

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО «ПРОМТЕХ»

доктор технических наук

Котлярский Александр Исаевич



12 марта 2021г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Общества с ограниченной ответственностью
«Промышленные технологии» (ООО «ПРОМТЕХ»)
на диссертационную работу **Кима Максима Ленсовича**
«Автоматизированная система информационной поддержки
аварийно-спасательных работ в шахтах с использованием
беспилотных летательных аппаратов»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности **05.13.06 - «Автоматизация и управление**
технологическими процессами и производствами (промышленность)»

Актуальность темы диссертационной работы.

По данным статистики, за период с 1991 по 2020 год при эксплуатации и ведении горноспасательных работ в угольных шахтах России было зафиксировано 208 взрывов метана и угольной пыли, в том числе 28 взрывов произошло при аварийно-спасательных работах. Частота взрывов, вспышек метана и угольной пыли за указанный период не имела тенденции к снижению.

В результате взрывов пострадало более полутора тысяч человек, около половины из них получили смертельные травмы, 95 человек из погибших являются работниками военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ).

Вследствие увеличения в ближайшие годы глубины отработки горно-геологические условия подземной угледобычи станут более сложными. При этом, как минимум, сохраняются, а возможно и возрастают риски травматизма и потерь человеческих жизней горняков и горноспасателей.

Однако, эти риски можно было бы существенно снизить, если бы до выдвижения в аварийные выработки шахты горняки и горноспасатели имели данные о состоянии выработок, подвергшихся взрыву или пожару. Такой предварительный анализ состояния аварийных шахтных выработок можно

выполнять роботизированными средствами, в частности, автономными беспилотными летательными аппаратами (далее - БПЛА).

Таким образом, получение достоверной информации об обстановке в горной выработке после произошедших в ней различных видов аварий является актуальным для принятия ВГСЧ рациональных и целесообразных решений по проведению горноспасательных работ.

Основное внимание в настоящей диссертационной работе уделено созданию структуры автоматизированной системы информационной поддержки аварийно-спасательных работ в шахтах с использованием БПЛА, формированию математической модели движения БПЛА, ориентированной на выполнение заданного маршрута в шахтных условиях, а также анализу современных средств оснащения БПЛА конкретными инструментами (датчиками, контроллерами) для сбора, анализа и передачи данных об аварийной обстановке в горной выработке.

В связи с вышеизложенным, можно сделать вывод о том, что рецензируемая диссертация Кима Максима Ленсовича, посвященная созданию автоматизированной системы информационной поддержки аварийно-спасательных работ в шахтах с использованием БПЛА, является не только актуальной в целом, но и крайне своевременной с точки зрения повышения безопасности ведения аварийно-спасательных работ в шахтах.

Новизна научных положений.

В рецензируемой диссертации впервые для оценки поставарийного состава рудничной атмосферы в угольной шахте предложено использование автоматически управляемых БПЛА, оснащенных средствами сбора и передачи данных, а также разработаны оригинальные алгоритмы и программные средства, обеспечивающие автономное движение в шахте по рассчитанному целевому маршруту.

Основными научными результатами диссертационной работы являются:

1. Структура автоматизированной системы информационной поддержки работы горноспасательных частей, обеспечивающая получение с помощью БПЛА данных о состоянии горной выработки после произошедших в ней различных видов аварий.
2. Математическая модель движения БПЛА, построенная на основе метода кватернионов, которая позволяет синтезировать систему автоматического управления движением с учетом пространственных ограничений аварийной выработки и ряда шахтных возмущений.

3. Процедура оперативного формирования маршрута БПЛА, которая в соответствии с целевым заданием обеспечивает построение сглаженной траектории обхода препятствий в шахтных выработках.
4. Система автоматического управления БПЛА, обеспечивающая автономное движение по целевому маршруту к аварийной выработке и обратно.

