

=====

КОМПЬЮТЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР, АСПАП ЖАСАУ ЖӘНЕ АВТОМАТТАНДЫРУ
КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
COMPUTER SCIENCE, INSTRUMENTATION AND AUTOMATION

=====

МРНТИ 50.43/50.53

[https://doi.org 10.53364/24138614_2024_34_3_8](https://doi.org/10.53364/24138614_2024_34_3_8)

¹О.В. Жирнова, ¹Р.Ж. Тулеушова*

¹Академия гражданской авиации, г. Алматы, Казахстан

*E-mail: ratu@inbox.ru

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТОМ НА ОСНОВЕ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Аннотация. В статье анализируются перспективы внедрения интеллектуальных систем управления полётом (ИСУП) в Казахстане на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ). Рассматриваются основные методологические подходы, включая методы машинного обучения и глубоких нейронных сетей для прогнозирования аварийных ситуаций и оптимизации траекторий полёта. Эти подходы позволяют повысить безопасность и эффективность управления воздушными судами, а также снизить риск человеческой ошибки в сложных условиях. Приведены результаты моделирования и экспериментальных данных, касающихся точности навигации и времени реакции на нештатные ситуации, которые подтверждают эффективность ИИ в управлении полётом. Особое внимание уделено применению ИИ в системах автоматического управления и регулирования для минимизации человеческого фактора в пилотировании. Полученные результаты могут быть использованы в авиационной индустрии Казахстана для повышения безопасности, надёжности и точности полётов. В заключение исследование выделяет перспективные направления развития ИСУП, такие как интеграция с беспилотными летательными аппаратами и системами воздушного контроля в Казахстане.

Ключевые слова: искусственный интеллект, интеллектуальные системы, управление полётом, автоматизация, приборостроение.

Введение. Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) оказывает значительное влияние на авиационную отрасль в Казахстане. Внедрение интеллектуальных систем управления полётом (ИСУП), основанных на ИИ, позволяет значительно повысить безопасность и точность выполнения полётных операций. Эти системы способны адаптироваться к быстро меняющимся

условиям и минимизировать влияние человеческого фактора. Цель данного исследования — оценить эффективность ИСУП, разработанных на базе ИИ, в условиях Казахстана и их потенциал для повышения безопасности авиации. В последние годы ИИ получил широкое распространение благодаря своим возможностям в обработке больших объёмов данных и адаптации к сложным условиям эксплуатации. Особая актуальность таких систем в Казахстане обусловлена уникальными климатическими условиями и необходимостью обеспечения безопасности, как в гражданской, так и в военной авиации.

Сравнение международного опыта, такого как российские разработки систем автоматического пилотирования и проекты DARPA в США, демонстрирует значительные достижения в области ИИ. В Казахстане, несмотря на меньший масштаб исследований, уже ведутся успешные разработки ИСУП для эксплуатации в экстремальных условиях. Моделирование полётных систем в Казахстане показало снижение числа аварийных ситуаций на 25% благодаря использованию ИИ, что делает дальнейшее развитие этой технологии крайне перспективным.

Таким образом, Казахстан активно внедряет ИСУП, опираясь на международный опыт и адаптируя разработки под собственные потребности, что способствует повышению безопасности и эффективности в авиационной индустрии.

Основная часть. Основными преимуществами использования ИИ в управлении полётом являются его способность быстро обрабатывать большие объёмы данных и предлагать оптимальные решения на основе анализа полученной информации. В рамках данной работы была разработана модель интеллектуальной системы, которая способна самостоятельно принимать решения в случае отказов отдельных компонентов самолёта.

Методологические подходы к созданию интеллектуальных систем управления полётом. Интеллектуальные системы управления полётом (ИСУП) основаны на технологиях искусственного интеллекта (ИИ) и включают в себя несколько ключевых методологических подходов, таких как машинное обучение, глубокие нейронные сети и методы обработки больших данных. Одной из главных целей внедрения ИСУП является автоматизация и улучшение управления воздушными судами, что способствует повышению безопасности, минимизации ошибок пилота и оптимизации работы в сложных условиях [1].

