УДК 629.039.58 https://doi.org/10.70769/2181-2284.ME.2(23).2026.21

ВЛИЯНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ

В.И. Хлебко, О.М. Лепешкин

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.
vik.hlebko@yandex.ru, lepechkin1@yandex.ru

Аннотация. *В статье рассмотрена новая угроза безопасности нефтеперерабатывающих объектов – беспилотные летательные аппараты. Беспилотные летательные аппараты используются в различных областях. Основная угроза беспилотные летательных аппаратов нанесения ударов по объектам. В последние годы фиксируются большое количество попыток нападения беспилотных летательных аппаратов на объекты нефтегазоперерабатывающего комплекса. В статье представлены данные по выбросам загрязняющих веществ, приведен перечень загрязняющих веществ и интенсивность выбросов. Описано негативное влияние загрязняющих веществ на окружающую среду и работников предприятий. Сделан вывод о необходимости внесения изменения в методические рекомендации по обеспечению безопасности нефтеперерабатывающих комплексов в связи с возникновением новой угрозы.*

Ключевые слова: *беспилотный летательный аппарат, нефтеперерабатывающий завод, нефтегазоперерабатывающий комплекс, экологическая безопасность, безопасность трудовой деятельности, загрязняющие вещества.*

UDC 629.039.58

THE IMPACT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES ON THE SAFETY OF OIL AND GAS PROCESSING COMPLEXES

V.I. Khlebko, O.M. Lepeshkin

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, house 29, Polytechnicheskaya str., 195251, Saint Petersburg, Russia
vik.hlebko@yandex.ru, lepechkin1@yandex.ru

Abstract. *The article discusses a new threat to the security of oil refineries: unmanned aerial vehicles. Unmanned aerial vehicles are used in various fields. The main threat posed by unmanned aerial vehicles is their ability to strike targets. In recent years, there have been numerous attempts by unmanned aerial vehicles to attack oil and gas refineries. The article provides data on the emissions of pollutants, including a list of pollutants and their emission rates. It also describes the negative impact of pollutants on the environment and the workers at the refineries. It was concluded that it is necessary to amend the guidelines for ensuring the safety of oil refineries due to the emergence of a new threat.*

Key words: *unmanned aerial vehicle, oil refinery, oil and gas processing complex, environmental safety, occupational safety, pollutants.*

Введение

В последние годы беспилотные летательные аппараты используются в различных сферах деятельности человека: геология, картография, сельское хозяйство, экологический мониторинг, доставка, съемка репортажей.

Преимущество БПЛА в данных случаях заключается в том, что человек может управлять летательным аппаратом на расстоянии, и компактный размер БПЛА позволяет получить данные из труднодоступных мест.

Наряду с этим беспилотные летательные аппараты нашли свое применение и в военном деле. При ведении боевых действий широко применяются БПЛА как для разведки, так и для сброса взрывчатых веществ на объекты критической инфраструктуры [1, 3].

Методы и материалы

В открытых российских источниках практически не появляется детальной информации об ущербе, нанесенном нефтеперерабатывающим предприятиям атаками беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). По подсчетам Би-би-си (сайт заблокирован в России), с начала года ВСУ не менее 64 раз атаковали НПЗ и нефтяную инфраструктуру на территории России. «В последние месяцы беспилотники все чаще попадают по нефтяным объектам в южных регионах страны.

Эффективно защищать периметр объектов, расположенных на большой территории, крайне трудно в силу объективных причин. «В нашей стране примерно 500 нефтебаз, — поясняет эксперт. Они делятся на несколько категорий: малые с объемом хранения до 10 000 куб. м нефтепродуктов, средние от 10 000 до 50 000 куб. м и большие — свыше 50 000 куб. м. Общее количество больших нефтебаз в стране — чуть менее 20. Такой стратегический объект со всей сопутствующей инфраструктурой занимает площадь примерно 153 000 кв. м. Для сравнения, площадь стандартного футбольного поля — 7140 кв. м. Значит, крупная нефтебаза занимает территорию примерно 22 футбольных полей. Средние нефтебазы занимают площадь примерно в два раза меньше, но таких объектов в стране сотни [2].

В статье для оценки последствий атак беспилотных летательных аппаратов на объекты нефтегазопереработки был применён сравнительный анализ. Этот метод позволил идентифицировать новые угрозы, их последствия и выявить недостатки в существующих методических рекомендациях, разработанные для обеспечения безопасности на объектах нефтегазоперерабатывающего комплекса. Проанализировано влияние последствий атак БПЛА на окружающую среду и работников НПЗ.

Всего с начала этого года российские НПЗ и нефтебазы подвергались атакам БПЛА не менее 60 раз, согласно данным департамента стратегических исследований Total Research [3]. Общие возможные последствия можно разделить на несколько уровней:

1. Физическое разрушение инфраструктуры и пожары. Попадание дрона-камикадзе или сброс взрывчатки может повредить трансформаторы, резервуары с топливом, газовые компрессоры, распределительные подстанции, трубопроводы. Это может вызвать взрыв, пожар, разрушение оборудования и временное прекращение работы объекта.

