

УДК 338.45

*Р.Х. Азиева*

ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова», г. Грозный, email: raisaazieva@list.ru

## **ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ КАК НОВЫЙ ТРЕНД РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**Ключевые слова:** цифровые технологии, беспилотные летательные аппараты, нефтегазовая отрасль, нефтепереработка, беспилотные системы.

Нефтегазовая отрасль является важнейшим элементом структуры экономики России, главным источником налоговых и валютных поступлений государства. Цифровая трансформация нефтегазового сегмента характеризуется внедрением интеллектуальных цифровых технологий, одной из которых выступает технология беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА). Статья посвящена анализу технологии беспилотных аппаратов как нового тренда развития нефтегазовой отрасли. Определены основные возможности и перспективные направления беспилотных технологий на этапах разведки и добычи нефти; стадии нефтепереработки; транспортировки и хранения нефти и газа. Автором оцениваются преимущества использования беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли, включая прямые экономические выгоды от сокращения операционных затрат, так и выгоды, связанные с предотвращением рисков для жизни и здоровья людей, экологических, репутационных и других рисков факторов. Выявлено, что экономия временных и финансовых затрат при использовании беспилотных систем составляет 25-75% по сравнению с традиционным ручным способом проверки на этапе нефтедобычи. Представлены рекомендации по повышению скорости внедрения технологии беспилотных летательных аппаратов в бизнес-процессы предприятий нефтегазовой промышленности, включающие в себя: кооперацию между нефтяными компаниями с целью обмена данными, лоббирование внесения законодательного регулирования беспилотных летательных аппаратов, обеспечение необходимых компетенций для сотрудников. Выявлены препятствия, возникшие на пути внедрения технологии беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовый сектор. Перспективами дальнейших исследований выступает оценка экономической эффективности использования технологии беспилотных летательных аппаратов предприятиями нефтегазовой отрасли, а также выявление конкретных моделей летательных аппаратов, наиболее подходящих для нужд отрасли.

*Р.Н. Азиева*

Grozny State Petroleum Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov, Grozny, email: raisaazieva@list.ru

## **TECHNOLOGY OF UNMANNED VEHICLES AS A NEW TREND IN THE DEVELOPMENT OF THE OIL AND GAS INDUSTRY**

**Keywords:** digital technologies, unmanned aerial vehicles, oil and gas industry, oil refining, unmanned systems.

The oil and gas industry is the most important element in the structure of the Russian economy, the main source of tax and foreign exchange revenues for the state. The digital transformation of the oil and gas segment is characterized by the introduction of intelligent digital technologies, one of which is the technology of unmanned aerial vehicles (hereinafter referred to as UAVs). The article is devoted to the analysis of the technology of unmanned vehicles as a new trend in the development of the oil and gas industry. The main possibilities and promising directions of unmanned technologies at the stages of oil exploration and production are determined; stages of oil refining; transportation and storage of oil and gas. The author evaluates the benefits of using unmanned aerial vehicles in the oil and gas industry, including direct economic benefits from reducing operating costs, as well as benefits associated with the prevention of risks to human life and health, environmental, rehearsal and other risk factors. It was revealed that the saving of time and financial costs when using unmanned systems is 25-75% compared to the traditional manual method of checking at the stage of oil production. Recommendations are presented to increase the speed of introducing unmanned aerial vehicles technology into the business processes of oil and gas enterprises, including: cooperation between oil companies for the purpose of exchanging data, lobbying for the introduction of legislative regulation of unmanned aerial vehicles, ensuring the necessary competencies for employees. The obstacles that have arisen on the way of introducing the technology of unmanned aerial vehicles in the oil and gas sector are identified. Prospects for further research are the assessment of the economic efficiency of the use of unmanned aerial vehicle technologies by oil and gas enterprises, as well as the identification of specific models of aircraft that are most suitable for the needs of the industry.