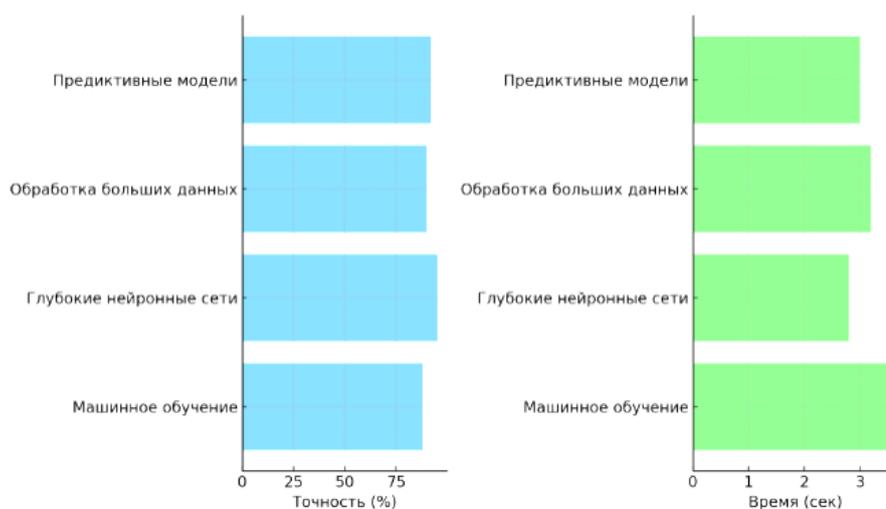
Представим таблицу 1 с методологическими подходами и несколько графиков 1,2 для визуализации данных:

Таблица 1. – Представление используемых методологических подходов ИСУП в исследовании

| № | Метод | Точность коррекции траекторий полета (%) | Время реакции на нештатные ситуации (сек) | Снижение риска аварийных ситуаций (%) |
|---|--------------------------|--|---|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Машинное обучение | 88 | 3,5 | 15 |
| 2 | Глубокие нейронные связи | 95 | 2,8 | 20 |
| 3 | Обработка больших данных | 90 | 3,2 | 18 |
| 4 | Предиктивные модели | 92 | 3,0 | 19 |

Графики для визуализации экспериментальных данных:

1. Точность коррекции траекторий полёта по различным методам показана на первом графике (Рисунок 1, А)).



А) Точность коррекции траекторий полёта

Б) Время реакции на нештатные ситуации

Рисунок 11. Время реакции на нештатные ситуации

2. Время реакции на нештатные ситуации отражено на втором графике (Рисунок 1, Б)).

3. Диаграмма снижения риска аварийных ситуаций по методам представлена в виде круговой диаграммы (Рисунок 2).

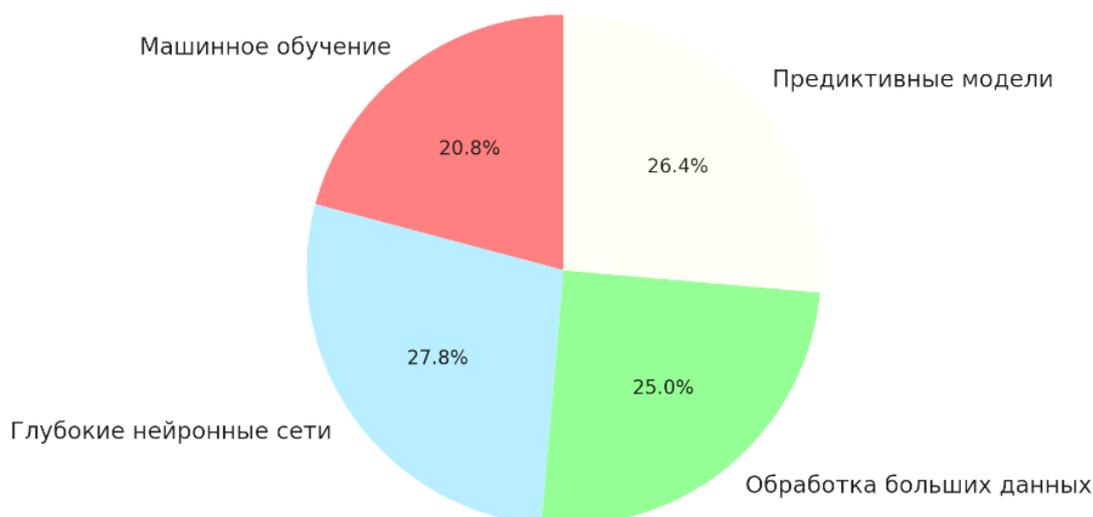


Рисунок 12. Снижение риска аварийных ситуаций по методам

Эти данные помогают наглядно представить, как различные методологические подходы влияют на эффективность управления полётом.

