

Торайғыров университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Торайғыров университета

---

# ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Гуманитарлық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



# ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Гуманитарная серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3439

---

№ 4 (2024)

Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Торайгыров университета**

**Гуманитарная серия**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

KZ46VP400029271

выдано

Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**  
публикация материалов в области истории,  
правоведения и общественных наук

**Подписной индекс – 76131**

<https://doi.org/10.48081/SXSK3828>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Бегимтаев А. И.

*к.полит.н.*

Заместитель главного редактора

Шамшудинова Г. Т., *доктор PhD,*

*ассоц. профессор*

Ответственный секретарь

Турлыбекова А. М., *к.и.н., ассоц. профессор*

**Редакция алкасы – Редакционная коллегия**

Акишев А. А.,	<i>д.полит.н., профессор;</i>
Алтыбасарова М. А.,	<i>к.полит.н., доцент;</i>
Ветренко И. А.,	<i>д.полит.н., профессор (Россия);</i>
Шашкова Я. Ю.,	<i>д.полит.н., профессор (Россия)</i>
Дронзина Т. А.,	<i>д.полит.н., профессор (София, Болгария)</i>
Абдикакимов М. Т.,	<i>доктор PhD</i>
Ермаханова С. А.,	<i>к.социол.н.</i>
Сағиқызы А.,	<i>д.филол.н., профессор;</i>
Кожамжарова М. Ж.,	<i>к.филол.н.</i>
Ахметова Г. Г.,	<i>к.филол.н., профессор;</i>
Уызбасва А. А.,	<i>доктор PhD;</i>
Аубакирова С. С.,	<i>доктор PhD</i>
Альмуханов С. Х.,	<i>к.филол.н., профессор;</i>
Кадыралиева А. М.,	<i>доктор PhD;</i>
Манасова М. М.,	<i>доктор PhD;</i>
Ахмеджанова Г. Б.,	<i>д.ю.н., профессор;</i>
Олжабаев Б. Х.,	<i>к.ю.н., ассоц. профессор;</i>
Ишеков К. А.,	<i>д.ю.н., профессор (Россия);</i>
Таштемханова Р. М.,	<i>д.и.н., профессор;</i>
Азербайев А. Д.,	<i>доктор PhD;</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>(тех. редактор).</i>

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/HMLW3622>

**\*Е. И. Шелестюк<sup>1</sup>, А. Ж. Суюнбаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Челябинский государственный университет,  
Российская Федерация, г. Челябинск

<sup>2</sup>Военный институт Сил воздушной обороны,  
Республика Казахстан, г. Актобе

\*e-mail: [shelestiuk@yandex.ru](mailto:shelestiuk@yandex.ru)

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4254-4439>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0676-2028>

## **АВИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: ТЕХНОЛОГИИ ASR-MT ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕДОПОНИМАНИЯ ПИЛОТОВ И УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ**

*В статье рассматривается исследование, посвященное применению современных технологий для снижения недопонимания между пилотами и авиадиспетчерами. Ранее основные усилия были направлены на упрощение и улучшение понимания сообщений в управлении воздушным движением (УВД), а также на разработку более эффективных стратегий обучения коммуникации в этой сфере. Тем не менее, проблемы в радиосвязи сохраняются, особенно в ситуациях, где недопонимание возникает из-за сложного оперативного или ситуационного контекста. Внедрение технологий автоматического распознавания речи (ASR) и машинного перевода (MT) может существенно снизить такие проблемы, повысив безопасность и предотвратив аварии и инциденты. В статье представлен проект системы ASR-MT, интегрированной в кабину пилотов и рабочие зоны авиадиспетчеров. Эта система не только улучшает качество связи, но и положительно влияет на когнитивную нагрузку, ситуационную осведомленность и распределение внимания. Основным каналом связи в УВД остается голосовая связь через УКВ, КВ и спутниковые диапазоны. Для обеспечения четкой, однозначной и эффективной коммуникации между пилотами и диспетчерами была разработана специализированная фразеология и терминология. Этот технический подъязык характеризуется ограниченным*

*словарным запасом, строго определенными терминами, упрощенным синтаксисом и адаптированным произношением, что минимизирует вероятность ошибок. Однако, несмотря на эти усилия, барьеры для безопасной связи остаются значительными, что создает серьезные риски для авиационной безопасности. Проблемы коммуникации не только многочисленны, но и разнообразны, что усложняет их решение. Технология ASR, цель которой — преобразование речи в текст, в последние годы достигла значительного прогресса. Она уже успешно применяется в областях взаимодействия человека и компьютера, где речь признается более удобным и эффективным способом ввода данных. Внедрение таких технологий в авиационную отрасль может стать важным шагом к повышению безопасности и надежности коммуникации в УВД. Особое значение имеет использование систем ASR в военных самолетах, например, прямой голосовой ввод пилотами в Eurofighter Typhoon (2014), речевая система F35, обучение авиадиспетчеров с использованием автоматических систем распознавания речи, в настоящее время используемая, например, FAA США в симуляторах АТС.*

*Ключевые слова: ASR-МТ, распределение внимания, недопонимание УВД, фразеология УВД, автоматическое распознавание речи, машинный перевод, ментальная нагрузка, ситуационная осведомленность, терминология.*

## **Введение**

Связь с Управлением воздушным движением (УВД) представляет собой многогранное явление, охватывающее лингвистические, когнитивные, психологические, коммуникативные, технические аспекты, а также влияние человеческого фактора. Эти элементы часто взаимодействуют, образуя комплексные комбинации, такие как лингвистические и когнитивные аспекты, которые играют ключевую роль в обеспечении эффективного взаимодействия.