Практическое значение диссертации состоит в том, что полученные научные результаты позволяют разработать техническое задание на создание системы автоматизированного мониторинга аварийных ситуаций в шахтных горных выработках с использованием БПЛА, оснащенных системой управления автономным движением по целевому маршруту, и аппаратным обеспечением, позволяющим выполнить сбор и передачу данных, необходимых ВГСЧ для получения более полной картины состояния аварийной горной выработки.

Конкретное личное участие автора в получении результатов диссертации состоит:

- 1) в создании структуры автоматизированной системы информационной поддержки горноспасательных частей с использованием БПЛА;
- 2) в разработке математической модели движения БПЛА в шахтных условиях, ориентированной на построение системы автоматического управления его автономным движением;
- 3) в разработке ситуационного алгоритма формирования гладкой траектории маршрута БПЛА к заданной цели и обратно;
- 4) в создании системы автоматического управления автономным движением БПЛА по сформированной целевой траектории безопасного маршрута;
- 5) в выполнении компьютерного моделирования синтезированной автоматической системы управления автономным целевым движением БПЛА в шахтных условиях для исследования качества управления движением;
- 6) в выработке предложений по составу современных средств оснащения БПЛА для сбора и передачи данных о состоянии аварийной горной выработки.

Достоверность научных положений, основных выводов и результатов диссертации подтверждается:

- результатами моделирования с использованием адекватной модели;
- согласованностью теоретических выводов с результатами экспериментальной проверки работоспособности моделей, алгоритмов анализа информации и управления;
- апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах на международных научных специализированных конференциях.

Имеются акты внедрения отдельных результатов работы от ФГБОУ ВО «ТГУ имени Г.Р. Державина» Технопарк «Державинский» и ООО «СУЭК-Хакасия».

Реализация результатов работы и рекомендации по их дальнейшему использованию.

Разработанные автором в ходе проведения исследования алгоритмы управления движением БПЛА, методы их аппаратного оснащения, формирования сенсорной сети, требования к техническому зрению БПЛА составили основу проекта ООО «Финко» (Группа компаний «Беспилотные Системы», г. Ижевск – ГКБС) для создания специализированных БПЛА, ориентированных на использование их в угольных шахтах АО «СУЭК».

Результаты исследований следует использовать для формирования аналогичных автоматизированных информационных систем горноспасательных частей на основе БПЛА для применения их на предприятиях с подземной добычей полезных ископаемых.

Предложенная в работе структура автоматизированной системы имеет большую практическую значимость: кроме применения ее при проведении аварийно-спасательных работ структура может быть использована при решении военных задач, связанных с патрулированием территорий, разведкой, формированием локальных радиолокационных точек доступа и сетей связи.

Следует отметить, что большой объем экспериментальных данных, полученный соискателем в результате исследований, проведенных компьютерным моделированием, может быть полезен другим исследователям в работах по созданию робототехнических систем для использования их в ограниченных пространствах.

Работоспособность алгоритма системы автоматического управления была проверена в условиях нулевой освещенности в сложной траектории. При этом, имитировалось горизонтальное препятствие и возможность обеспечения

удержания летательного аппарата на одной высоте относительно переменного уровня пола (подошвы). Дополнительно к этому для проверки маневренности системы управления движением БПЛА на маршруте в шахматном порядке были установлены препятствия на дистанции от 1 до 5 метров друг от друга.

Проведенные Максимом Ленсовичем Кимом исследования позволили выявить перспективные направления, задачи и способы их решения для автоматизации ведения аварийно-спасательных работ в угольных шахтах.

Результаты диссертации, связанные с формированием автоматизированной системы в части проектирования информационной аналитической управляющей системы класса АСОДУ/MES различного уровня сложности на базе собственных оригинальных разработок, основанных на беспроводных технологиях, систем позиционирования и диспетчеризации, могут быть адаптированы и развиты специалистами ООО «ПРОМТЕХ» при решении различных задач в ходе выполнения проектов на предприятиях горнодобывающей отрасли.

