

## ПРОЕКТЫ В ОТРАСЛЯХ И ОПЫТ КОМПАНИЙ

# Анализ проекта по внедрению беспилотных летательных аппаратов для мониторинга трасс трубопроводов

## Analysis of the Project for the Introduction of Unmanned Aerial Vehicles for Monitoring Pipeline Routes

DOI: 10.12737/2587-6279-2022-11-3-3-14

Получено: 03.06.2022 / Одобрено: 16.06.2022 / Опубликовано: 25.09.2022

**Бархатов В.Д.**

Канд. экон. наук, доцент кафедры безопасности цифровой экономики и управления рисками факультета комплексной безопасности ТЭК РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина,  
e-mail: vdbar@mail.ru

**Barkhatov V.D.**

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Security of Digital Economy and Risk Management Chair, Faculty of Integrated Security of the Fuel and Energy Complex, Gubkin University,  
e-mail: vdbar@mail.ru

**Чистая Л.Р.**

Главный специалист службы информационно-управляющих систем ООО «Газпром флот»,  
e-mail: leysan.chistaya@yandex.ru

**Chistaya L.R.**

Chief Specialist of Information Management Systems Department, Gazprom Flot LLC,  
e-mail: leysan.chistaya@yandex.ru

**Белозеров А.А.**

Инженер 2-й категории группы организации контроля и строительства скважин управления геологии и разработки месторождений ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск»,  
e-mail: belozerov\_aa@list.ru

**Belozеров A.A.**

2<sup>nd</sup> grade Engineer of Geology and Production Department's Well Drilling Group, Gazprom dobycha shelf Yuzhno-Sahalinsk LLC,  
e-mail: belozerov\_aa@list.ru

**Шрамко И.В.**

Инженер-программист 1-й категории службы информационно-управляющих систем ООО «Газпром трансгаз Ухта»,  
e-mail: irina.v.shramko@gmail.com

**Shramko I.V.**

1<sup>st</sup> Grade Software Engineer of Information Management Systems Department, Gazprom transgaz Ukhta LLC,  
e-mail: irina.v.shramko@gmail.com

**Чижик П.А.**

Ведущий инженер-конструктор филиала «Инженерно-технологический центр ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»»  
e-mail: pavel.chizhik19@mail.ru

**Chizhik P.A.**

Lead Design Engineer of branch Engineering And Technology Center, Gazprom Transgaz Belarus,  
e-mail: pavel.chizhik19@mail.ru

**Аннотация**

Авторами предложен проект по внедрению беспилотного летательного аппарата для мониторинга трасс трубопроводов в целях оперативного выявления утечек газа и предотвращения нарушений охранных зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа. В ходе работы определены критерии выбора необходимого оборудования, проведена оценка экономических и финансовых показателей реализации проекта, проведена оценка рисков проекта, проведен анализ экономических, техногенных и социально значимых показателей проекта. Реализация проекта позволит предупредить серьезные аварии техногенного или экологического характера путем преждевременного обнаружения утечек природного газа, сократить расходы и время в сравнении с наземными методами контроля, снизить влияние человеческого фактора на результаты мониторинга автоматизированными системами беспилотного летательного аппарата.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, БЛА, мониторинг трубопроводов, инновационные технологии, оценка рисков, оценка экономической эффективности проекта, нефтегазовая отрасль.

**Abstract**

The authors proposed a project for the introduction of an unmanned aerial vehicle for monitoring pipeline routes in order to promptly detect gas leaks and prevent violations of security zones and minimum distances from gas transport facilities. In the course of the research, the criteria for selecting the necessary equipment were determined, the economic and financial indicators of the project implementation were assessed, the project risks were assessed, the analysis of environmental, technogenic and socially significant indicators of the project was carried out. The implementation of the project will prevent serious accidents of a man-made or environmental nature by premature detection of natural gas leaks, reduce costs and time in comparison with ground-based control methods, reduce the influence of the human factor on the results of monitoring by automated systems of an unmanned aerial vehicle.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, UAV, pipeline monitoring, innovative technologies, risk assessment, evaluation of economic efficiency of projects, oil and gas industry.

**Введение**

На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты (далее — БЛА) позволяют оперативно

собирать необходимые сведения, проникая в труднодоступные места, куда неспособны попасть классическая техника или человек. Одним из направле-

ний внедрения БЛА в нефтегазовой отрасли является использование БЛА для мониторинга трасс трубопроводов в целях оперативного выявления утечек газа. Другим направлением является использование БЛА для мониторинга трасс трубопроводов в целях предотвращения нарушений охранных зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа [1; 2].

Несвоевременное обнаружение утечек природного газа может стать причиной серьёзной аварии техногенного или экологического характера. По независимой оценке «Гринпис», потери природного газа, связанные с его утечками, могут составлять до 10% на пути от места добычи до потребителя. Для газовой отрасли России это около 50 млрд куб. м в год, а в денежном эквиваленте — 15 млрд руб. [3].

Вовремя обнаружить утечки метана на газодобывающих и газоперерабатывающих предприятиях, открытых площадках цехов компрессорных станций и магистральных газопроводах — одна из важнейших задач в нефтегазовой отрасли [4; 5].

Для ее решения предлагается реализация проекта внедрения технологии БЛА для мониторинга трасс трубопроводов для оперативного выявления утечек газа и предотвращения нарушений охранных зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа.