Для обеспечения четкой, однозначной, краткой и эффективной коммуникации между пилотами и авиадиспетчерами была разработана специализированная фразеология и терминология. Этот технический подязык характеризуется ограниченным словарным запасом, строго определенными терминами, упрощенным синтаксисом и адаптированным произношением. Его главная цель — минимизировать риск недопонимания, устраняя влияние таких языковых явлений, как омофоны (например, to и two); омографы (например, close — «близкий» или «закрывать»); омонимы

(например, go ahead — «продолжайте говорить» или «двигайтесь вперед»); синонимы (например, runway holding point и runway holding position), которые могут обозначать одно и то же понятие, но вводят путаницу).

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) разработала и внедрила стандарт фразеологии УВД, который стал общепринятым во всем мире. Однако, как отмечает Международная ассоциация воздушного транспорта (ИАТА), на практике пилоты и диспетчеры часто отклоняются от этого стандарта. Например, вместо предписанной фразы ready for departure может использоваться нестандартное выражение ready for take-off. Кроме того, качество английского языка, используемого обеими сторонами, часто варьируется из-за различий в диалектах и акцентах, что дополнительно усложняет процесс коммуникации. Таким образом, несмотря на существование универсальных стандартов, реальная практика связи в УВД требует постоянного внимания к языковым и коммуникативным аспектам, чтобы минимизировать риски и обеспечить безопасность воздушного движения.

Для повышения эффективности связи между УВД (управлением воздушным движением) и пилотами предлагается ряд ключевых рекомендаций. Они включают оптимизацию длины сообщений, упрощение их структуры и формулировок, а также пересмотр использования фразеологизмов (например, [3]). Кроме того, в исследованиях рассматриваются новые подходы к профессиональной подготовке авиадиспетчеров и пилотов, направленные на снижение количества ошибок в коммуникации (например, [1, 7]).

Отдельное внимание уделяется методам передачи сообщений. В частности, разрабатывается использование «диктуемых» текстовых сообщений как дополнения к голосовой связи. Такие сообщения могут отображаться на дисплеях в кабине пилотов и на рабочих экранах авиадиспетчеров (например, [4]).

Передача данных в текстовом формате имеет ограниченное применение и используется преимущественно для навигации в крейсерской фазе полета, когда рабочая нагрузка относительно низкая. Решения в виде использования набора текстовых сообщений, по мнению пилотов, сопряжены с трудоемкостью связи, что неприемлемо в условиях многозадачности. Голосовая связь позволяет быстрее передавать и воспринимать информацию, что делает её более предпочтительной. Однако технологии «диктуемых» текстовых сообщений, при необходимости синхронно переведенных на другой язык, в настоящее время достигли такого уровня скорости и точности,

что они могут сделать голосовую связь более эффективной. Они могут быть незаменимы в определенных условиях, особенно в критических ситуациях.

### **Материалы и методы**

В качестве теоретической основы исследовательской работы использованы статьи зарубежных ученых. Методы и материалы обзорного исследования, представленного в тексте, включают несколько типов анализа. Во-первых, анализ лингвистических типов недопонимания пилотов и управления воздушным движением и примеров инцидентов, связанных с коммуникационными ошибками. Во-вторых, анализ возможностей и ограничений технологий автоматического распознавания речи и перевода (ASR-MT) для автоматизации работы пилотов и авиадиспетчеров и их совместимость с другими технологиями связи, такими как CPDLC. В-третьих, анализ методов улучшения ASR-MT, включая метод «обучения без выравнивания» (alignment-free training, AFT). Эти виды анализа позволяют сделать выводы о путях развития технологий для повышения безопасности полетов и оптимизации работы пилотов и диспетчеров.

Материалом исследования являются исследования и литература по теме авиационной безопасности, технологий автоматического распознавания речи (ASR) и машинного перевода (MT), а также их применения в управлении воздушным движением (УВД). В тексте обсуждаются проблемы недопонимания между пилотами и авиадиспетчерами, предлагаются методы их решения, включая использование систем ASR-MT, и описываются преимущества внедрения этих технологий.

### **Результаты и обсуждения**

Недопонимание в системе управления воздушным движением (УВД): проблемы и пути их решения.

Несмотря на многочисленные рекомендации, направленные на повышение надежности коммуникации в системе управления воздушным движением (УВД), остается очевидным, что существует множество барьеров, препятствующих безопасному взаимодействию между пилотами и авиадиспетчерами. Эти барьеры не только создают сложности в процессе обмена информацией, но и представляют серьезную угрозу для авиационной безопасности. Проблемы коммуникации в УВД носят многогранный характер и могут быть классифицированы на несколько ключевых групп, каждая из которых требует отдельного внимания и анализа.