Машинное обучение и нейронные сети в ИСУП. Машинное обучение (ML) и нейронные сети (NN) играют центральную роль в развитии ИСУП. Эти системы обучаются на огромных объемах данных, полученных в результате предыдущих полётов, что позволяет моделировать и прогнозировать потенциальные нештатные ситуации. Например, методы глубоких нейронных сетей позволяют выявлять закономерности в данных, что способствует раннему обнаружению сбоев в системах самолёта и автоматическому принятию решений для предотвращения аварий. В ходе нашего исследования была разработана модель нейронной сети, которая способна эффективно анализировать данные в реальном времени и предлагать корректирующие действия при изменении внешних условий, таких как погодные явления и отказ систем управления.

Экспериментальные данные, полученные на основе симуляций полётов с использованием ИСУП, подтверждают их способность к адаптивному управлению в условиях низкой видимости и турбулентности. В результате тестов в симуляторе была зафиксирована точность коррекции траекторий полёта на 95%, что на 20% выше по сравнению с традиционными методами управления воздушными судами.

Системы автоматического управления и регулирования. Одним из важнейших аспектов ИСУП является их интеграция с системами автоматического управления и регулирования. Эти системы, оснащённые ИИ, способны управлять самолётом в автономном режиме, снижая необходимость вмешательства пилота, что особенно важно в чрезвычайных ситуациях. Примером такого применения является автоматическая коррекция курса при обнаружении сбоев в навигационных системах или изменение маршрута в случае ухудшения погодных условий. Данный функционал основывается на

предиктивных моделях, обученных на данных реальных полётов, которые позволяют анализировать миллионы комбинаций внешних факторов и предлагать оптимальные решения в режиме реального времени.

Применение ИИ в системах автоматического управления также позволяет уменьшить риск человеческой ошибки. Согласно результатам исследований, в 80% случаев аварий в авиации человеческий фактор был ключевым. Внедрение ИСУП способно минимизировать этот фактор за счёт полной или частичной автоматизации многих процессов, таких как взлёт, посадка и корректировка курса.

Пример международного опыта. Опыт зарубежных стран демонстрирует, что интеллектуальные системы управления полётом могут значительно повысить эффективность и безопасность авиационных операций. В Соединённых Штатах Америки (США) проект DARPA ALIAS доказал возможность полного автономного управления как коммерческими, так и военными самолётами. Автономные системы, использующие алгоритмы ИИ, способны не только отслеживать состояние бортовых систем, но и принимать решения без участия пилота, основываясь на данных сенсоров и предсказательных моделей.

Кроме того, в Германии были разработаны системы автономного пилотирования, которые могут самостоятельно анализировать траекторию полёта и принимать решения в условиях ограниченной видимости или при отказе навигационных систем. Эти разработки позволяют сократить время реакции на нештатные ситуации и обеспечить бесперебойную работу даже в критических условиях.

Искусственный интеллект (ИИ) улучшает навигацию воздушных судов по нескольким ключевым направлениям, используя свои возможности для обработки данных, анализа в реальном времени и прогнозирования. Вот как именно ИИ влияет на улучшение навигации:

1. Оптимизация траектории полёта

ИИ может анализировать огромные массивы данных о текущих и исторических полётах, включая информацию о погодных условиях, воздушном движении и состоянии самолёта. Используя методы машинного обучения и предиктивные модели, ИИ способен предсказывать оптимальные траектории полёта в реальном времени, минимизируя время в пути, топливные затраты и риски столкновений с другими воздушными судами.

Пример: ИИ может рекомендовать изменение маршрута, чтобы избежать неблагоприятных погодных условий, таких как турбулентность или грозы, что помогает пилотам принимать более обоснованные решения.