**Методология исследования**

В данной статье использованы следующие методы проведения исследования:

- 1) метод построения карт знаний;
- 2) SWOT-анализ;
- 3) сравнительный анализ имеющихся на рынке видов БЛА по определенным критериям выбора необходимого оборудования;
- 4) оценка показателей экономической эффективности проекта внедрения БЛА, основанная на сравнении вариантов ситуации «без проекта» и ситуации «с проектом» путем сопоставления разностных денежных потоков;
- 5) анализ экологических и техногенных показателей;
- 6) анализ проекта внедрения БЛА при помощи таких методов, как «анализ разрывов», «пять почему», «мозговой штурм», матрица поддержки принятия решений, схема бизнес-процесса в разрезе «как было» и «как стало», диаграмма Ганта;
- 7) оценка рисков проекта внедрения БЛА, а именно: идентификация рисков с использованием диаграммы Исикавы, количественная оценка рисков методом Дельфи, построение матрицы рисков;

**Описание проекта**

С помощью метода построения карт знаний (рис. 1) была определена проблематика и главная цель проекта.

Цель проекта заключается в адаптации применения БЛА и тиражировании лучших практик использования БЛА в компаниях нефтегазовой отрасли, предназначенного для:

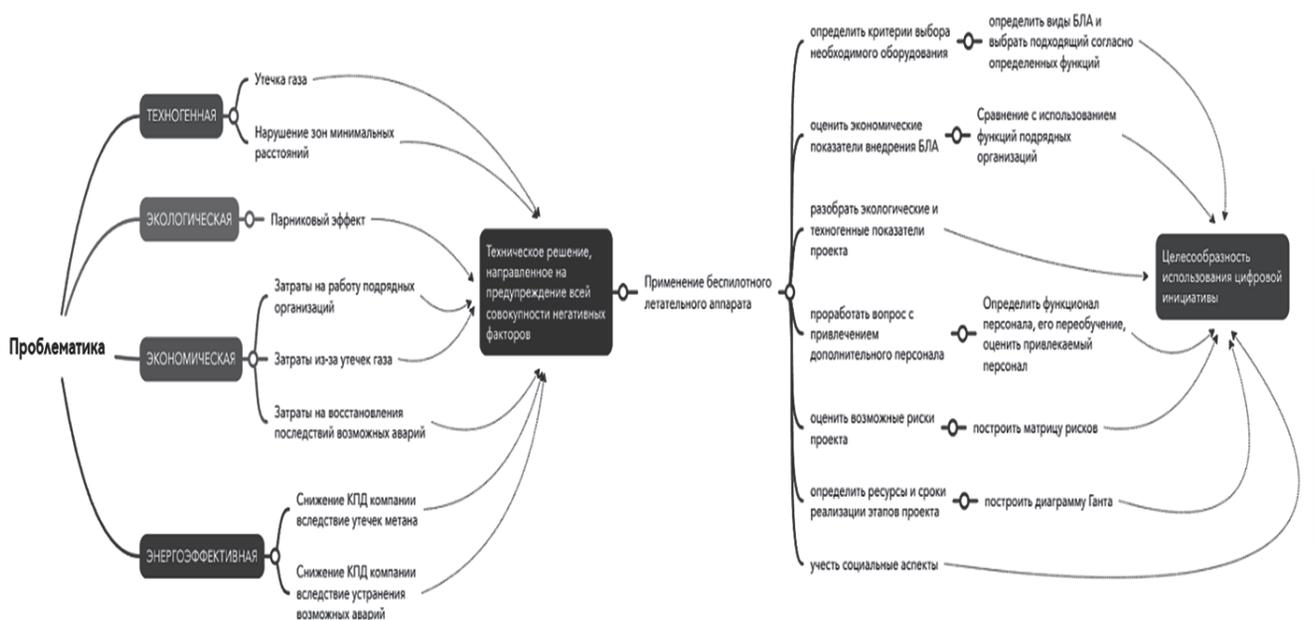


Рис. 1. Проблематика, главная цель и основные задачи проекта методом Mind map

- эффективного мониторинга трасс трубопроводов;
- автоматизированной обработки результатов аэровидеосъемки;
- создания ортофотопланов с высокоточной геодезической привязкой в заданных коридорах;
- выявления мест утечек транспортируемого газа;
- выявления несанкционированных действий на объектах газопроводов;
- визуального осмотра состояния объектов линейной части трубопроводов.

Методом «Пять почему» определена актуальность проекта для предприятий нефтегазовой отрасли. Проблематика проекта состоит из совокупности следующих негативных факторов:

- 1) техногенный (утечка газа, нарушение зон минимальных расстояний);
- 2) экологический (парниковый эффект);
- 3) экономический (затраты на работу подрядных организаций, затраты из-за утечек газа, затраты на восстановление последствий возможных аварий);
- 4) энергоэффективный (снижение КПД компании вследствие утечек метана, снижение КПД компании вследствие устранения возможных аварий).

Внедрение БЛА для мониторинга трасс трубопроводов является техническим решением, позволяющим снизить последствия от реализации рассматриваемых проблем.

С помощью диаграммы Ганта проработан план работ по проекту (рис. 2).

Проект состоит из пяти этапов.