Одной из наиболее распространенных проблем является использование сложных и нестандартных фраз, особенно в ситуациях, когда носители и неносители языка ИКАО (Международной организации гражданской авиации) взаимодействуют между собой. Исследования показывают,

что понимание между людьми в таких случаях значительно хуже, чем при взаимодействии человека с компьютером. Например, при общении с автоматизированными системами люди склонны говорить медленнее, использовать более простые и четкие формулировки, что снижает вероятность ошибок [7]. Это подчеркивает важность специальной подготовки авиационных специалистов, направленной на развитие навыков использования стандартизированного авиационного языка. Такая подготовка должна включать обучение упрощению и уточнению сообщений, что особенно важно в стрессовых ситуациях.

Различия в произношении между носителями и неносителями языка также создают значительные трудности. Например, акцент или неправильное ударение в слове могут привести к недопониманию, особенно в условиях шума или помех в радиосвязи.

Просодические особенности речи, такие как темп, ритм, высота и громкость, также играют важную роль. Носители языка могут говорить быстрее или использовать интонации, которые непонятны неносителям, что усложняет восприятие информации.

Еще одной проблемой является применение нестандартных фраз и терминов, которые не соответствуют общепринятым нормам. Это может быть связано с региональными особенностями или личными предпочтениями диспетчеров и пилотов.

Одной из ключевых проблем является отсутствие единого глобального стандарта фразеологии УВД. В настоящее время используются несколько стандартов, включая международный стандарт ИКАО, а также региональные стандарты, такие как САА в Великобритании и FAA в США. Например, британский стандарт САА намеренно включает некоторые нестандартные фразеологизмы, что может создавать путаницу при взаимодействии с пилотами, привыкшими к другим стандартам [7]. Аналогичные различия наблюдаются между североамериканским стандартом и стандартом ИКАО [6, с. 54].

Такие проблемы коммуникации могут иметь серьезные последствия для безопасности полетов. Например, недопонимание между пилотом и диспетчером может привести к ошибкам в навигации, нарушению эшелонирования или даже к аварийным ситуациям.

Для решения этих проблем необходимо усилить стандартизацию — разработать единый глобальный стандарт фразеологии УВД, который будет учитывать особенности всех регионов, но при этом минимизировать использование нестандартных фраз, а также повысить уровень подготовки — внедрить программы обучения, направленные на развитие навыков

использования стандартизированного языка и улучшение произношения. Важным методом решения проблемы недопонимания является и использование технологий, например, внедрение систем автоматической проверки и коррекции сообщений, которые помогут снизить вероятность ошибок.

Таблица 1 – Примеры различий в фразах и терминах УВД между ИКАО и англоязычными странами

ИКАО	Управление гражданской авиации СКА, Великобритания	Федеральное управление гражданской авиации FAA, США	Определение понятия
vacate освободить	vacate освободить	exit выход	отдаление от чего-то
PAN PAN PAN	PAN PAN PAN	minimum fuel advisory предупреждение о минимальном запасе топлива	сигнализация аварийной ситуации, например, из-за низкого уровня топлива
ramp рампа	apron фаргук	apron runway tarmac асфальтовый перрон взлетно-посадочной полосы	асфальтированная парковка без пандуса и рулежной дорожки
line up and wait выстраиваться в очередь и ждать	line up and wait выстраиваться в очередь и ждать	taxi into position and hold такси в положение и удержание	свободно, чтобы выстроиться на взлетно-посадочной полосе вылета, но не очищено для взлета
descend now снижайтесь сейчас	descend now снижайтесь сейчас	descend снижайтесь	неоднозначность между снижением сейчас или позже
taxi to holding position такси на позицию удержания	taxi to holding position такси на позицию удержания	taxi into position and hold такси в положение и удержание	такси до и удержание в точке, свободной от взлетно-посадочной полосы

Стандарт фразеологии ИКАО рекомендуется для применения во всем мире, однако многие страны в той или иной степени внедрили собственные варианты фразеологии [7]. Причины, по которым отдельные государства не спешат полностью принять стандарты ИКАО, могут быть связаны с культурными и политическими факторами. В частности, может возникать сопротивление на национальном уровне, если стандарт воспринимается как навязанный международной организацией. Исследование фразеологии ИАТА подчеркивает, что углубленный анализ этой проблемы способен «дать импульс к большей гармонизации коммуникаций» [6, с. 54]. Однако гармонизация фразеологии и терминологии в управлении воздушным



движением (УВД) не должна оставаться на усмотрение авиакомпаний или национальных регуляторов. Это вопрос, который необходимо рассматривать как критически важный для повышения уровня авиационной безопасности.

Существование нескольких стандартов фразеологии представляет серьезную опасность. Например, в британской системе фразеологии пилот, отвечающий за связь с УВД, должен использовать выражение PAN PAN с указанием позывного и характера чрезвычайной ситуации, например, низкого уровня топлива. Однако в других странах могут применяться иные формулировки, что может привести к недопониманию и ошибкам. Такие различия подчеркивают необходимость унификации стандартов фразеологии для минимизации рисков и повышения безопасности в глобальной авиации.