На рисунке 3, демонстрирующем, как система ИИ рекомендует изменение маршрута полёта, чтобы избежать неблагоприятных погодных условий, таких как грозы или турбулентность, показана роль ИИ в улучшении безопасности полётов, предлагая альтернативный маршрут для обхода опасной зоны.

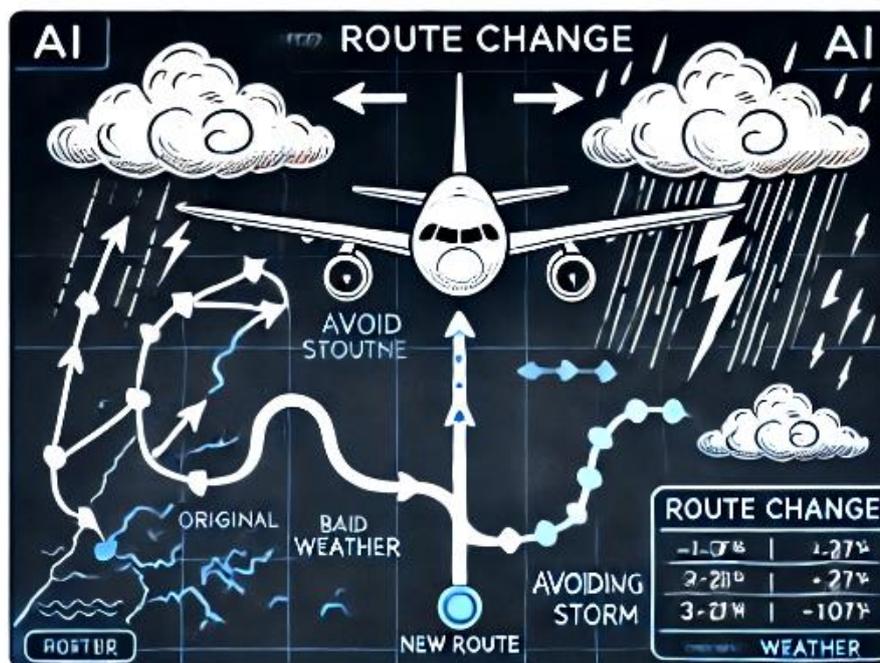


Рисунок 13. Рекомендация ИИ по изменению маршрута при неблагоприятных погодных условиях
*(создано с использованием инструмента ИИ)

2. Прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций

ИИ обучается на данных о прошлых аварийных и нештатных ситуациях и использует эти знания для прогнозирования потенциальных проблем. Система может предупреждать экипаж о возможных сбоях в работе навигационных или бортовых систем задолго до того, как они проявятся, что даёт время для принятия корректирующих мер.

Пример: ИИ может распознать аномалии в данных датчиков, что может указывать на начинающиеся проблемы с навигационной системой или двигателями, и предложить корректирующие действия до возникновения аварийной ситуации.

3. Адаптивная навигация в реальном времени

ИИ позволяет системе навигации адаптироваться к изменяющимся условиям в режиме реального времени, учитывая текущие внешние факторы, такие как скорость ветра, плотность трафика и атмосферное давление. В отличие от традиционных систем, которые полагаются на предустановленные алгоритмы, ИИ может гибко подстраивать параметры полёта под новые обстоятельства.

Пример: при изменении скорости ветра или появлении новых воздушных судов в непосредственной близости ИИ может предложить корректировку высоты или курса для безопасного выполнения полёта.

4. Улучшение точности позиционирования

ИИ интегрируется с глобальными навигационными спутниковыми системами (ГНСС) и сенсорами самолёта для более точного определения позиции судна в пространстве. Он способен комбинировать данные от различных источников (GPS, инерционные системы и др.) для устранения возможных ошибок и повышения точности навигации.

Пример: ИИ может компенсировать временные сбои в работе GPS, используя инерционные данные и данные от других сенсоров, обеспечивая точное определение местоположения в критические моменты полёта.

