стандартный метод, час	С применением Платформы, час
1	Планирование и создание заявки	4,0	0,1
2	Согласование с ЕС ОрВД	1,5	1,0
3	Согласование с администрацией	1,5	1,0
Итого		7,0	2,1

созданы и согласованы заявки на полеты, в том числе в зоне ограничения полетов над территорией нефтегазового предприятия, в связи с чем согласование с администрацией населенных пунктов не требовалось. Интеграция с органами ЕС ОрВД позволила получать подтверждение на полеты в установленные сроки.

2. *Сокращение временных затрат.* Ключевым результатом стало значительное сокращение времени на организацию полетов. Как показано в таблице 1, совокупное время операций при использовании платформы составило 2,1 часа против 7 часов при традиционном методе (сокращение более чем в 3 раза). Наибольшая экономия достигнута за счет автоматизации создания заявок и документооборота.

3. *Мониторинг в реальном времени.* Обеспечен прием данных о местоположении и траектории БАС от транспондеров через мобильный комплекс АЗН-В с последующим отображением в интерфейсе платформы. Это позволило осуществлять оперативный

контроль за выполнением полетных заданий и повысить уровень безопасности.

4. *Оценка по критериям.* По результатам испытаний основные критерии эффективности, определенные программой ОПИ (включая архитектурную открытость, круглосуточную работу, функционал согласования и организация мониторинга), были выполнены.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности разработанного АО «Росгазификация» решения для автоматизации процессов управления полетами БАС в условиях проведения работ на действующем предприятии. Основные преимущества разработки:

- Автоматизация документооборота путем исключения ручного ввода данных и формирования документов.
- Централизация и прозрачность, обеспечиваемые благодаря единой точке для учета БАС, полетов и ответственных лиц.

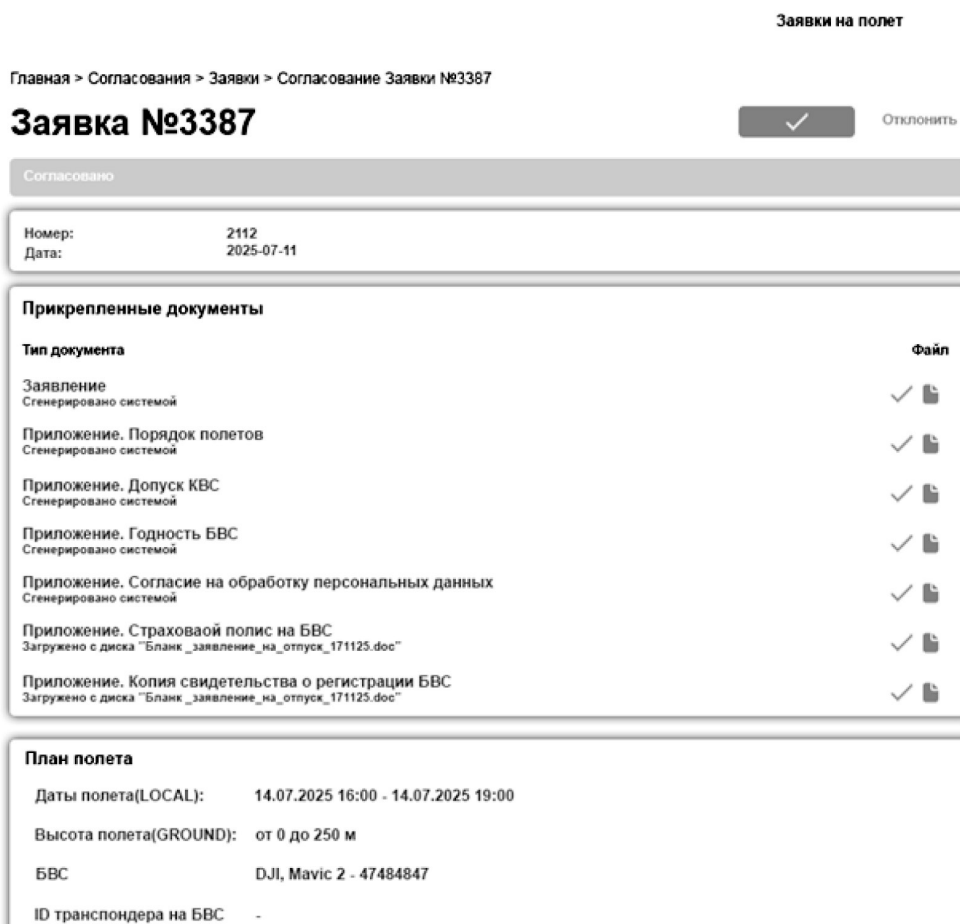


Рис. 4. Интерфейс веб-платформы отображения подачи документов организации полёта БАС

- Интеграция за счет возможности взаимодействия с внешними системами для обмена информацией, а также обеспечения организации полетных миссий и получения всех необходимых разрешений на полёты БАС (ЕС ОрВД, администрацией населенных пунктов, со службой безопасности и ответственными лицами предприятия) по стандартизированным протоколам.