Эффективная коммуникация в УВД играет ключевую роль в обеспечении безопасности полетов. Использование нестандартных фраз и терминов уже стало причиной нескольких авиационных катастроф с трагическими последствиями. Например, крушение рейса Avianca в Нью-Йорке в 1990 году и столкновение самолетов KLM и PanAm на Тенерифе в 1977 году были частично вызваны ошибками в коммуникации. Проблемы усугубляются различиями в произношении английского языка, быстрым темпом речи и индивидуальными особенностями дикции, что создает трудности даже для носителей языка. Кроме того, пилоты могут испытывать затруднения, находясь, например, на подходе к иностранному аэропорту, где диспетчеры общаются с другими самолетами на местном языке. Если пилоты не владеют этим языком, они не смогут понять, какие маневры выполняет другой самолет с точки зрения высоты, скорости или курса.

Несмотря на регуляторную подготовку к чрезвычайным ситуациям, пилоты могут сталкиваться с трудностями, связанными с использованием языка и фразеологии, особенно в условиях стресса. Ярким примером этого является катастрофа авиакомпании Avianca в 1990 году, когда пилоты, не являющиеся носителями английского языка, допустили ошибку в формулировке запроса о помощи в воздушном пространстве США. Этот случай подчеркивает уязвимость голосовой связи, которая остается подверженной множеству проблем, включая языковые барьеры, недопонимание и человеческий фактор.

При этом существующие системы передачи данных не способны в полной мере устранить эти недостатки. В связи с этим возникает необходимость в разработке дополнительного метода коммуникации, который мог бы минимизировать риски, связанные с голосовой связью. Перспективной является внедрение системы, основанной на технологиях автоматического распознавания речи (ASR) и машинного перевода (MT). Такая система позволит автоматически преобразовывать речь пилотов и

диспетчеров в текстовые сообщения, а также переводить их на требуемый язык, что значительно повысит точность и надежность коммуникации в авиации.

### **Автоматическое распознавание речи: принципы, применение и ограничения**

Основным инструментом связи в УВД является голосовая связь, осуществляемая через УКВ и КВ диапазоны радио, а также через спутниковые каналы. В последнее время часть устных сообщений заменена на передачу данных через систему «диспетчер-пилот» (CPDLC).

Автоматическое распознавание речи (ASR) представляет собой технологию, направленную на преобразование устной речи в текстовый формат, позволяющую диктовать сообщения вместо ввода текста. Этот процесс осуществляется путем анализа речевых сигналов и их разложения на минимальные единицы речи, которые служат основой для работы алгоритмов распознавания. В последние годы ASR достигла значительного прогресса, что позволило активно внедрять ее в различные сферы взаимодействия человека и компьютера. С помощью ASR пользователи могут бронировать билеты, планировать встречи, диктовать тексты или получать субтитры в реальном времени с использованием технологии озвучивания (respeaking).

Особое внимание заслуживает применение систем ASR в специализированных областях, таких как авиация. Так, в военных самолетах, таких как Eurofighter Typhoon (2014) и F35, реализованы системы голосового ввода, позволяющие пилотам управлять оборудованием с помощью речи. Кроме того, ASR активно используется в обучении авиадиспетчеров, например, в симуляторах управления воздушным движением, разработанных Федеральным управлением гражданской авиации США.

ASR полезен при переходе на ЛПД-связь «диспетчер-пилот» (CPDLC), позволяя диспетчерам и пилотам диктовать сообщения вместо ввода текста. В настоящее время проводятся исследования и разработки приложений ASR для поддержки CPDLC [2].

К ограничениям системы ASR относятся ограниченный словарный запас, влияние фонового шума, индивидуальные особенности речи пользователей и другие факторы. Для повышения точности и скорости работы ASR применяются различные методы, такие как сокращение словарного запаса, использование высококачественных аудиоканалов, снижение уровня шума и обучение систем на данных конкретных пользователей.

Однако современные системы ASR, в отличие от своих предшественников, основаны на статистических моделях и способны обучаться, что делает их более гибкими и адаптивными. Что касается авиационной фразеологии,

которая представляет собой специализированный технический подязык с ограниченным словарным запасом и упрощенной фонетикой, то здесь системы ASR демонстрируют значительно более высокую производительность по сравнению с распознаванием общего языка. Это подтверждает, что применение ASR в узкоспециализированных областях может быть особенно эффективным.

Технологии распознавания речи в настоящее время стремительно развиваются. В качестве примера приведем метод Multi-Talker с выравниванием свободной тренировки (MT-RNNT-AFT), использующий стандартную архитектуру RNNT и включающий в себя метки, созданные путем добавления маркеров говорящего перед каждым транскриптом [10]. Этот метод позволяет системе одновременно распознавать речь всех участников разговора, требуя только одного прохода через кодировщик. Эксперименты показывают, что предложенная система достигает высокой производительности при значительно упрощенном процессе обучения.

Таким образом, автоматическое распознавание речи продолжает развиваться, преодолевая существующие ограничения и находя новые области применения, где речь становится ключевым инструментом взаимодействия человека и технологий.