2. Остановка критических процессов. На объектах действуют непрерывные технологические процессы. Даже кратковременное их нарушение способно вывести из строя энергосистему региона, остановить подачу газа, воды или топлива. Также нарушается работа системы отопления и освещения населённых пунктов.

3. Экологические последствия. Повреждение нефтебаз, газохранилищ или химических цехов может привести к разливам нефти и химикатов, загрязнению почвы, воздуха и воды. Длительное воздействие агрессивной среды пагубно влияет на здоровье людей и экосистемы.

4. Угроза жизни и здоровью людей. В зоне действия объекта могут находиться сотрудники, подрядчики, охрана. Зачастую атака дрона приводит к гибели или ранению персонала, особенно при внезапном ударе.

5. Массовые отключения и дестабилизация. Один точечный удар по узлу электроснабжения способен вызвать цепную реакцию. Помимо аварийного отключения электросетей нарушается работа транспортной инфраструктуры и связи. В комплексе это приводит к дестабилизации экономической и социальной обстановки.

6. Психологический и репутационный эффект. Атака на объекты ТЭК — удар по экономике и безопасности населения. Она вызывает комплекс негативных последствий: панику, снижает доверие к властям и дестабилизирует обстановку в регионе или стране.

Нарушение функционирования НПЗ ведет к серьёзным последствиям, так как это напрямую влияет на окружающую среду и работников НПЗ [4].

При возгорании нефтепродуктов на НПЗ пожар может продолжаться много дней. В результате в атмосферный воздух выбрасывается большое количество загрязняющих химических веществ [5]. На рис. 1 представлена диаграмма с массой загрязняющих веществ, выделяющихся при пожаре за час.

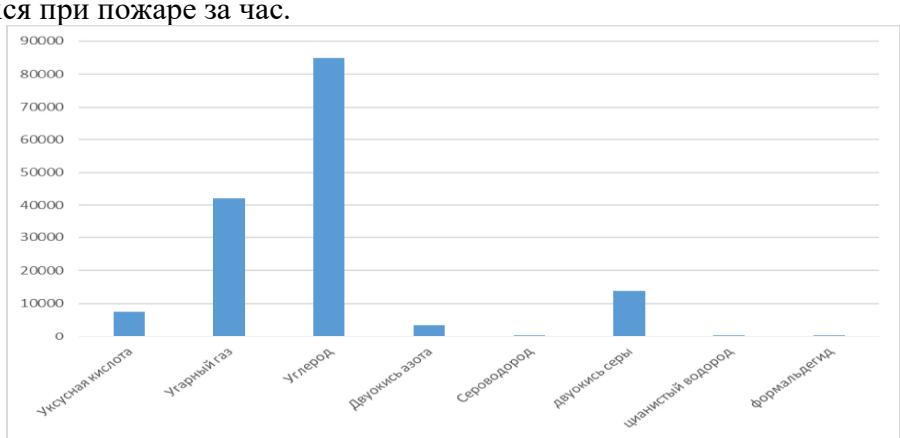

Рис.1. Максимальные выбросы загрязняющих веществ при горении нефтепродуктов (кг/час).

Fig. 1. Maximum emissions of pollutants during combustion of petroleum products (kg/hour).

Выбросы данных загрязняющих веществ несут негативные последствия, как для окружающей среды, так и для человека. Например, уксусная кислота, попадая в водоемы, изменяет pH воды, что приводит к гибели живых организмов. Формальдегид также опасен для животных и растений. Выбросы SO2 способны вызывать кислотные дожди. Углерод в виде пыли и сажи загрязняет воздух. Угарный газ и цианистый водород при вдыхании блокирует перенос кислорода кровью, что приводит к потере сознания. Сероводород вызывает паралич дыхания [6][7].

В таблице 1 представлена краткая информация по влиянию загрязняющих веществ на окружающую среду и человека.

Таблица 1.

Влияние загрязняющих веществ на окружающую среду и человека

Table 1.

The impact of pollutants on the environment and humans

Загрязняющее вещество	Химическая формула	Влияние на окружающую среду	Влияние на человека
Угарный газ	CO	Способствует образованию приземного озона, окисляется до CO_2, токсичен для живых организмов.	Вызывает удушение и потерю сознания.
Цианистый водород	HCN	При попадании в водоемы вызывает гибель водной флоры и фауны. В почве тормозит процесс разложения органических веществ.	Блокирует работу ферментов, участвующих в клеточном дыхании. Вызывает нехватку кислорода и смерть.
Сероводород	H_2S	Формирование кислотных дождей.	При высоких концентрациях вызывает паралич дыхательных путей и летальный исход.