Мировой спрос на нефть и газ, а также продукты нефтепереработки продолжает увеличиваться, однако по мере увеличения объемов добычи многие месторождения истощаются, что требует освоения новых территорий, находящихся в экстремальных и труднодоступных местах, таких как глубоководные, сверхглубокие воды, жаркие пустыни, Арктический сектор. При этом цены на сырую нефть в течение длительного периода времени остаются достаточно низкими, что требует от нефтяных компаний принятия управленческих решений, направленных на сокращение затрат. В целом, активное применение цифровых технологий в отрасли служит цели сокращения издержек и повышения производительности труда.

Таким образом, в настоящее время на предприятиях нефтегазового сектора возникает необходимость применения цифровых инноваций для минимизации рисков и повышения операционных показателей субъектов хозяйствования. Одним из сегментов цифровых технологий, используемых в нефтегазовой отрасли, выступают беспилотные летательные аппараты. Беспилотные летательные системы представляют собой развивающуюся технологию с огромным потенциалом для развития нефтегазовой отрасли, предоставляя более эффективный, быстрый, безопасный и экономичный способ выполнения различных полевых работ. Использование программного обеспечения и искусственного интеллекта для обработки данных сокращает количество ошибочных интерпретаций, что также является безусловно позитивным фактором.

Актуальность исследования во многом обусловлена не только наличием потенциала данной технологии для развития отрасли, но и тем обстоятельством, что новые месторождения нефти находятся на территориях со сложными климатическими условиями. Деятельность по разведке, разработке и добыче нефтяных и газовых месторождений становится все более сопряженной со значительными рисками для здоровья и безопасности, что требует детального анализа применения беспилотных летательных аппаратов в сфере нефтедобычи с целью сокращения рисков факторов для человека в процессе геологоразведки.

## Обзор литературы

Существует значительный массив источниковой базы, где обсуждается внедрение беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовую отрасль. Так, согласно отчету консалтинговой компании PWC, потенциал использования беспилотных летательных систем чрезвычайно высок, поскольку новая технология позволяет решить задачи достижения надежности и безопасности. Ценность данных систем заключается в программном обеспечении, которое позволяет обрабатывать полевые данные и встраивать их результаты в информационные системы, обеспечивая возможность последующей обработки и интерпретации [3].

По данным Market Research Reports, беспилотные летательные аппараты являются важными компонентами беспилотной авиационной системы. Автономные летательные аппараты хорошо оснащены бортовыми компьютерами, которые дистанционно управляются с наземных контроллеров. Аэродинамические конструкции предназначены для выполнения нескольких функций с требуемой навигационной системой. Первоначально технология была внедрена для выполнения опасных военных задач без риска для человеческой жизни в нескольких военных приложениях. Военные беспилотники полностью оснащены ракетой для поражения конкретных целей, которые эксплуатируются на большой высоте. Кроме того, беспилотные летательные аппараты, управляемые военными, представляют собой модифицированные двигательные установки, использующие жидкое водородное топливо для полетов на большие расстояния [14].

Крупнейшие компании, такие как Google, Amazon, DHL, Uber, Boeing и Airbus, в последние несколько лет активно инвестируют в исследования и разработки в области технологий беспилотных летательных аппаратов благодаря выгодным возможностям на рынке по всему миру. Однако применение данной цифровой техники быстрыми темпами распространилось во многих областях применения, в том числе в нефтегазовой промышленности.

Исследователь Е.С. Лоскутова в своей статье исследует вопросы применения беспилотных технологий на пред-

приятнях нефтегазовой отрасли. Автор указывает на то обстоятельство, что данные технологии находятся на стадии испытаний, внедрение беспилотных летательных аппаратов широко не распространено, поскольку все еще существует необходимость оценки их экономической эффективности в части сокращения операционных затрат. Автор показывает, что применение беспилотных технологий позволяет снизить риски для здоровья человека и экологические риски. Также применение БЛА позволяет точно и быстро составлять топографические карты местности, строить трехмерные модели, проводить предварительную разведку и т.д. Таким образом, Е.С. Лоскутова приходит к выводу, что на этапе геологоразведки применение беспилотных летательных технологий позволяет сократить временные затраты, а также упростить множество трудоемких процедур за счет автоматизированной обработки данных [6].