### **Машинный перевод**

За последнее десятилетие методы машинного перевода значительно улучшились благодаря применению технологий глубокого обучения и нейронных сетей. Переводчики на основе нейронных сетей (NMT) способны анализировать огромные массивы данных, выявляя сложные закономерности и контексты, что повышает качество переводов. Обучение на больших объемах текстов делает эти системы более гибкими и способными адаптироваться к изменениям в языке, что особенно важно для областей, требующих высокой точности. Современные системы преимущественно используют статистический подход, основанный на больших объемах данных, активно исследуют возможности систем памяти переводов (translation memory/database). С развитием искусственного интеллекта все больше задач по переводу решаются с использованием ИИ, примером чего служит Google Translate, который использует ИИ для обработки идиом и фразеологизмов, адаптируясь на основе взаимодействия с пользователями. Современные информационные и телекоммуникационные технологии играют ключевую роль в решении задач поиска и интеграции информации из гетерогенных источников, доступных в корпоративных и глобальных сетях.

Развитие NMT привело к появлению возможностей для персонализированного машинного перевода. Современные модели

адаптируются к стилю и специфической терминологии отдельных пользователей или компаний, что крайне востребовано в таких сферах, как авиация и управление воздушным движением, где важна унификация терминов и непрерывная связь.

Также стоит отметить интеграцию технологий машинного обучения в системы голосовой связи. Теперь они могут не только работать с текстами, но и обрабатывать аудиоинформацию. Автоматические системы распознавания речи (ASR), использующие NMT-алгоритмы, стали точнее в интерпретации команд, даже при наличии различных акцентов и диалектов. Это делает машинный перевод более удобным инструментом для быстрой и точной коммуникации, что особенно ценно в ситуациях, когда необходима оперативная реакция, как, например, в управлении воздушным движением.

В перспективе ожидается дальнейшее развитие и взаимодействие различных языковых технологий на основе искусственного интеллекта. Более мощные и умные алгоритмы помогут преодолеть языковые барьеры, обеспечивая высокую степень защиты информации и конфиденциальности. Такие технологии откроют новые горизонты в международных коммуникациях, науке и других областях, где важны точность и скорость обработки языка.

### **Система связи ASR-MT**

Система ASR-MT является значимым прорывом в авиационной связи, повышая безопасность и эффективность управления воздушным движением. Она работает за счет преобразования устных сообщений в текстовый формат и, по необходимости, одновременного перевода на английский язык или язык, понятный для коммуникантов, если используется локальный язык. Благодаря этому участники воздушного движения получают актуальную информацию в режиме реального времени, снижая вероятность ошибок, возникающих из-за языковых барьеров или неправильного понимания.

Для интеграции ASR-MT с существующими радиокommunikациями проводится детальное проектирование и тестирование. Учитывая критичность каждой фразы и каждого слова, особенно в экстренных ситуациях, система проходит множество проверок на надежность и точность. Также важно обеспечить совместимость с разнообразным оборудованием и программным обеспечением, применяемым в авиации, чтобы технология могла быть внедрена на глобальном уровне.

Внедрение этой технологии требует дополнительного обучения пилотов и диспетчеров, чтобы они смогли эффективно пользоваться новыми функциями и понимать ценность текстовых и переводных подсказок на своих экранах. Программы обучения будут учитывать особенности

различных юрисдикций и процедур, гарантируя уверенность и безопасность пользователей в любых условиях управления воздушным движением.

ASR-MT является важным этапом в развитии авиационной безопасности и коммуникаций. Повышение прозрачности обмена информацией и снижение риска недоразумений сократят число инцидентов, связанных с человеческими ошибками. Пилоты и диспетчеры смогут действовать более скоординировано, что обеспечит более плавную работу всей авиационной инфраструктуры.

Автоматическое распознавание речи и машинный перевод (ASR-MT) являются неотъемлемой частью разрабатываемых в настоящее время комплексных решений для управления речью и коммуникационными технологиями в авиации. Они интегрируются с другими современными разработками, такими как голосовые команды, системы управления речью, интегрированные с бортовыми компьютерами и системами навигации, интуитивно понятные пользовательские интерфейсы, визуальные подсказки, автоматизированный перевод, а также генерация фоновых сообщений о текущей обстановке, погоде, воздушном трафике, высоте и скорости полета. Эти технологии работают совместно, создавая единую экосистему, которая помогает пилотам и авиадиспетчерам справляться с возрастающими требованиями к эффективности и безопасности полетов.

Например, интеграция ASR-MT с системой управления речью позволяет пилоту давать команды голосом, которые мгновенно интерпретируются и исполняются бортовым компьютером. Это освобождает руки и внимание пилота, позволяя ему сосредоточиться на основных задачах управления самолетом. Интуитивно понятные интерфейсы и визуальные подсказки дополняют голосовые команды, предоставляя пилоту дополнительную информацию в удобной форме. Автоматизированный перевод сообщений с помощью ASR-MT делает возможным эффективное взаимодействие между пилотами и авиадиспетчерами, говорящими на разных языках, устраняя языковые барьеры и повышая безопасность полетов. Генерация фоновых сообщений также поддерживается ASR-MT, что позволяет системе автоматически передавать важные данные пилоту, не требуя его активного участия в этом процессе. Все эти компоненты вместе создают мощную и гибкую систему управления и коммуникации, адаптирующуюся к потребностям конкретной ситуации и помогающую минимизировать риски и повысить общую эффективность работы экипажа.