Уксусная кислота	CH_3COOH	Изменяет pH воды в водоёмах, что приводит к гибели живых организмов.	Раздражает дыхательные пути, вызывает отек гортани, кашель, удушье.
Формальдегид	CH_2O	Участвует в образовании приземного смога и озона, вызывает кислотные дожди, токсичен для животных и растений.	Вызывает раздражение слизистых, аллергические реакции, является канцерогеном.
Двуокись серы	SO_2	Вызывает кислотные дожди, смог, угнетает фотосинтез, приводит к гибели флоры и фауны, в т.ч., водной.	Раздражает слизистые, повышает риск развития заболеваний легких и сердечно-сосудистой системы.
Углерод	C	Удерживает тепло в атмосфере. Вызывает кислотные дожди, оседает на почве и растениях.	Вызывает респираторные заболевания, канцероген.

Результаты

Обновление методических рекомендаций - это непрерывный процесс, направленный на повышение уровня промышленной безопасности, снижение рисков аварий и защиту персонала, населения и окружающей среды. В первую очередь от последствий удара БПЛА страдают работники нефтеперерабатывающего завода. Этим обусловлена необходимость обновления методических рекомендаций по расчету рисков на опасных производственных объектах, в том числе на объектах нефтегазопереработки, по обеспечению безопасности трудовой деятельности и обеспечения экологической безопасности в связи с возникновением новой угрозы.

Обсуждение

Для обеспечения экологической безопасности и безопасности трудовой деятельности работников необходимо учитывать факторы для разработки методических рекомендаций.

Факторы, требующие обновления методик:

1. Эскалация аварий и «эффект домино». Анализ крупных промышленных катастроф показывает, что распространение аварий на соседние объекты часто приводит к масштабным последствиям. Например, цепные реакции могут возникать на объектах, работающих с опасными веществами (нефтегазовый сектор, химическая промышленность, металлургия).
2. Развитие технологий и изменение технологических процессов. Появление новых материалов, оборудования и производственных методов может создавать ранее неучтённые риски. Методики должны адаптироваться к современным технологическим реалиям, включая цифровизацию и автоматизацию процессов.
3. Изменения в законодательстве и нормативных актах. Регулярное обновление федеральных норм и правил в области промышленной безопасности (например, «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» и др.) требует корректировки методических основ.
4. Накопление статистических данных и опыт прошлых аварий. Новые данные о причинах и последствиях аварий позволяют совершенствовать методы анализа рисков, включая уточнение критериев допустимого риска и разработку более точных моделей прогнозирования.

Однако в нормативных подходах по оценке рисков объектов нефтегазоперерабатывающих комплексов слабо структурированы и обоснованные

рекомендации по защите от БПЛА. Также отсутствуют научное обоснование и методические рекомендации по организации систем защиты, оповещения, эвакуации и обучения персонала с учетом мер по защите: мниторинг воздушного пространства; радиоэлектронное подавление; физическое перехватывание и нейтрализация; пассивная защита объектов; инженерная защита и модернизация; организационные меры и регламенты; создание бесполётных зон.

Заключение

Таким образом, проведен анализ угроз воздействия БПЛА, возникшей для нефтегазоперерабатывающей промышленности. Проанализированы последствия ударов БПЛА на НПЗ для окружающей среды и работников предприятий. Выявлены несоответствия между новыми угрозами воздействия и существующими методиками защиты объектов и работников.

Литература

1. Lepeshkin O.M., Ostroumov O.A., Sinyuk A.D. The communication system functional stability with critical objects В сборнике: Проблемы управления безопасностью сложных систем. Материалы XXIX международной научно-практической конференции. Москва, 2021. С. 80-85.
2. Burlov V., Lepeshkin O., Lepeshkin M. Parameters of the synthesized model of management of technosphere safety in the region В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 07011.
3. Российские НПЗ снизили темпы переработки нефти до 11-месячного минимума // Total Research URL: https://total-research.com/materials/Rossijskie-NPZ-snizili-tempy-pererabotki-nefti-do-11-mesyachnogo-minimuma (дата обращения: 01.05.2026).
4. Лепешкин О.М. Исследование функциональной безопасности систем государственного управления Инфокоммуникационные технологии. 2007. Т. 5. № 3. С. 165-166.
5. Симанович С. В., Гаврилин И И. Вестник Российского университета дружбы народов. серия: экология и безопасность жизнедеятельности //Вестник Российского университета дружбы народов. серия: экология и безопасность жизнедеятельности Учредители: Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы. – 2025. – Т. 33. – №. 3. – С. 312-327.
6. Гусейнов, Р. Г. Экологические последствия использования беспилотных аппаратов в вооруженных конфликтах / Р. Г. Гусейнов // Актуальные вопросы публичного права : Материалы XIX Всероссийской научной конференции Студентов и молодых ученых, Екатеринбург, 12–13 ноября 2020 года. Том Выпуск 19. – Екатеринбург: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский государственный юридический университет", 2020. – С. 139-143.
7. Зеновская, А. И. Вопросы экологической безопасности при атаках БПЛА на объекты ТЭК / А. И. Зеновская, Н. А. Поваров, М. А. Гуськов // Актуальные проблемы нефти и газа : Сборник трудов VII Всероссийской молодежной научной конференции, Москва, 16–18 октября 2024 года. – Москва: Институт проблем нефти и газа РАН, 2024. – С. 296-298.