Вместе с тем такие авторы, как А.Д. Аникаева, Д.А. Мартюшев исследуют возможности использования беспилотных летательных аппаратов (называя их дронами) в области контроля объектов строительства, проведения мониторинга и технического обслуживания сложных объектов инфраструктуры. Исследователи показывают, что применение беспилотных аппаратов в 5–10 раз сокращают экономические риски предприятий нефтегазовой отрасли, связанные по большей части с незаконными врезками в трубопроводы и предотвращением разливов нефти [2].

Так, например, С.М. Шихмагомедова анализирует перспективные направления применения беспилотных летательных систем для нужд нефтяной отрасли. Автор показывает, что применение данных систем позволяет производить контроль целостности трубопроводов, проводить разведочные работы, проводить экологический мониторинг, контроль за несанкционированными действиями, контроль за проведением работ. В качестве тренда автор указывает, что в будущем беспилотные летательные аппараты будут применяться не только для визуального контроля, но и для оперативного реагирования, включая доставку грузов, устранения неполадок и т.д. [8].

Зарубежные исследователи, такие как T.R. Wanasinghe и др. характеризуют БЛА как развивающуюся технологию с огромным потенциалом для нефтегазовой отрасли, предоставляющую собой более эффективный, быстрый, безопасный и экономичный способ выполнения различных полевых работ [16].

S. Asadzadeh и др. в своем исследовании говорят о том, что технология беспилотных летательных аппаратов обладает огромным потенциалом для процедур картографирования, мониторинга, инспекции и наблюдения в нефтяной промышленности, предоставляя безопасный и экономичный способ массового сбора данных. Технология может применяться для процедур картографирования, мониторинга, инспекции и наблюдения в нефтяной промышленности. В исследовании авторов приводятся ряд областей применения технологии беспилотных летательных аппаратов, к которым относятся: обнаружение разливов нефти на шельфе, обнаружение утечек нефти, мониторинг трубопроводов, измерение выбросов газов, дистанционную инспекцию объектов, разведку нефти (т.е. топографическую съемку, геологическое картирование и разведку нефти) и мониторинг окружающей среды [10].

Проведенный анализ научных источников показал, что внедрение технологии беспилотных летательных аппаратов выступает перспективным трендом для отрасли нефтяной промышленности, однако имеющиеся знания по данной проблематике требуют систематизации. В рассмотренных работах авторов отсутствует конкретизация в области применения беспилотных летательных аппаратов с учетом разделения на этапы геологоразведки и добычи, переработки нефтепродуктов, а также в процессе хранения и транспортировки.

### Результаты и обсуждение

Применение беспилотных технологий возможно на этапах геологоразведки и добычи, переработки нефтепродуктов, а также в процессе хранения и транспортировки. Потенциальные выгоды от использования беспилотных летательных аппаратов представлены на рис. 1.

Геологоразведка и добыча	Нефтепереработка	Транспортировка и хранение
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Снижение стоимости разведки;</li> <li>• Сокращение сроков проведения работ;</li> <li>• Повышение точности данных;</li> <li>• Управление целостностью активов;</li> <li>• Обеспечение безопасности труда, жизни и здоровья.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контроль качества и количества запасов;</li> <li>• Контроль качества работ и сбор информации о ходе переработки;</li> <li>• Контроль утечек и состояния производственных мощностей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контроль состояния инфраструктуры;</li> <li>• Предотвращение возникновения аварийных ситуаций;</li> <li>• Предотвращение вандализма и разрушения объектов в результате вмешательства человека.</li> </ul>

*Рис. 1. Перспективные направления использования беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли*

Источник: составлено автором на основе [3; 8]

Рассмотрим подробнее основные возможности и перспективные направления беспилотных технологий на всех этапах работы промышленных предприятий нефтегазовой отрасли.