Апробация работы.

Основные результаты работ докладывались и получили положительную оценку на научно-технических конференциях и семинарах:

1. Международных научных симпозиумах «Неделя горняка» 2011-2014гг. Московского государственного горного университета (МГГУ).
2. Международных научных симпозиумах «Неделя горняка» 2015-2018гг. Национального исследовательского технологического университета (МИСиС).
3. Совместном семинаре кафедр «Автоматические системы» и «Проблемы управления» Института кибернетики Российского технологического университета – МИРЭА, 2017 г.
4. Объединенном семинаре по робототехническим системам Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана и МИНОТ РГГУ, 2017, Москва.
5. Международной научно-практической конференции «Современные методы решения задач управления, автоматики и переработки информации, 2018», Алушта, Республика Крым.
6. Международной конференции «Развитие транспортных средств и систем 2018», Волгоград, Россия.

7. Научном семинаре «Проблемы управления автономными робототехническими комплексами» Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, 2019, Москва.

Замечания по диссертационной работе.

1. В первой главе автор приводит обзор существующих робототехнических средств, возможных к использованию в угольных шахтах при проведении аварийно-спасательных работ, однако, отсутствует сравнительный анализ достоинств и недостатков этих устройств.
2. Недостаточно четко сформулированы отличия разработанной структуры системы управления от систем управления БПЛА, используемых в рудниках и карьерах.
3. Недостаточно детально обоснован выбор регулятора и настройка его параметров в системе управления движением летательного аппарата.
4. В работе не приведены данные по задаче устойчивости разработанной автоматической системы управления при предложенном управлении в условиях шумовых помех, имеющих место в горных выработках.
5. В блок-схеме алгоритма планирования маршрута движения БПЛА, показанной на рис. 3.5. (стр.54), рекомендуется более детально описать блок «Нахождение 3D траектории».

В то же время, отмеченные недостатки не влияют на положительную оценку диссертационной работы и могут рассматриваться, как рекомендации для дальнейшей научной работы автора.

Заключение.

В целом, следует отметить, что диссертационная работа Кима Максима Ленсовича «Автоматизированная система информационной поддержки аварийно-спасательных работ в шахтах с использованием беспилотных летательных аппаратов» является завершенной научно-квалификационной работой, посвященной решению актуальной задачи информационного обеспечения горноспасательных частей.

Диссертация отличается логичностью и обоснованностью выдвигаемых положений, простым и понятным стилем изложения. Исследование выполнено на высоком научном уровне. Содержащиеся в нем выводы и рекомендации научно обоснованы. Оформление работы произведено на должном уровне. Все основные научные положения, новизна и практическая значимость в полной мере отражены в автореферате диссертации.

Рецензируемая работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор, Ким Максим Ленсович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Отзыв составил:

Заместитель технического директора
ООО «ПРОМТЕХ»,
доктор технических наук



З.А. Черняк

Диссертационная работа Кима Максима Ленсовича «Автоматизированная система информационной поддержки аварийно-спасательных работ в шахтах с использованием беспилотных летательных аппаратов» заслушана и обсуждена на заседании Научно-технического совета ООО «ПРОМТЕХ», Протокол № 3 от 04 марта 2021 г.

Ученый секретарь Научно-технического совета
директор департамента автоматизации
производственных процессов, к.т.н.



О.А. Леттиев

Подписи заместителя технического директора З.А. Черняка и ученого секретаря НТС О.А. Леттиева заверяю.

Коммерческий директор
Котлярский П.А.

09.03.2021



ООО «ПРОМТЕХ»

Адрес для корреспонденции: 105077, г.Москва, ул. Средняя Первомайская, д.23

Тел.: +7(495) 225-48-29

Факс: +7(495) 465-02-31

Почта: info@promtex.ru

<http://www.promtex.ru>