- Повышение безопасности вследствие обеспечения возможности мониторинга в реальном времени, позволяющего оперативно реагировать на отклонения от плана полетов.

В рамках реализованного интерфейса пользователя отдельные элементы этапов подачи необходимых документов спроектированы в виде окон с возможностью загрузки требуемых законодательством файлов (рис. 4).

В ходе проведения ОПИ разработанной технологии были оценены: функциональность цифровой платформы, особенности загрузки исходных документов и точность отображения требуемой информации на карте через интерфейс платформы.

Вместе с тем в ходе испытаний были выявлены области для дальнейшего развития цифровой платформы:

- Зависимость от связи: необходимость реализации офлайн-режима для работы в условиях нестабильного интернет-соединения или на объектах с высокой электромагнитной помехой.

- Интеграция с корпоративной ИС АО «Росгазификация»: требуется углубленная интеграция с Личным кабинетом инженера (ЛКИ) АО «Росгазификация» для полного закрытия бизнес-процессов компании.

- Функциональность согласования: необходимость доработать функционал надстройки для обеспечения создания и согласования заявок на полет в зонах ограничения полетов.

- Адаптация под оборудование: необходимость обеспечения совместимости с более широким спектром моделей БАС и бортового оборудования.

- Возможность интеграции ключей доступа к платформе на базе технологии блок-чейн. С помощью смарт-контрактов можно реализовать автоматиче-

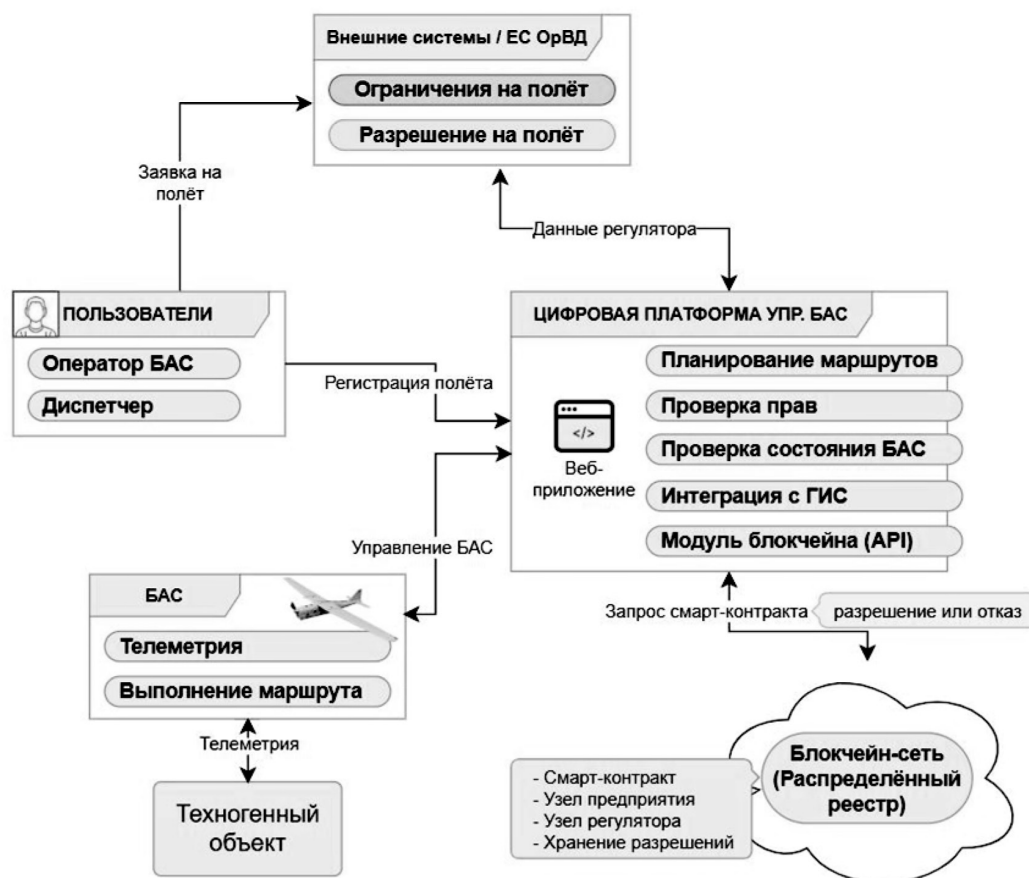


Рис. 5. Обобщённая структура основных элементов организации полётов с использованием цифровой платформы управления БАС и блокчейн-сети

ское управление правами доступа к данным и функциям платформ.