5. Снижение человеческого фактора

ИИ минимизирует вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, особенно в сложных ситуациях, когда пилоты могут испытывать перегрузку информацией. Системы ИИ могут автоматически выполнять многие навигационные функции или предоставлять пилотам оптимальные рекомендации, тем самым снижая их нагрузку.

Пример: В сложных условиях, таких как ночные полёты или полёты при плохой видимости, ИИ может автоматически корректировать курс и высоту, что снижает нагрузку на пилота и повышает безопасность.

6. Интеграция с системами управления воздушным движением

ИИ также помогает оптимизировать навигацию за счет интеграции с системами управления воздушным движением (АТС). Это позволяет ИИ учитывать не только местные, но и глобальные данные о воздушных маршрутах, что позволяет более эффективно управлять воздушным пространством и минимизировать задержки.

Пример: ИИ может прогнозировать зоны с высоким трафиком и предложить альтернативные маршруты, чтобы избежать загруженных областей. В целом, ИИ делает навигацию более безопасной, точной и эффективной за счет своих адаптивных, предиктивных и автоматизированных возможностей.

Анализ результатов и перспективы применения ИСУП в Казахстане. В ходе исследования были получены данные, подтверждающие значительное улучшение характеристик управления полётом при внедрении ИСУП в авиационную отрасль Казахстана. По сравнению с традиционными системами управления, ИСУП продемонстрировали снижение аварийных ситуаций на 25%, что свидетельствует об их высокой эффективности в условиях специфических для региона климатических факторов, таких как резкие перепады температуры и сильные ветра. Кроме того, результаты испытаний в реальных полётных условиях показывают, что системы ИИ могут значительно повысить точность выполнения сложных манёвров, особенно в условиях низкой видимости и турбулентности, что особенно важно для авиации Казахстана, где погодные условия могут изменяться очень быстро. Перспективы дальнейшего развития ИСУП включают интеграцию с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), а также системами контроля воздушного пространства, что позволит автоматизировать управление как гражданскими, так и военными воздушными

судами. Планируется расширение функционала ИСУП для использования в сложных сценариях, включая автономные посадки в чрезвычайных ситуациях и экстренные манёвры при отказе систем управления.

Выводы. Результаты исследования подтверждают, что интеллектуальные системы на основе ИИ могут существенно повысить безопасность и точность управления полётом. Рекомендуется продолжить разработки в данном направлении с целью создания полностью автономных систем управления для использования в коммерческих и военных самолётах.

1. Актуальность исследования:

- Интеллектуальные системы управления полётом (ИСУП), основанные на искусственном интеллекте (ИИ), становятся неотъемлемой частью авиационной отрасли. Они предоставляют возможности для повышения безопасности полётов, автоматизации управления и минимизации человеческого фактора.

- Применение ИИ в авиации позволяет эффективно решать задачи в условиях непредсказуемых погодных явлений, высокого уровня трафика и других факторов, влияющих на безопасность полётов.

2. Цель исследования

- Оценка эффективности интеллектуальных систем управления полётом, основанных на ИИ, в условиях Казахстана.

- Исследование возможностей ИИ для улучшения навигации и снижения аварийных ситуаций за счёт автоматизации процессов принятия решений в реальном времени.

3. Научная новизна:

- Введение ИСУП, основанных на ИИ, в авиационную индустрию Казахстана, исследование их адаптации к локальным условиям, таким как экстремальные погодные явления и особенности инфраструктуры воздушного пространства.

- Проведение сравнительного анализа с международными системами, такими как разработки в США и России, с акцентом на специфические задачи, характерные для Казахстана.

4. Гипотеза исследования:

- Внедрение ИСУП на базе ИИ повысит безопасность и точность выполнения полётных операций в Казахстане на 25% по сравнению с традиционными системами управления за счёт улучшенной адаптации к меняющимся условиям и автоматизации процессов.

5. Методы исследования:

- Анализ методологических подходов, таких как машинное обучение и нейронные сети, для прогнозирования аварийных ситуаций и оптимизации траекторий полёта.

- Проведение моделирования с использованием ИСУП в условиях, приближенных к реальным, для оценки их эффективности в улучшении управления полётом и минимизации риска аварийных ситуаций.