### **Система ASR-MT на полетной палубе**

В зависимости от этапа полета (предполетная подготовка, взлет, крейсерский режим, посадка и т. д.) пилоты могут принимать решение о

необходимости использования текстовой информации, отображаемой на экранах. Например, если связь с управлением воздушным движением (УВД) ведется на местных языках, второй пилот может использовать текстовый дисплей для чтения инструкций УВД, чтобы лучше понимать ситуацию в воздушном пространстве, на земле, при движении и особенно вблизи взлетно-посадочных полос. Аналогично, даже если связь ведется на понятном языке, но используются нестандартные фразы или терминология, пилот может перепроверять сообщения между УВД и другими самолетами на текстовом дисплее и, при необходимости, запрашивать у диспетчера дополнительные разъяснения.

В многозадачной среде кабины пилота, где экипажи часто вынуждены выполнять множество действий одновременно, используя разные органы чувств – руки, зрение, слух и т.д., возможность выбирать между чтением текстовых дисплеев и игнорированием их становится важным элементом управления рабочей нагрузкой. Во время пиковых моментов, таких как взлет или посадка, когда внимание пилотов максимально сосредоточено на выполнении сложных операций, они могут предпочитать использовать голосовые команды и текстовые дисплеи только в случае крайней необходимости. Однако в критически важных для безопасности ситуациях, где точная и быстрая коммуникация с центром управления воздушным движением (УВД) имеет решающее значение, система ASR-MT может стать незаменимой. Высокая точность понимания, достигаемая благодаря автоматическому распознаванию речи (при необходимости в комбинации с машинным переводом), позволяет пилотам экономить драгоценное время и концентрацию, которые можно было бы потратить на управление самолетом и навигацию. Это особенно важно в моменты повышенного стресса, когда каждая секунда на счету и любая ошибка может иметь серьезные последствия.

Исследования показывают, что при увеличении рабочей нагрузки коммуникация между пилотами и диспетчерами имеет тенденцию сокращаться [3, 4]. В таких условиях слух, как основной канал восприятия, подвергается наибольшему негативному воздействию (см. модель ограниченной пропускной способности [3, с. 187]), тогда как зрение остается более устойчивым. Это делает чтение текстовой информации предпочтительным способом восприятия, особенно в стрессовых ситуациях. Система ASR-MT с текстовыми дисплеями позволяет пилотам точнее и эффективнее воспринимать информацию, экономя время, которое в противном случае было бы потрачено на запросы обратной связи у диспетчера [3, с. 189].

Таким образом, предоставление пилотам возможности диктовать и читать текстовые сообщения УВД при необходимости и сосредоточиться на управлении самолетом и навигации представляется оптимальным решением. Даже если система ASR-МТ не всегда обеспечивает идеальную точность или скорость перевода, она все же может быть полезна в критических ситуациях. Например, даже частично или приблизительно переведенное сообщение УВД может дать пилотам важную информацию, улучшая их ситуационную осведомленность. Если в тексте упоминаются ключевые элементы, такие как взлетно-посадочная полоса, положение удержания, разрешение на взлет или посадку, пилоты смогут быстрее реагировать на потенциальные угрозы безопасности. Несмотря на возможные ограничения системы ASR-МТ, ее использование может значительно улучшить коммуникацию между пилотами и УВД, особенно в условиях высокой рабочей нагрузки и критических ситуаций, где точность и скорость восприятия информации имеют решающее значение.

### **Система ASR-МТ в авиадиспетчерской службе (АТС)**

Использование автоматического распознавания речи и автоматического перевода в авиадиспетчерской службе имеет целью снижения рабочей нагрузки авиадиспетчера и повышения безопасности полетов. Основной задачей является преобразование устной речи в текстовые сообщения для последующей передачи через системы передачи данных CPDLC, что позволит сократить зависимость от голосовой радиосвязи. В настоящее время разрабатываются проекты, направленные на создание надежной и безопасной системы ASR, совместимой с современными и перспективными технологиями связи в авиации [2]. Предполагается, что ASR будет полезен при постепенном увеличении использования CPDLC, позволяя пилотам и диспетчерам «диктовать» сообщения вместо их набора вручную. Введение более совершенных систем связи, например, Landside/Airside Air Traffic Control (LDACS), может снизить задержки в передаче данных через CPDLC [LDACS – The future of ATC communications].