1. Этап анализа. Включает в себя постановку задачи, анализ требований к беспилотному летательному средству, маршрутам его следования, условиям полетов, измеряемым показателям. По итогам этапа выбирается подходящий БЛА, требуемое количество БЛА и составляется техническое задание, а также проектное решение.
2. Этап подготовки. Включает в себя проведение конкурентной закупки на поставку необходимого БЛА в нужном количестве, проводится закупка и поставляется оборудование.
3. Этап настройки. На данном этапе проводится настройка БЛА, прописываются маршруты для тестирования БЛА, а также настраивается прикладное ПО для сбора информации. На этом же этапе проводится регистрация БЛА в государственных органах.
4. Этап тестирования. Включает в себя обучение ключевых пользователей, проводящих тестирование, проведение предварительных испытаний (тестовых полетов), сбор и анализ замечаний по итогам предварительных испытаний. После тестирования при необходимости проводится донастройка БЛА и прикладного ПО. По результатам этапа составляется протокол предварительных испытаний.
5. Этап внедрения. Включает в себя обучение всех пользователей, настройку всех имеющихся БЛА для опытной эксплуатации. Далее проводится

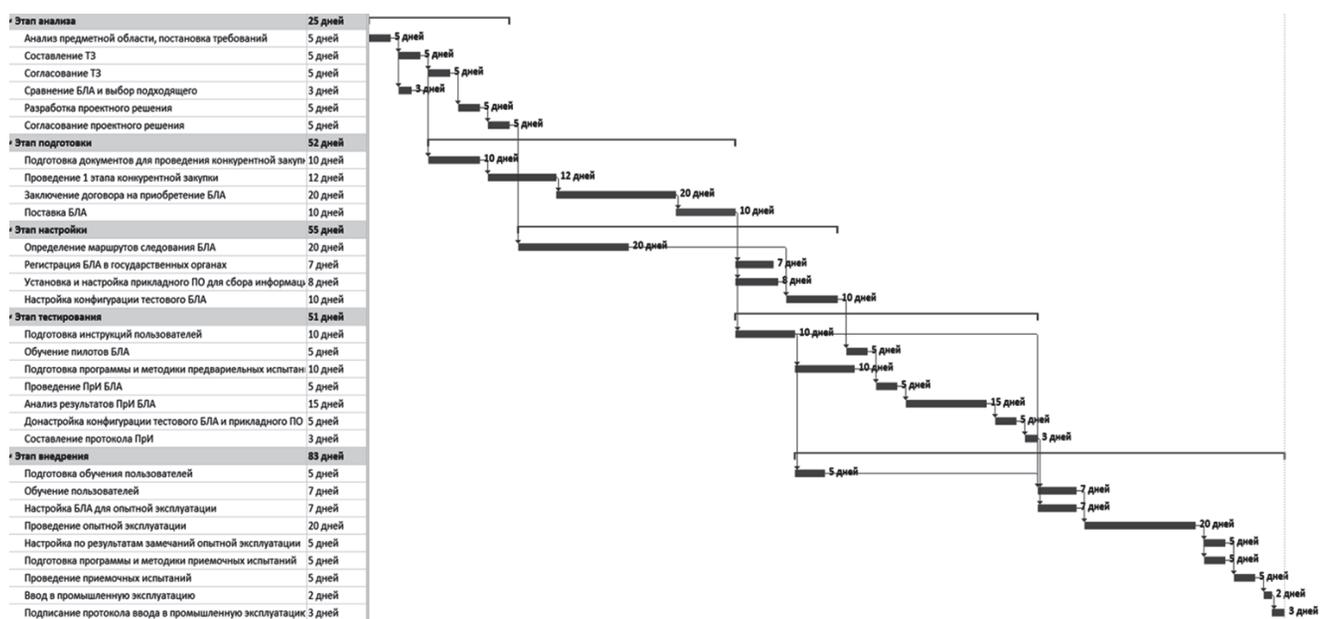


Рис. 2. Диаграмма Ганта реализации проекта

опытная эксплуатация БЛА, по итогам которой при необходимости проводится конфигурация настроек БЛА и ПО, а затем использование БЛА вводится в промышленную (постоянную) эксплуатацию. По итогам подписывается протокол ввода в промышленную эксплуатацию.

Все работы с учетом возможности параллельного выполнения отдельных частей проекта и наличием взаимосвязей между частями занимают по расчетам 215 рабочих дней.

**SWOT-анализ**

Проведен SWOT-анализ (табл. 1) проекта внедрения технологии БЛА для мониторинга трасс трубопроводов. Определены угрозы и возможности, сильные и слабые стороны проекта.

Таблица 1

**Результаты проведения SWOT-анализа проекта**

	<b>Сильные стороны проекта</b>	<b>Слабые стороны проекта</b>
	Сокращение времени обхода трубопровода. Оперативное выявление утечек газа, нарушений охранных зон и повреждений. Ведение фото и видеосъемки территории с привязкой к координатам местности. Использование экологично аккумулятора. Экономическая эффективность использования проекта	Сложность управления при сильном ветре и плохих погодных условиях. Необходимость привлечения персонала определенного уровня квалификации
<b>Благоприятные явления</b> Уменьшение объемов утечек газа. Возможность обучить персонал. Возможность использования БЛА для других видов работ. Использование данных, полученных БЛА, для аналитики	Ведение базы данных и планов, собранных БЛА во время облетов трубопроводов, предоставление доступа к данным заинтересованным отделам и службам	Обучение персонала управлению БЛА
<b>Внешние опасности</b> Потеря БЛА. Повреждение БЛА во время эксплуатации. Сложно устранимые повреждения БЛА. Некорректная интерпретация данных БЛА	Использование данных с фото и видеосъемки для корректной интерпретации данных. Ведение базы данных, собранных в результате облетов трубопровода. Возможность использования части экономленных средств на качественное техническое обслуживание БЛА	Обучение персонала управлению БЛА, анализу полученных данных. Проведение оценки погодных условий перед запуском БЛА

Согласно полученным результатам реализация проекта внедрения БЛА, позволяющего своевременно обнаруживать нарушения, повысит безопасность транспортировки газа, снизит объем метана в атмосфере, повысит энергоэффективность систем газоснабжения, повысит экономическую эффективность работы компании.