### **1. Применение беспилотных систем на этапе разведки и добычи нефти**

На стадии разведки углеводородов проводятся аэрофизические и топографические съемки с воздуха для определения целей разведочного бурения и планирования последующей деятельности по разведке, строительству и добыче. Как правило, такие аэрофотосъемки проводятся с использованием пилотируемых самолетов, вертолетов или спутниковых систем. Наиболее часто проводимые аэрофотосъемки включают радиометрические, магнитные и гравитационные съемки. Кроме того, на самолетах и вертолетах с неподвижным крылом могут быть установлены датчики обнаружения света и дальности для отображения топографии исследуемой области. Это называется воздушным лазерным картографированием местности [13].

Критические ограничения аэрофотосъемок включают высокую стоимость и низкое разрешение данных. Указанные ограничения могут быть устранены посредством использования беспилотных летательных аппаратов для проведения этих первоначальных мероприятий по воздушной съемке и разведке, где

беспилотные летательные аппараты могут получать геофизические измерения с высоким разрешением [13].

Геофизические исследования на основе беспилотных летательных систем не ограничиваются только традиционными воздушными съемками, но также распространяются на сейсмические исследования высокой плотности в наиболее труднодоступных местах на земле и в прибрежных регионах с высокой растительностью [12].

Экономические издержки, связанные с разведкой, осуществляемой традиционными способами и с применением беспилотных систем, существенно различаются. При традиционном способе проведения съемок, затраты на составление плана одного гектара территории варьируется в пределах от 75 до 100 рублей. Использование БЛА позволит снизить затраты на проведение съемки и составления картографических планов местности до показателей в 10–13 тысяч рублей в расчете на один гектар [2]. Помимо экономии затрат, применение беспилотных систем (дронов) позволяет повысить качество выполняемых работ.

На этапе добычи нефти актуальной задачей при использовании дронов является контроль целостности основных производственных активов, таких как нефтяные вышки, балластные цистерны и т.д., разрушение которых может привести к катастрофическим, с точки зрения экологических рисков, последствиям. Однако в силу того, что нефте-

добыча постепенно перемещается в районы с экстремальными климатическими и погодными условиями, использование беспилотных систем может служить целям минимизации рисков, связанных с охраной труда.

Управление целостностью активов в нефтегазовой отрасли обычно включает проведение проверок на высоте, в системах под напряжением или в замкнутых пространствах. Обычные инструменты, используемые для доступа в эти труднодоступные районы, включают веревку, строительные леса или, в некоторых случаях, полноразмерный вертолет [16].

Проверка целостности и надежности активов на базе беспилотных летательных аппаратов проводится командой из двух человек, состоящей из лицензированного пилота и инженера-инспектора. Пилот полностью сосредотачивается на управлении беспилотным летательным аппаратом, в то время как инженер-инспектор независимо управляет

полезной нагрузкой камеры и датчика для получения изображений, видео, облаков точек и других измерений [16].

В табл. 1 представлены усредненные затраты, необходимые для проверки целостности активов на этапе нефтедобычи для традиционного ручного способа проверки и проверки с использованием беспилотных технологий.

Из представленных данных видно, что примерно от 25% до 75% экономии затрат и времени может быть достигнуто с помощью беспилотных систем вместо традиционных подходов к проверке. Кроме того, использование беспилотных систем упрощает процедуру проверки, особенно на тех участках, где невозможно использовать пилотируемые воздушные суда, а требуется либо участия человека, либо использования БЛА. Таким образом, помимо экономической эффективности, устраняются и риски, связанные с охраной труда, жизни и здоровья человека.