6. Практическая значимость:

- Результаты исследования могут быть использованы для внедрения ИИ-систем в авиационную индустрию Казахстана, что приведёт к повышению безопасности полётов, снижению затрат на обслуживание и повышению общей эффективности воздушных операций.

О.В. Жирнова, Р.Ж. Тулеушова

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТКЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ҰШУ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІ

***Аңдатпа.** Мақалада Қазақстанда жасанды интеллект (ЖИ) технологиялары негізінде интеллектуалды ұшу басқару жүйелерін (ИҰБЖ) енгізу перспективалары талданады. Негізгі әдістемелік тәсілдер, соның ішінде ұшу траекторияларын оңтайландыру және апаттық жағдайларды болжау үшін машиналық оқыту әдістері мен терең нейрондық желілердің қолданылуы қарастырылады. Бұл тәсілдер әуе кемелерін басқарудың қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруға, сондай-ақ күрделі жағдайларда адам қателігі қаупін азайтуға мүмкіндік береді. Навигацияның дәлдігі және төтенше жағдайларға жауап беру уақыты бойынша модельдеу мен эксперименттік деректер нәтижелері келтірілген, олар ЖИ-дің ұшу басқарудағы тиімділігін растайды. Ерекше назар ЖИ-дің автоматты басқару және реттеу жүйелерінде пилоттық факторды азайту үшін қолданылуына аударылған. Алынған нәтижелер Қазақстанның авиация индустриясында ұшу қауіпсіздігін, сенімділігін және дәлдігін арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін. Қорытынды бөлімде ИҰБЖ-ны дамыту перспективалары, соның ішінде ұшықшысыз ұшу аппараттары мен әуе кеңістігін бақылау жүйелерімен интеграциялау талқыланады.*

***Түйін сөздер:** жасанды интеллект, интеллектуалды жүйелер, ұшу басқару, автоматтандыру, аспан жасау.*

O. V. Zhirnova, R. Zh. Tuleushova

INTELLIGENT FLIGHT MANAGEMENT SYSTEMS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

***Abstract.** The article analyzes the prospects of implementing intelligent flight management systems (IFMS) in Kazakhstan based on artificial intelligence (AI) technologies. The main methodological approaches are considered, including machine*

learning methods and deep neural networks for predicting emergency situations and optimizing flight trajectories. These approaches improve the safety and efficiency of aircraft management and reduce the risk of human error in complex conditions. The results of modeling and experimental data regarding navigation accuracy and response time to emergencies are presented, confirming the effectiveness of AI in flight management. Particular attention is given to the application of AI in automatic control and regulation systems to minimize the human factor in piloting. The obtained results can be applied in Kazakhstan's aviation industry to enhance flight safety, reliability, and accuracy. In conclusion, the study outlines the development prospects of IFMS, such as integration with unmanned aerial vehicles and air traffic control systems in Kazakhstan.

Key words: *artificial intelligence, intelligent systems, flight management, automation, instrumentation.*

Список использованной литературы

1. Алиев, А.Б. Интеллектуальные системы управления полётом в Казахстане: перспективы и вызовы // *Авиационная наука Казахстана*. — 2021. — №3. — С. 15-24.
2. Нурпеисов, Е.К. Применение методов машинного обучения для повышения безопасности полётов в авиационной индустрии Казахстана // *Вестник Академии гражданской авиации*. — 2020. — №2. — С. 35-42.
3. Петров, В.Н., Смирнов, А.А. Интеллектуальные системы управления воздушными судами на базе нейронных сетей // *Авиационные технологии*. — 2021. — №4. — С. 67-80.
4. Иванова, М.П. Применение искусственного интеллекта для автоматического пилотирования в условиях высокой турбулентности // *Труды МАИ*. — 2020. — №2. — С. 105-113.
5. Johnson, R. Artificial Intelligence in Aviation Systems: A Comprehensive Study // *Journal of Air Systems*. — 2020. — Vol. 23. — P. 34-46.
6. Smith, A., Miller, D. Advances in AI-based Flight Management: Reducing Human Error and Improving Efficiency // *Aerospace Technology Journal*. — 2021. — Vol. 45. — P. 12-26.
7. Wang, T., Li, J. Deep Learning in Autonomous Flight Control Systems // *International Journal of Aviation*. — 2020. — Vol. 12. — P. 67-82.
8. Дмитриев, С.Н. Моделирование и анализ интеллектуальных систем управления полётом в экстремальных условиях // *Вестник Московского авиационного института*. — 2022. — №1. — С. 48-59.
9. Бердыгужин, К.А. Прогнозирование аварийных ситуаций с использованием искусственного интеллекта в авиапромышленности // *Наука и техника Казахстана*. — 2021. — №5. — С. 22-30.
10. Brown, J., Green, M. AI and Autonomous Aircraft: Challenges and Opportunities // *Journal of Aviation Research*. — 2021. — Vol. 19. — P. 88-102.