**Метод «Анализ разрывов»**

Методом «Анализ разрывов» (рис. 3) оценено влияние проекта на следующие основные показатели: утечки газа, нарушение охранных зон, затраты на мониторинг трубопроводов, производственный травматизм при мониторинге трубопроводов.



Рис. 3. Анализ разрывов показателей проекта

Оценка произведена в 10-балльной системе. Текущие показатели оценены на 5. Максимальный балл соответствует минимальному значению показателя.

**Схема бизнес-процесса проекта «Как было» и «Как стало»**

Построена схема бизнес-процесса «Обход с целью мониторинга трасс трубопроводов в целях оперативного выявления утечек газа и предотвращения нарушений охранных зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа» в разрезе «Как было» (рис. 4) и «Как стало» (рис. 5).

**Сравнительный анализ видов БЛА**

В ходе работы определены критерии выбора необходимого оборудования: методом «Мозговой штурм» определены основные параметры, на которые необходимо обратить внимание при выборе БЛА, с помощью матрицы принятия решений оценены основные критерии выбора вида БЛА.



Рис. 4. Схема бизнес-процесса проекта «Как было»

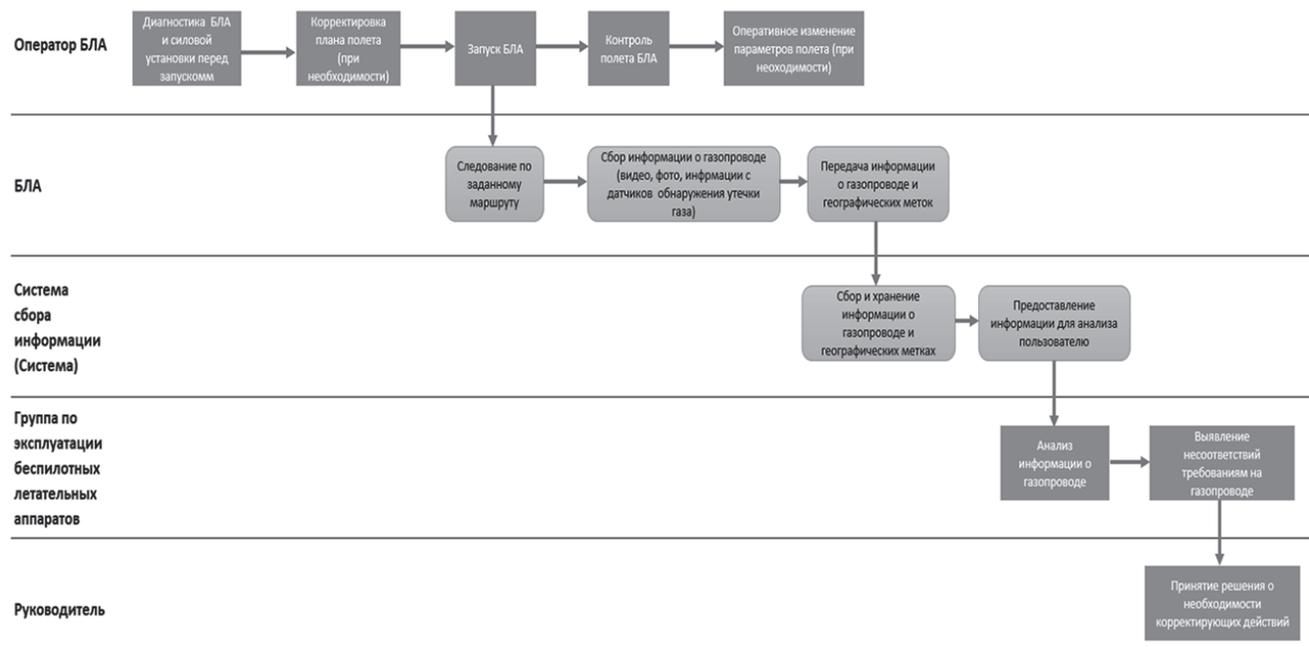


Рис. 5. Схема бизнес-процесса проекта «Как стало»

На основе выбранных характеристик проведен сравнительный анализ (табл. 2) имеющихся на рынке видов беспилотных летательных аппаратов: БЛА самолетного типа, БЛА гибридного типа, БЛА вертолетного и мультироторного типа [6].