Обобщая основные элементы системы организации полётов с использованием децентрализованной блокчейн-сети и цифровой платформы управления БАС, представим их в виде функциональной архитектуры (рис. 5). Запрос смарт-контракта осуществляется посредством обмена информацией между цифровой платформой управления БАС и распределённым реестром, что делает крайне затруднительным вмешательство в процесс управления на программном уровне.

## Заключение

Проведенные опытно-промышленные испытания подтвердили жизнеспособность и эффективность разработанной АО «Росгазификация» технологии организации и мониторинга полетов БАС на основе цифровой платформы. Внедрение разработки позволит:

1. Существенно (более чем в 3 раза) сократить временные и трудовые затраты на процессы согласования и получения разрешений на полеты.

2. Обеспечить централизованный контроль и прозрачность всех этапов использования БАС.

3. Повысить уровень безопасности за счет мониторинга местоположения БАС в режиме реального времени.

Проведенный обзор нормативных актов и существующих решений подтвердил необходимость разработки специализированной платформы, полностью адаптированной к требованиям российского законодательства и корпоративных стандартов. Результаты работы представляют практическую ценность для предприятий нефтегазового сектора, а также могут послужить примером для других отраслей с объектами критической инфраструктуры, где использование БАС сопряжено с жесткими нормативными требованиями. Результаты проведенных испытаний подтверждают готовность цифровой платформы к ОКР, а её потенциал для дальнейшего развития заключается в направлении повышения уровня автоматизации и интеграции в корпоративные и государственные системы управления.

Дальнейшие исследования планируется направить на реализацию оффлайн-функционала, усиление алгоритмов анализа воздушной обстановки и углубленную интеграцию с корпоративными информационными системами.

## Литература

1. Franco, C.D. Coverage Path Planning for UAVs Photogrammetry with Energy and Resolution Constraints / C.D. Franco, G.G. Buttazzo // *Journal of Intelligent and Robotic Systems*. – 2016. – Vol. 83, Iss. 3-4. – P. 445–462.

2. Стукалов, С.Б. Подходы к обеспечению точной посадки беспилотных летательных аппаратов в улавливающую сеть / С.Б. Стукалов, В.А. Костенков, Р.С. Гаврюшин // *Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации* : сборник трудов XI Международной научно-практической

конференции, посвященной празднованию 100-летия конструкторского бюро «Туполев», 55-летия Иркутского филиала МГТУ ГА, 75-летия Иркутского авиационного технического колледжа (Иркутск, 13–14 октября 2022 г.). – Т. 2. – Иркутск : Иркутский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации», 2022. – С. 153–160.

3. Швецова, С.В. Анализ безопасности при перевозке грузов беспилотными летательными аппаратами / С.В. Швецова, А.В. Швецов // *Мир транспорта*. – 2019. – Т. 17, № 5 (84). – С. 286–297.

4. Разработка макета и моделирование комплексной интегрированной полезной нагрузки разведывательного квадрокоптера для решения специфических боевых задач / Е.О. Сергеев, А.Э. Липик, А.В. Расходчиков, И.В. Симоненко // *Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием* (Санкт-Петербург, 13–19 ноября 2017 г.). – Санкт-Петербург : ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2017. – С. 20–22.

5. Заяц, А.М. О некоторых особенностях смарт-контрактов, реализуемых в блокчейн системе / А.М. Заяц // *Информационные системы и технологии: теория и практика* : сборник научных трудов. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2024. – С. 28–35.

6. Заяц, А.М. Блокчейн – не только Биткойн / А.М. Заяц // *Информационные системы и технологии: теория и практика* : сборник научных трудов / отв. редактор М.Р. Вагизов. – Вып. 15. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2023. – С. 45–56.

7. Овсянников, Е.А. Организация воздушного движения БПЛА над территорией города / Е.А. Овсянников // *Актуальные проблемы архитектуры и дизайна* : материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых (Екатеринбург, 10–11 апреля 2025 г.). – Екатеринбург : Уральский государственный архитектурно-художественный университет им. Н.С. Алфёрова, 2025. – С. 538–541.

8. Вагизов, М.Р. Распараллеливание алгоритма муравьиной колонии на примере задачи о рюкзаке с использованием Python / М.Р. Вагизов, С.П. Хабаров // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. – 2024. – Т. 26, № 5. – С. 73–83.

9. Вагизов, М.Р. Алгоритм формирования гладких программных траекторий движения БПЛА / М.Р. Вагизов, С.П. Хабаров // *Информация и Космос*. – 2021. – № 2. – С. 122–130.

10. Васильев, Н.П. WebGL для наглядного представления геополей / Н.П. Васильев, М.Р. Вагизов // *Информационные системы и технологии: теория и практика* : научнотехническая конференция Института леса и природопользования СПбГЛТУ (Санкт-Петербург, 25 февраля 2022 г.). – Вып. 14. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2022. – С. 72–94.