**Таблица 1**

Экономическая эффективность применения беспилотных систем

Инспектируемые объекты	Ручной способ		Применение беспилотных систем		Экономия временных и финансовых затрат
	Время, часов.	Стоимость, долл. США	Время, часов.	Стоимость, долл. США	
Балластные цистерны	12	4800	9	3600	25%
Пустое пространство	6	2400	3	1200	50%
Ноги нефтяной вышки	24	9600	18	7200	25%
Вертолетная площадка	3	1200	1	400	67%
Стрела крана	1	400	0,5	200	50%
Дно корпуса	16	6400	4	1600	75%

Источник: составлено автором на основе [16]

## 2. Применение беспилотных систем на стадии нефтепереработки

Одним из перспективных направлений в использовании беспилотных летательных аппаратов на стадии нефтепереработки является выявление утечек газа, в частности, метана. Государственные нормы выбросов оказывают давление на отрасль, требуя, как можно раньше

выявлять выбросы и их источники, сводя к минимуму негативное воздействие на окружающую среду.

Для выполнения этих проверок используются беспилотные летательные аппараты, оснащенные визуальной камерой, оптическим датчиком изображения газов и лазером для обнаружения метана. Камера показывает, где

находится утечка, если таковая обнаружена, лазер определяет тип утечки газа и его концентрацию. Традиционные способы проверок подразумевают перемещения человека по колодцам с датчиками для обнаружения утечек, что является трудоемкой и опасной задачей [9].

Также применение дронов перспективно для подтверждения правильности выполняемых работ на площадках, поскольку контроль может производиться практически непрерывно. Летательные аппараты в режиме реального времени собирают и передают информацию о состоянии объектов производственной инфраструктуры, производят планирование необходимых ремонтных работ. Оснащенные оптическими и тепловизионными системами, летательные аппараты могут выявлять практически все дефекты на стадии до возникновения ситуации отказа оборудования. Пробные испытания показывают, что в сфере нефтепереработки применение беспилотных летательных систем приводит к повышению эффективности работы систем на 45%. Данная эффективность достигается за счет сокращения потерь, вызванных отказами оборудования [3].

### **3. Применение беспилотных систем на стадии транспортировки и хранения нефти и газа**

Сеть трубопроводов является основной инфраструктурой среднего этапа жизненного цикла нефти и газа. Транспортные средства и тяжелое землеройное оборудование, в частности, представляют угрозу для сети трубопроводов нефтегазовой отрасли. Деятельность человека в непосредственной близости от трубопроводов также может привести к повреждениям, катастрофическим отказам. Кроме того, существует вероятность вандализма и саботажа.

Если в трубопроводной сети произойдет сбой оборудования, это может привести к целому ряду проблем, к наиболее серьезным из которых можно отнести следующие:

- смертельные случаи среди населения, спровоцированные выбросами опасных веществ;
- экологический ущерб;

- убытки и увеличение операционных затрат, необходимых для устранения негативных последствий;

- ущерб общественному имиджу компании и угроза безопасности использования нефти и газа как источника энергии.

С целью сохранения целостности инфраструктуры, необходимо периодически проводить оценку физического состояния и функциональности трубопроводной сети. Общие подходы к оценке целостности трубопровода включают визуальный осмотр и измерения баланса массы. Традиционно проверки объектов инфраструктуры выполняются группами пешего патрулирования или группами воздушного наблюдения с использованием пилотируемого легкого самолета или пилотируемого вертолета. Оба подхода являются дорогостоящими по сравнению с подходом, основанным на использовании беспилотных аппаратов [11].

Беспилотные летательные аппараты оснащены оптическими камерами, необходимыми для получения снимков и видеозаписей трубопровода и его окрестностей с высоким разрешением. Эксперты могут просмотреть эти кадры и видеозаписи, чтобы выявить утечки в трубопроводах, определить факты опасной активности вокруг трубопровода, своевременно устранить или предотвратить отказы системы.

В последнее десятилетие эксплуатация беспилотных летательных аппаратов требует, чтобы аппарат оставался на объектах в пределах зоны видимости и дистанции управления. Однако с развитием искусственного интеллекта летательный аппарат теперь может находиться за пределами прямой видимости оператора и собирать гораздо больше данных. При этом собранные и передаваемые данные могут быть уже проанализированы, что позволяет более эффективно предотвращать случаи отказов оборудования, разрушения объектов или утечек опасных веществ на всех стадиях производственного цикла предприятий нефтегазовой отрасли.