Таблица 2

Сравнительный анализ видов БЛА

№ п/п	Характеристики	БЛА самолетного типа	БЛА гибридного типа	БЛА вертолетного и мультироторного типа
1	Время полета	до 4,5 ч	до 120 мин	до 60 мин
2	Скорость полета	65–120 км/ч	70–120 км/ч	0–60 км/ч
3	Тип двигателя	электрический	электрический	электрический
4	Максимальная дальность полета	270 км	50 км	160 км
5	Максимальный взлетный вес	11,5 кг	13,5 кг	6 кг

Окончание табл. 2

№ п/п	Характеристики	БЛА самолетного типа	БЛА гибридного типа	БЛА вертолетного и мультироторного типа
6	Полезная нагрузка	2,5 кг	2 кг	1,5 кг
7	Размеры летательного аппарата	3,5 м	3,2 м	1020 x 1070 x 420 мм
8	Рабочая высота полета	150 ÷ 5500 м	150 ÷ 3000 м	50–500
9	Взлет	с катапульты	вертикально	вертикально
10	Посадка	парашют	вертикально	вертикально
11	Рабочая температура полета	-40 °С...+40°	-40 °С...+40°	-40 °С...+40°
12	Устойчивость к ветру	до 15 м/с	до 15 м/с	до 15 м/с
13	Возможность использования в умеренный дождь и снегопад	да	да	да

На основе данного анализа БЛА самолетного типа определен наиболее подходящим для выполнения планируемого объема работ по мониторингу утечек метана на магистральных газопроводах и нарушений охранных зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа. Для реализации проекта выбран беспилотный авиационный комплекс (далее — БАК) «Борей-20».

### Оценка экономических показателей проекта

Проведена оценка экономических показателей нефтегазового проекта по внедрению БЛА. Оценка основана на сравнении вариантов ситуации «без проекта» и ситуации «с проектом» путем сопоставления разностных денежных потоков.

В качестве ситуации «без проекта» рассматривается обследование трасс трубопроводов в целях оперативного выявления утечек газа и предотвращения нарушений охранных зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа при помощи привлечения подрядных организаций.

В качестве ситуации «с проектом» рассматривается обследование трасс трубопроводов в целях оперативного выявления утечек газа и предотвращения нарушений охранных зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа с помощью БАК «Борей-20», необходимость в проведении мероприятий по приобретению БЛА, привлечению специалистов для обслуживания БЛА.

При проведении оценки экономической эффективности проекта использованы следующие допущения:

- расчетный период составляет 2 года;
- все расчеты выполнены без учета НДС;
- все расчеты выполнены в реальных ценах (без учета инфляции);
- ставка дисконтирования составляет 10%;
- единица измерения денежных потоков — тыс. руб.;
- начало проекта — 2023 г.

Исходные данные для расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3

#### Исходные данные для экономического анализа

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Начало расчетного периода	год	2023
Ставка дисконтирования	%	10%
Стоимость приобретения БЛА	тыс. руб.	1000

Окончание табл. 3

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Зарботная плата с начислениями и страховыми взносами на 1 сотрудника	тыс. руб.	1500
Среднегодовая стоимость договора об оказании услуг подрядных организаций (без НДС)	тыс. руб.	25 000
Потребность в персонале	человек	3
Налог на прибыль	%	20
Налог на имущество	%	2,2

В таблице представлены данные условного примера.

На основе исходных данных проведен расчет амортизации, заработной платы и стоимости услуг подрядных организаций (табл. 4).

Таблица 4

#### Расчет показателей

Наименование показателя	Единица измерения	Итого	2023	2024	2025
Амортизационные отчисления	тыс. руб.	1000	0	500	500
Приобретение основных средств	тыс. руб.	1000	1000	0	0
Зарботная плата с начислениями и страховыми взносами	тыс. руб.	9000	0	4500	4500
Среднегодовая стоимость договора об оказании услуг подрядных организаций (без НДС)	тыс. руб.	50 000	0	25 000	25 000
Остаточная стоимость ОС на начало периода	тыс. руб.	1500	0	1000	500
Остаточная стоимость ОС на конец периода	тыс. руб.	1500	1000	500	0
Налог на имущество	тыс. руб.	33	11	16,5	5,5

В таблице представлены данные условного примера.

Результаты расчета экономической эффективности проекта представлены в табл. 5.

Таблица 5

#### Показатели экономической эффективности проекта

Наименование показателей	Единица измерения	Итого	2023	2024	2025
<i>Инвестиционная деятельность</i>					
Приобретение основных средств	тыс. руб.	1000	1000	0	0
Сальдо потока от инвестиционной деятельности	тыс. руб.	-1000	-1000	0	0
<i>Операционная деятельность</i>					
Изменение текущих затрат:	тыс. руб.	-40 967	11	-20 484	-20 495

Окончание табл. 5

Наименование показателей	Единица измерения	Итого	2023	2024	2025
Изменение стоимости выполнения работ:	тыс. руб.	-41 000	0	-20 500	-20 500
Стоимость выполнения работ подрядными организациями	тыс. руб.	-50 000	0	-25 000	-25 000
Стоимость выполнения работ собственными силами	тыс. руб.	9000	0	4500	4500
Изменение налога на имущество	тыс. руб.	33	11	17	6
Изменение амортизационных отчислений	тыс. руб.	1000	0	500	500
Изменение налогооблагаемой прибыли	тыс. руб.	39 967	-11	19 984	19 995
Изменение налога на прибыль	тыс. руб.	7993	-2	3997	3999
Изменение чистой прибыли	тыс. руб.	31 974	-9	15 987	15 996
Сальдо потока от операционной деятельности	тыс. руб.	32 974	-9	16 487	16 496
<i>Показатели эффективности</i>					
Чистый денежный доход	тыс. руб.	31 973,60	-1008,80	16 486,80	16 495,60
Чистый денежный доход накопленный	тыс. руб.		-1008,80	15 478,00	31 973,60
Ставка дисконтирования	%	10%			
Чистый дисконтированный доход (ЧДД)	тыс. руб.	27 611,93	-1 008,80	14 988,00	13 632,73
Чистый дисконтированный доход (ЧДД) накопленный	тыс. руб.		-1 008,80	13 979,20	27 611,93
Внутренняя норма доходности (ВНД)	%	16,29			
Срок окупаемости	лет	1,06			
Срок окупаемости дисконтированный	лет	1,07			
Индекс доходности		28,37			

В таблице представлены данные условного примера.