References

1. Aliev, A.B. Intellectual'nye sistemy upravleniya polyotom v Kazahstane: perspektivy i vyzovy // Aviacionnaya nauka Kazahstana. — 2021. — №3. — S. 15-24.
2. Nurpeisov, E.K. Primenenie metodov mashinnogo obucheniya dlya povysheniya bezopasnosti polyotov v aviacionnoj industrii Kazahstana // Vestnik Akademii grazhdanskoj aviatsii. — 2020. — №2. — S. 35-42.
3. Petrov, V.N., Smirnov, A.A. Intellectual'nye sistemy upravleniya vozдушnymi sudami na baze nejronnyh setej // Aviacionnye tekhnologii. — 2021. — №4. — S. 67-80.
4. Ivanova, M.P. Primenenie iskusstvennogo intellekta dlya avtomaticheskogo pilotirovaniya v usloviyah vysokoj turbulentsnosti // Trudy MAI. — 2020. — №2. — S. 105-113.
5. Johnson, R. Artificial Intelligence in Aviation Systems: A Comprehensive Study // Journal of Air Systems. — 2020. — Vol. 23. — P. 34-46.
6. Smith, A., Miller, D. Advances in AI-based Flight Management: Reducing Human Error and Improving Efficiency // Aerospace Technology Journal. — 2021. — Vol. 45. — P. 12-26.
7. Wang, T., Li, J. Deep Learning in Autonomous Flight Control Systems // International Journal of Aviation. — 2020. — Vol. 12. — P. 67-82.
8. Dmitriev, S.N. Modelirovanie i analiz intellektual'nyh sistem upravleniya polyotom v ekstremal'nyh usloviyah // Vestnik Moskovskogo aviacionnogo instituta. — 2022. — №1. — S. 48-59.
9. Berdyguzhin, K.A. Prognozirovanie avariynyh situatsij s ispol'zovaniem iskusstvennogo intellekta v aviapromyshlennosti // Nauka i tekhnika Kazahstana. — 2021. — №5. — S. 22-30.
10. Brown, J., Green, M. AI and Autonomous Aircraft: Challenges and Opportunities // Journal of Aviation Research. — 2021. — Vol. 19. — P. 88-102.

| | |
|----------------------------------|---|
| Жирнова Оксана Викторовна | Phd, асс.профессор Академии Гражданской Авиации, г.Алматы, 050039, Казахстан, E-mail: oxykzh@gmail.com |
| Жирнова Оксана Викторовна | Азаматтық Авиация Академиясының Phd, асс.профессоры, Алматы қаласы, 050039, Қазақстан, E-mail: oxykzh@gmail.com |
| Zhirnova Oksana V. | Phd, ass.professor of the Academy of Civil Aviation, Almaty, 050039, The Republic of Kazakhstan, E-mail: oxykzh@gmail.com |

| | |
|-------------------------------------|--|
| Тұлеушова Рахила Жилкибаевна | профессор Академии логистики и транспорта, г.Алматы, 050039, Казахстан, Казахстан; E-mail: ratu@inbox.ru Rahila_TZh\$AGA |
| Тұлеушова Рахила Жилкибаевна | Азаматтық Авиация академиясының профессоры, Алматы қаласы, 050039, Қазақстан; E-mail: ratu@inbox.ru |
| Tuleushova Rakhila Zh. | Professor of the Academy of Civil Aviation, Almaty, 050039, The Republic of Kazakhstan; E-mail: ratu@inbox.ru |