Современные беспилотные летательные аппараты по мере совершенствования искусственного интеллекта

могут самостоятельно принимать решения о дальнейших действиях. Кроме того, интеграция с искусственным разумом обеспечивает возможность сопоставлять текущие данные с данными, собранными в прошлом, что позволяет предпринять действия, необходимые до возникновения прямого ущерба как экологии, так и финансовому состоянию компаний. Таким образом, можно заключить, что по мере развития искусственного интеллекта будет расти и популярность использования дронов для нужд нефтегазовой промышленности.

Прогнозы развития технологии беспилотных летательных аппаратов, сдерживающие факторы и рекомендации

Согласно оценкам Fortune Business Insights, размер рынка беспилотных летательных аппаратов в 2019 году составил 10,72 млрд долларов США, а к 2027 году ожидается рост до 25,13 млрд долларов со среднегодовым темпом прироста в 12,23%. При этом, около 43% рынка приходится в настоящее время именно на нефтегазовый сектор мировой экономики [14].

Объем мирового рынка беспилотных летательных аппаратов, по прогнозам компании Bloomberg, достигнет 133,5 миллиарда долларов к 2026 году по сравнению с 25,9 миллиардами долларов США в 2019 году при среднем показателе 26,4% в течение 2021-2026 гг. [15].

Ожидается, что растущее внедрение беспилотных летательных аппаратов в различных отраслях промышленности, таких как горнодобывающая, нефтегазовая, телекоммуникационная и розничная торговля, среди прочего, будет способствовать росту объема рынка беспилотных летательных аппаратов.

С одной стороны мы можем наблюдать достаточно быстрый рост рынка, однако, с другой стороны, некоторые авторы [1; 5; 7] указывают на то, что развитие идет медленнее, чем ожидается при доказанной высокой эффективности технологии.

Для определения причинно-следственной связи, обуславливающей низкую активность в применении беспилотных систем, используется метод пяти причин или метод пяти почему. Результаты анализа представлены в таблице 2.

**Таблица 2**

Анализ первопричин с использованием метода пяти причин

Проблема	Причина
Почему инспекции с применением беспилотных летательных аппаратов все еще недостаточно используются в нефтегазовой отрасли?	Внедрение происходит медленно ввиду сложности внедрения новшества и необходимого времени.
Почему внедрение происходит так медленно и сопровождается сложностями?	Компании неохотно внедряют новые технологии из-за связанных с ними рисков и высокой стоимости технологий.
Почему внедрение беспилотных летательных аппаратов так рискованно и дорого?	Риски и высокая стоимость возникают из-за множества нормативных барьеров, с которыми сталкиваются компании при использовании новшеств.
Почему беспилотные летательные аппараты сталкиваются с таким количеством нормативных барьеров?	Беспилотные летательные аппараты – это инновация, которая никогда ранее не регулировалась в силу наличия законодательства, связанного с защитой персональных и секретных данных на определенных промышленных объектах.
Почему возникают трудности связанные с необходимостью защиты данных?	Беспилотные летательные аппараты используют камеры на промышленных объектах, собирают личные и конфиденциальные данные.

Источник: составлено автором

Таким образом, произведенный анализ показывает, что одной из причин, объясняющих низкую скорость внедрения технологии БЛА, являются многочисленные регулятивные барьеры, с которыми они сталкиваются. Второй по величине проблемой, возникающей в связи с этой технологией, является защита данных, которая до сих пор особенно четко не определена и не регулируется в контрактах.