Согласно полученным значениям, планируемые мероприятия по внедрению БЛА для мониторинга трасс трубопроводов в целях оперативного выявления утечек газа и предотвращения нарушений охраняемых зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа целесообразны. Эффект от проекта выражается в сокращении расходов на содержа-

ние обходчиков, в увеличении расходов на содержание операторов БЛА, в увеличении ЧДД.

### Анализ экологических, техногенных и социально-значимых показателей

Внедрение проекта повысит продуктивность надзорных работ, позволит своевременно выявлять неисправности даже на самых удалённых объектах, следить за полочками и утечками. БЛА собирают информацию и передают ее для анализа оператору в кратчайшие сроки, что позволяет принимать оперативные решения по устранению проблем.

Внедрение БЛА позволит оперативно реагировать и устранять утечки газа на трассе, т.е. уменьшит объем выбрасываемого парникового газа. Использование БЛА на электродвигателе делает проект экологически безопасным в отличие от БЛА, использующих топливо в качестве источника энергии.

Проработан вопрос подготовки обслуживающего персонала. Для эксплуатации БАК «Борей-20» создается группа по эксплуатации БЛА, на работу принимается авиационный персонал (операторы БЛА, имеющие специальную подготовку и осуществлявшие ранее деятельность по организации и выполнению полетов БЛА). Также персонал обучается эксплуатации и техническому обслуживанию БАК «Борей-20», а после получает допуск к управлению БЛА днем в визуальных и приборных метеоусловиях.

Штатная численность работников группы определяется в соответствии с нормативно-методическими документами компании и утверждается генеральным директором компании.

Операторы БЛА должны иметь практические знания об организации управления движением воздушных судов, планирования и обеспечения полетов, основные летно-технические характеристики БЛА, воздушную навигацию, авиационную метеорологию, организацию связи и использование радиосветотехнических средств обеспечения полетов, основы законодательства о труде, правила и нормы охраны труда и пожарной безопасности.

### Оценка рисков проекта

Проведена оценка возможных рисков проекта внедрения технологии БЛА для мониторинга трасс трубопроводов для оперативного выявления утечек газа и предотвращения нарушений охраняемых зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа.

Идентификация рисков проведена с использованием диаграммы Исикавы (рис. 6). Оценка рисков проведена по влиянию на следующие основные цели проекта: стоимость, сроки и точность обследования. Количественная оценка рисков проведена методом Дельфи. Реестр рисков представлен в табл. 6.

На основании полученных оценок построены матрицы рисков по каждой из целей и по сводному баллу (рис. 7–10).

	Вероятность				
Тяжесть	1	2	3	4	5
1	2	13 3 14	4	5	6
2	12 3 2	3 4	7 5	6 6	7
3	4	4 5 10 8 9	5 6 11	7	8
4	5	6	1 7 15 16	8	9
5	6	7	8	9	10

Рис. 7. Матрица рисков: оценка влияния на стоимость

	Вероятность				
Тяжесть	1	2	3	4	5
1	2 2	13 3 9 4 8	15 4 11	5	6
2	3	3 10 4 12	1 5	6	7
3	4	14 5	16 6 5 7	6 7	8
4	5	6	7	8	9
5	6	7	8	9	10

Рис. 8. Матрица рисков: оценка влияния на сроки

	Вероятность				
Тяжесть	1	2	3	4	5
1	12 2	10 8 4	1 4 7 15 16	5	6
2	3	9 4 14	5	6	7
3	2	3	5 6	6 7	8
4	5	13 6	11 7	8	9
5	6	7	8	9	10