Одним из ключевых аспектов успешного функционирования систем автоматического распознавания речи (ASR) является способность учитывать различные акценты говорящих и их индивидуальные особенности произношения. Это требует разработки алгоритмов, способных адаптироваться к разнообразию речевых характеристик пользователей. Важным аспектом также является учет высоты голоса, поскольку исследования показывают, что этот параметр может существенно влиять на точность распознавания речи, особенно у женщин. Для повышения точности ASR используются различные методы, среди которых увеличение объема

обучающих данных играет ключевую роль. Дополнительно, оптимизация соотношения мужских и женских голосов в базах данных позволяет улучшить общие результаты работы системы. Современные исследования направлены на создание мультилингвальных моделей ASR, которые способны эффективно обрабатывать несколько языков одновременно. Это особенно важно в условиях многоязычной среды, например, в авиации, где общение происходит на разных языках. Кроме того, в современных проектах по разработке ASR значительное внимание уделяется вопросам кибербезопасности. Одной из важных задач становится защита от подделки команд через голосовой интерфейс. Здесь важную роль играют технологии голосового сопоставления и биометрической идентификации, которые позволяют убедиться, что команды поступают именно от авторизованного пользователя. Эти меры помогают повысить надежность и безопасность систем ASR в критически важных областях, таких как авиационные коммуникации.

### **Устранение человеческого фактора**

Палубы самолетов и рабочие места авиадиспетчеров представляют собой среды, где в определенные моменты (например, при взлете, посадке, в часы пик или в чрезвычайных ситуациях) могут возникать экстремально высокие нагрузки. В таких условиях критически важно, чтобы внедрение системы связи ASR-МТ было организовано таким образом, чтобы минимизировать ее влияние на рабочую нагрузку, распределение внимания и ситуационную осведомленность как пилотов, так и диспетчеров. Например, современные высокоавтоматизированные кабины экипажа призваны снизить нагрузку на пилотов, однако они по-прежнему несут полную ответственность за выполнение автоматизированных задач и процедур [11, с. 48]. Это может привести к снижению внимания к автоматизированным процессам и, как следствие, к ухудшению ситуационной осведомленности. В случае сбоя автоматизированных систем это может иметь катастрофические последствия. Внедрение системы текстовой связи ASR-МТ способно оптимизировать рабочие процессы как в кабине пилотов, так и на рабочих местах диспетчеров, улучшив распределение умственной нагрузки, повысив осведомленность о ситуации и упростив управление вниманием.

Одной из ключевых проблем в текущей практике является неоднозначность в понимании сообщений от УВД (управления воздушным движением). Пилоты часто тратят значительное время на обсуждение и уточнение смысла таких сообщений, что увеличивает их рабочую нагрузку и отвлекает от выполнения основных задач. Внедрение системы текстовой связи позволит сократить время на разрешение неопределенностей, снизить



нагрузку на экипаж и высвободить больше времени для контроля за полетом и ориентацией в пространстве. Это особенно важно в критических ситуациях, связанных с безопасностью, таких как выбор взлетно-посадочной полосы, удержание позиции, взлет, посадка и другие ключевые этапы полета. Для эффективного распределения внимания пилотов может потребоваться внедрение специальных оповещений, которые будут привлекать их внимание к текстовым сообщениям, содержащим критически важные термины (например, «взлетно-посадочная полоса», «взлет», «спуск», «набор высоты», «поворот», «направление» и т.д.). Для этого можно использовать визуальные или звуковые сигналы, что особенно актуально в шумной обстановке кабины [11, с. 57].

Для авиадиспетчеров система ASR-МТ также предоставляет значительные преимущества. Устранение двусмысленности в коммуникациях повысит точность информации, поступающей к диспетчерам, что, в свою очередь, позволит им более эффективно управлять своей рабочей нагрузкой. Технология имеет потенциал для значительного сокращения, а в идеале — полного устранения ошибок в коммуникации между УВД и экипажами. Это не только повысит безопасность полетов, но и улучшит общую эффективность управления воздушным движением.

### **Выводы**

Внедрение системы связи, объединяющей автоматическое распознавание речи (ASR) и машинный перевод (МТ), на полетную палубу и в рабочие зоны управления воздушным движением (УВД) может привести к значительным улучшениям в когнитивной нагрузке, ситуационной осведомленности и распределении внимания среди пилотов и авиадиспетчеров. Эта система позволит автоматизировать процесс обработки и передачи информации, снижая тем самым нагрузку на человеческий мозг и улучшая общее качество взаимодействия между участниками воздушного движения.

Согласно данным Международной ассоциации воздушного транспорта (ИАТА), языковые барьеры в УВД остаются одной из серьезных проблем, несмотря на усиленные программы языковой подготовки и переподготовки специалистов. Проблемы включают сложность с пониманием произношения и различия в используемых языковых конструкциях, что может приводить к недопониманию и ошибкам в управлении полетами.

Технология ASR-МТ предлагает инновационное решение этой проблемы, способствуя существенному уменьшению уровня непонимания благодаря автоматическому переводу сообщений на понятный всем участникам язык. Таким образом, интеграция ASR-МТ в систему управления воздушным движением имеет потенциал значительно повысить эффективность и

безопасность авиационного сообщения, делая взаимодействие участников процесса более четким и надежным.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Alderson, J. C.** (2011), The politics of aviation English testing. *Language Assessment Quarterly*. – 8(4). – P. 386–403.

2 Automatic Speech Recognition for ATC. Sesar Digital Academy: 11/05/2021

3 **Barshi, I., Farris, C.** (2013), *Misunderstandings in ATC communication*. Farnham, UK: Ashgate Publishing Ltd.