Проблемы законодательного регулирования использования дронов на территории Российской Федерации требуют особого внимания, поскольку наличие законодательного вакуума является серьезным препятствием на пути использования БЛА, что и было выявлено в процессе анализа. Поскольку беспилотный летательный аппарат представляет собой «воздушное судно», на него распространяются правила, установленные Воздушным Кодексом Российской Федерации. В законодательных актах не содержится понятия «квадрокоптер» или «дрон», отсюда следует, что к данным устройствам применяются те же правила, что и для воздушных судов. Необходимость регистрации беспилотных систем, требования соблюдения правил относительно охраны частной жизни и интересов окружающих [4], затрудняют применение беспилотных технологий для нужд отрасли.

Таким образом, можно выделить следующие факторы, препятствующие более активному применению беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли:

- наличие пробелов правового регулирования полетов беспилотных летательных аппаратов на территории Российской Федерации;

- отсутствие профессиональных компетенций значительной доли сотрудников, занятых в нефтегазовой отрасли, в области управления интеллектуальной системой беспилотных летательных аппаратов и последующей интерпретацией результатов комплексных беспилотных аэрогеофизических съемок;

- программное обеспечение беспилотных летательных аппаратов находится в стадии активной разработки, что обуславливает наличие проблемных вопросов реализации искусственного ин-

теллекта в комплексах с беспилотными летательными аппаратами.

На основе выявленных проблем, возникших на пути внедрения технологии беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовый сектор, были предложены авторские рекомендации по повышению скорости внедрения технологии беспилотных летательных аппаратов в бизнес-процессы предприятий нефтегазовой промышленности.

Во-первых, целесообразна кооперация между крупнейшими компаниями в областях добычи, переработки и транспортировки углеводородов с целью обмена данными и повышения качества работы программного обеспечения.

Во-вторых, целесообразно лоббировать внесение изменений в законодательные акты с целью смягчения правового регулирования использования беспилотных летательных аппаратов.

В-третьих, необходимо формировать у работающего персонала необходимые компетенции в области использования дронов и интерпретации передаваемых ими результатов.

Данные рекомендации носят достаточно обобщенный характер, но их применение позволит увеличить скорость проникновения технологии в бизнес-процессы нефтяных компаний и позволит получить наиболее высокий полезный результат.

## Выводы

Подводя итоги проведенного исследования, можно отметить, что за последние несколько лет беспилотные летательные аппараты стали перспективными инструментами на предприятиях нефтяной отрасли во всем мире. Внедрение технологии беспилотных летательных аппаратов приводит к повышению производственной эффективности деятельности, снижению рисков и значительной экономии средств предприятий нефтегазового сектора. По мере того, как технологии искусственного интеллекта будут совершенствоваться, применение беспилотных летательных аппаратов приобретет большую популярность и будет способствовать стимулированию развития нефтяной промышленности.

Однако, несмотря на позитивные ожидания, существует и ряд проблем,



определяющих направление будущего развития технологии БЛА в отрасли. Обработка данных и особенности регулирования являются одними из важнейших аспектов развития нефтяной отрасли. Необходимо на законодательном уровне разрешить вопросы правового регулирования использования беспилотных автоматических систем. Также нефтяным компаниям целесообразно кооперироваться для обмена данными и повышения точности интерпретации данных искусственным интеллектом.

Нефтяные компании могут использовать беспилотные летательные аппараты для различных направлений, начиная от проверок факельных труб и крыш резервуаров, до управления капитальными проектами, реагирования на чрезвычайные ситуации, обнаружения утечек, восстановления окружающей среды и обеспечения безопасности трубопроводов.

Интеграция искусственного интеллекта с беспилотными летательными аппаратами, наряду с разработкой тепловизионных изображений и детектирования, станут ключевыми факторами развития и внедрения беспилотных

летательных систем операторами нефтегазовой отрасли.

Ожидается, что дальнейшее развитие беспилотных летательных аппаратов принесет огромные выгоды, такие как снижение затрат на разработку и эксплуатацию, повышение безопасности сотрудников, увеличение дальности действия (надежности) и точности, повышение автономности, а также повышение гибкости в сложных условиях.