Рис. 9. Матрица рисков: оценка влияния на точность обследования



Рис. 6. Идентификация рисков проекта с использованием диаграммы Исикавы

Таблица 6

Реестр рисков проекта

№ п/п	Название риска	Факторы риска	Последствия риска	Качественная оценка влияния риска на показатели				Общий рейтинг последствий реализации риска	Средний балл последствий реализации риска	Вероятность реализации риска	Общий уровень риска (по всем последствиям)	Значимость уровня риска	Тип риска				
				стоимость	сроки	точность обследования											
				рейтинг	рейтинг	рейтинг	рейтинг	рейтинг	рейтинг	рейтинг	рейтинг						
1	Падение БЛА	Неправильная эксплуатация БЛА, столкновение с препятствиями	Увеличение стоимости вследствие проведения ремонтных работ; дополнительные временные затраты при организации полета БЛА	4	8	2	2	1	1	1	1	11	4	3	7	Средний	Организационный
2	Некорректная интерпретация результатов обследования МГ	Недостаточная квалификация оператора, управляющего БЛА; отсутствие или поломка датчиков для обследования	Снижение точности измерений	2	2	1	1	4	8	11	5	5	4	1	5	Средний	Организационный
3	Отсутствие достаточного числа профильных специалистов для обслуживания ПБЛА	Отсутствие сформированных и утвержденных профессиональных стандартов и выстроенной системы подготовки кадров	Снижение точности измерений и увеличение стоимости вследствие привлечения специалистов	2	2	2	2	3	4	8	6	6	4	2	6	Средний	Организационный
4	Риск перехвата управления БЛА	Противоправные действия третьих лиц	Увеличение сроков вследствие организации поиска БЛА; дополнительные затраты на ремонт или покупку нового БЛА; нарушение законодательства; кража данных БЛА	3	4	1	1	1	1	6	5	5	3	2	5	Средний	Организационный
5	Столкновение БЛА с препятствиями (здания, деревья, птицы)	Неблагоприятные метеорологические условия, нарушение маршрута следования	Увеличение стоимости вследствие проведения ремонтных работ; дополнительные временные затраты при организации полета БЛА	3	4	3	4	3	4	12	7	7	4	3	7	Средний	Природный
6	Воздействие рисков природного характера (сильный ветер, осадки)	Неблагоприятные метеорологические условия	Снижение точности измерений; падение БЛА	2	2	2	2	3	4	8	8	8	4	4	8	Высокий	Природный
7	Возникновение законодательных барьеров при выполнении полетов с использованием БЛА	Необходимость постановки и соблюдения процедуры согласования полетов с соответствующими уполномоченными органами	Увеличение сроков выполнения обследования МГ	2	2	3	4	1	1	7	6	6	3	3	6	Средний	Регуляторно-правовой

Окончание табл. 6

№ п/п	Название риска	Факторы риска	Последствия риска	Качественная оценка влияния риска на показатели						Общий рейтинг последствий реализации риска	Сводный балл последствий реализации риска	Вероятность реализации риска	Общий уровень риска (по всем последствиям)	Значимость уровня риска	Тип риска	
				стоимость		сроки		точность обследования								
				рейтинг	балл	рейтинг	балл	рейтинг	балл							
8	Умышленное нанесение ущерба (выведение из строя) БЛА третьими лицами	Противоправные действия третьих лиц	Увеличение стоимости вследствие проведения ремонтных работ	3	4	1	1	1	1	1	6	3	2	5	Средний	Регуляторно-правовой
9	Попадание БЛА на частную территорию	Нарушение маршрута следования вследствие технического сбоя	Увеличение стоимости вследствие возможного штрафа за нарушение неприкосновенности частной жизни (ст. 137 УК РФ)	3	4	1	1	2	2	7	7	3	2	5	Средний	Регуляторно-правовой
10	Несрабатывание запущка при отрицательных температурах	Снижение работоспособности и быстрая разрядка аккумуляторных батарей	Увеличение стоимости и сроков выполнения обследования МГ	3	4	2	2	1	1	7	7	3	2	5	Средний	Технический
11	Искажение результатов обследования МГ	Поломка БЛА; поломка датчиков	Снижение точности измерений и увеличение стоимости вследствие проведения ремонтных работ	3	4	1	1	4	8	13	13	4	3	7	Средний	Технический
12	Травмирование персонала ОПО или третьих лиц	Падение БЛА	Увеличение стоимости (компенсация последствий НС) и сроков выполнения обследования МГ	2	2	2	2	1	1	5	5	3	1	4	Низкий	Технический
13	Ложное срабатывание датчиков при выявлении утечек газа из МГ	Технический сбой	Снижение точности измерений и увеличение сроков выполнения обследования МГ	1	1	1	1	4	8	10	10	4	2	6	Средний	Технический
14	Потеря связи с БЛА	Возникновение сбоя, технических неполадок	Увеличение сроков выполнения обследования МГ	1	1	3	4	2	2	7	7	3	2	5	Средний	Технический
15	Рост стоимости обслуживания БЛА	Рост стоимости материально-технического обеспечения комплектующими, запасными аккумуляторами, дополнительным оборудованием и ПО	Увеличение стоимости	4	8	1	1	1	1	10	10	4	3	7	Средний	Финансово-экономический
16	Дефицит или отсутствие компонентов, необходимых для производства или эксплуатации БЛА	Санкции в отношении РФ	Увеличение стоимости; невозможность приобретения или использования БЛА	4	8	3	4	1	1	13	13	4	3	7	Средний	Финансово-экономический

Тяжесть	Вероятность				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
2	3	4	5	6	7
3	12 4	4 14 8 10 9	7 6	7	8
4	2 5	3 13	1 11 16 5 15	6 8	9
5	6	7	8	9	10

Рис. 10. Общая матрица рисков: оценка влияния на показатели

По результатам оценки в зоне высокого риска оказался только один риск — воздействие рисков природного характера (сильный ветер, осадки). Для снижения влияния этого риска рекомендуется проводить мониторинг погодной ситуации в зоне работы БЛА.

### Выводы

Таким образом, рассматриваемый проект по применению БЛА в целях оперативного выявления утечек газа и предотвращения нарушений охранных зон и минимальных расстояний от объектов транспорта газа позволит своевременно обнаруживать нарушения зон минимальных расстояний и утечек

### Литература

1. Гандурин В.А. Задача планирования полета БЛА и групп БЛА при мониторинге лесных массивов и сельскохозяйственных угодий [Текст] / В.А. Гандурин, Ф.В. Побережник, Д.Я. Иванов // Материалы всероссийской научно-технической конференции «Суперкомпьютерные технологии «СКТ-2018». — 2018. — С. 136–140.
2. Айроян З.А. Мониторинг магистральных нефтепроводов с помощью беспилотных летательных аппаратов [Текст] / З.А. Айроян, О.А. Коркишко, Г.В. Сухарев // Инженерный вестник Дона. — 2016. — № 4. — С. 1–8.
3. Гринпис России [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.greenpeace.org/russia/ru>
4. Чистяков Д.А. Экологический мониторинг разливов нефти и нефтепродуктов с использованием летательных аппаратов [Текст] / Д.А. Чистяков, О.А. Нечаева // Новая наука: проблемы и перспективы. — 2016. — С. 18–22.
5. Чашина Е.В. Обзор исследования беспилотных летательных аппаратов для экологического мониторинга [Текст] / Е.В. Чашина // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов

природного газа на объектах компаний нефтегазового комплекса, вследствие чего:

- 1) повысится безопасность транспортировки газа;
- 2) снизятся объемы выбросов метана в атмосферу;
- 3) повысится энергоэффективность систем газоснабжения;
- 4) повысится экономическая эффективность работы компании.

Оптимальное сочетание современных средств зондирования, которыми снабжен БЛА, с возможностью последующей обработки и передачи данных позволят полноценно осуществлять контрольно-надзорные функции в границах охранных зон объектов газотранспортной сети, а также функции производственного мониторинга в части выявления утечек углеводородов, что в конечном итоге позволит развернуть систему информационного обеспечения компаний нефтегазовой отрасли, обеспечивающую высококачественный, своевременный и бесперебойный сбор данных, критически важных для безопасной эксплуатации объектов газотранспортных сетей.

Основными эффектами от реализации проекта являются:

- предупреждение серьёзных аварий техногенного или экологического характера путем преждевременного обнаружения утечек природного газа;
- сокращение расходов и времени в сравнении с наземными методами контроля;
- снижение влияния человеческого фактора на результаты мониторинга автоматизированными системами БЛА.

Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов. — 2018. — С. 197–200.

6. Жужгов Ю.В. Краткая характеристика БПЛА, применяемых для проведения воздушного мониторинга объектов нефтегазового комплекса [Текст] / Ю.В. Жужгов, Е.В. Калач // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2018. — С. 1025–1028.
7. Шарафутдинов А.А. Применение беспилотных летательных аппаратов для дистанционного мониторинга окружающей среды [Текст] / А.А. Шарафутдинов, С.А. Имамудинов, А.Н. Мухаметьянова [и др.] // Нефтегазовое дело. — 2018. — № 2. — С. 99–116.
8. Аникаева А.Д. Оценка потенциала применения беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли [Текст] / А.Д. Аникаева, Д.А. Мартюшев // Недропользование. — 2020. — № 4. — С. 344–355.
9. Шихмагомедова С.М. Использование беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли [Текст] / С.М. Шихмагомедова // МНИЖ. — 2017. — № 6-2. — С. 48–50.
10. Коптев С.В. О возможностях применения беспилотных летательных аппаратов в лесохозяйственной практике

[Текст] / С.В. Коптев, О.В. Скуднева // Известия вузов. Лесной журнал. — 2018. — № 1. — С. 1–9.

## References

1. Gandurin V.A., Poberezhnik F.V., Ivanov D.Ya. The task of planning the flight of UAVs and UAVs // *Materialy vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «SKT-2018»*. 2018. Pp. 136–140. (in Russian)
2. Airoyan Z.A., Korkishko O.A., Sukharev G.V. Monitoring of oil trunk pipelines using unmanned aerial vehicles // *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2016. No. 4. Pp. 1–8. (in Russian)
3. Greenpeace Russia. URL: <http://www.greenpeace.org/russia/ru>
4. Chistyakov D.A., Nechaeva O.A. Environmental monitoring of oil and oil product spills using aircraft // *Novaya nauka: problem i perspektivy*. 2016. Pp. 18–22. (in Russian)
5. Chashchina E.V. Review of the study of unmanned aerial vehicles for environmental monitoring // *Ekologicheskaya bezopasnost v tekhnosfernom prostranstve sbornik materialov Tretei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii prepodavatelei molodykh uchenykh i studentov*. 2018. Pp. 197–200. (in Russian)
6. Zhuzhgov Yu.V., Kalach E.V. Brief description of UAVs used for aerial monitoring of oil and gas facilities // *Pozharnaya bezopasnost problemy i perspektivy*. 2018. Pp. 1025–1028. (in Russian)
7. Sharafutdinov A.A., Imamutdinov S.A., Mukhametyanova A.N., Tabuldina A.T., Mannanov T.A. The use of unmanned aerial vehicles for remote monitoring of the environment // *Neftegazovoe delo*. 2018. No. 2. Pp. 99–116. (in Russian)
8. Anikaeva A.D., Martyushev D.A. assessment of the potential of the use of unmanned aerial vehicles in the oil and gas industry // *Nedropolzovanie*. 2020. No. 4. Pp. 344–355. (in Russian)
9. Shikhmagomedova S.M. The use of unmanned aerial vehicles in the oil and gas industry // *MNIZH*. 2017. No. 6-2. Pp. 48–50.
10. Koptev S.V., Skudneva O.V. On the possibilities of using unmanned aerial vehicles in forestry practice // *Izvestiya VUZov. Lesnoi zhurnal*. 2018. No. 1. Pp. 1–9. (in Russian)