Перспективами дальнейших исследований является оценка экономической эффективности использования технологий беспилотных летательных аппаратов предприятиями нефтегазовой отрасли, а также выявление конкретных моделей летательных аппаратов, наиболее подходящих для нужд отрасли.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта «Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли с использованием интеллектуальных технологий: необходимость и возможности» №20-010-00583*

#### *Библиографический список*

1. Азиева Р.Х., Таймасханов Х.Э. Необходимость и возможности использования цифровых технологий в нефтегазовой отрасли в условиях цифровой трансформации экономики // Известия СПбГЭУ. 2020. № 5 (125). С. 178-185.
2. Аникаева А.Д., Мартюшев Д.А. Оценка потенциала применения беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли // Недропользование. 2020. № 4 (20). С. 344-355.
3. Беспилотные технологии. Применение дронов в нефтегазовой отрасли // PWC. Электронный ресурс. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pwc.ru/ru/oil-and-gas/assets/og-journal.pdf> (Дата обращения 12.02.2022).
4. Грищенко Г.А. Правовое регулирование беспилотных летательных аппаратов: российский подход и мировая практика // Вестник университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). 2019. № 12. С. 129-136.
5. Линник Ю.Н., Кирюхин М.А. Цифровые технологии в нефтегазовом комплексе // Вестник ГУУ. 2019. № 7. С. 37-40.
6. Лоскутова Е.С. Внедрение инновационных беспилотных технологий при реализации стратегических изменений на предприятиях нефтегазовой отрасли // Контентус. 2019. № S11. С. 45-51.
7. Развитие рынка беспилотных летательных аппаратов // Ernst & Young [Электронный ресурс]. URL: [https://www.ey.com/ru\\_ru/news/2020/05/ey-uav-survey-18052020](https://www.ey.com/ru_ru/news/2020/05/ey-uav-survey-18052020) (Дата обращения 14.02.2022).
8. Шихмагомедова С.М. Использование беспилотных летательных аппаратов в нефтегазовой отрасли // МНИЖ. 2017. № 6-2 (60). С. 48-50.
9. A New Stage in Oil and Gas. Inside engineering, policy and practice [Электронный ресурс]. URL: <https://insideunmannedsystems.com/a-new-stage-in-oil-and-gas/> (Дата обращения 14.02.2022).

10. Asadzadeh S. et al. UAV-based remote sensing for the petroleum industry and environmental monitoring: State-of-the-art and perspectives. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 2022. № 208 (D). DOI: 10.1016/j.petrol.2021.109633.
11. El-Darymli K., Khan F., Ahmed M. H. Reliability modeling of wireless sensor network for oil and gas pipelines monitoring. *Sensors Transducers*. 2009. № 7 (106). P. 6–15.
12. Masoni I., Pagliccia B., Thalmann G. The use of drones for innovative seismic acquisition: A change of paradigm for HSE. *Proc. Int. Petroleum Technol. Conf.* 2019. P. 1–6. DOI: 10.2523/IPTC-19258-MS.
13. Rassenfoss S. The vision of onshore seismic may look strange at first. *J. Petroleum Technol.* 2017. № 9 (69). P. 30–32. DOI: 10.2118/0917-0030-JPT.
14. The global unmanned aerial vehicle market size. *Fortune Business Insights*. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/unmanned-aerial-vehicle-uav-market-101603> (Дата обращения 16.01.2022).
15. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market Size is Projected to Reach USD 133.5 Million by 2026 – Valuates Reports. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bloomberg.com/press-releases/2020-07-20/unmanned-aerial-vehicle-uav-market-size-is-projected-to-reach-usd-133-5-million-by-2026-valuates-reports> (Дата обращения 13.02.2022).
16. Wanasinghe T.R. et al. Unmanned Aerial Systems for the Oil and Gas Industry: Overview, Applications, and Challenges. *IEEE ACCESS*. 2020. № 8. P. 166980–166997. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3020593.