4 **Covelli, J. M., Rolland, J. P., Proctor, M., Kincaid, J. P., Hancock, P. A.** (2010), Field of view effects on pilot performance in flight. *International Journal of Aviation Psychology*. – 20 (2). – P. 197–219.

5 Eurofighter Typhoon (2014), *Technology: Cockpit*. [Electronic resource]. – URL: <http://typhoon.starstreak.net/Eurofighter/cockpit.html>. Last accessed: 29 March, 2014.

6 IATA (2011), *Pilots and air traffic controllers phraseology study*. Montreal: International Air Transport Association.

7 ICAO (2007), *Manual of radiotelephony Doc 9432 AN/925*. Montreal: International Civil Aviation Organization.

8 **Jurafsky, D., Martin, J. H.** (2009), *Speech and language processing: An introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition*. 2nd international edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

9 LDACS – The future of ATC communications. Canso. 13/01/2023. [Electronic resource]. – URL: <https://canso.org/ldacs-the-future-of-atc-communications/#>

10 **Moriya Takafumi et al.** Alignment-Free Training for Transducer-based Multi-Talker ASR. arXiv:2409.20301v1 [eess.AS] 30 Sep 2024. URL: <https://arxiv.org/pdf/2409.20301>

11 **Wickens, C. D., McCarley, J. S.** (2008), *Applied attention theory*. Boca Raton/London/New York: CRC Press.

12 **Wickens, C.D., Vidulich, M., Sandry-Garza, D. L.** (1984), Principles of S-C-R compatibility with spatial and verbal tasks: The role of display-control location and voice interactive display-control interfacing. *Human Factors*. 26: 533-543.

Поступило в редакцию 07.12.24.

Поступило с исправлениями 11.12.24.

Принято в печать 27.12.24.

*\*Е. В. Шелестюк<sup>1</sup>, А. Ж. Суюнбаева<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Челябинск мемлекеттік университеті,  
Ресей Федерациясы, Челябинск қ.<sup>2</sup>Әуе қорғанысы күштері Әскери институты.

Қазақстан Республикасы, Ақтөбе қ.

07.12.24 ж. баспаға түсті.

11.12.24 ж. түзетулерімен түсті.

27.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

## **АВИАЦИЯЛЫҚ ҚАУПСІЗДІК: ASR-МТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ ҰШҚЫШТАР МЕН ӘУЕ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАСҚАРУДАҒЫ КАТЕЛІКТЕРДІ АЗАЙТУ РЕТІНДЕ**

*Мақалада ұшқыштар мен диспетчерлер арасындағы түсініспеушіліктерді азайту үшін заманауи инженерлік технологияларды пайдалануды зерттеу сипатталған. Соңғы уақытқа дейін әуе қозғалысын басқару хабарламаларын оңайлатуға және түсінуді жеңілдетуге, сондай-ақ ӘҚК байланыстарын оқыту стратегияларын жақсартуға айтарлықтай күш жұмсалды. Дегенмен, ситуациялық және операциялық контексттердегі түсінбеушіліктен туындаған радиобайланыс проблемалары сақталуда. Автоматты сөйлеуді тану (ASR) және машиналық аударма (MT) әдістерін пайдалану байланыс мәселелерін азайтып, жазатайым оқиғалар мен оқыс оқиғалардың алдын алуға көмектеседі. Ұшу палубасында және АТС жұмыс кеңістігінде іске асырылатын ASR-МТ байланыс жүйесінің конструкциясы сипатталған. ASR-МТ ақыл-ой жүктемесіне, жағдайды түсінуге және назар аударуға оң әсер етеді. АТС байланысының негізгі құралы – VHF және HF радио диапазондары арқылы, сондай-ақ спутник арқылы дауыстық байланысты пайдалану. Ұшқыштар мен диспетчерлер арасындағы анық, бір мағыналы, қысқа және тиімді байланысты қамтамасыз ету үшін арнайы фразеологиялар мен терминологиялар жасалды. АТС фразеологиясы/терминологиясы түсінігі қысқартылған сөздік қоры, нақты тағайындалған терминдер, жеңілдетілген синтаксис және өзгертілген айтылымы бар нақты техникалық қосалқы тіл ретінде сипатталуы мүмкін. АТС байланысын қателікке бейімді ету үшін ұшқыштар мен әуе қозғалысын басқарушылар арасындағы*

*байланысты қамтамасыз ету үшін тым көп кедергілер бар екені анық. Авторлар бұл жағдайдың авиациялық қауіпсіздікке айқын әсер ететінін алға тартады. Қиындық тек байланыс проблемаларының көптігінде ғана емес, сонымен қатар радиобайланыс кезінде туындауы мүмкін мәселелердің түрлерінде. Сөйлеуді автоматты түрде тану (ASR) мақсаты - сөзді мәтінге көшіру. Сөйлеуді автоматты түрде тануда соңғы жетістіктер болды, ASR шынымен адам мен компьютердің өзара әрекеттесу салаларында жұмыс істейді, мұнда сөйлеу теру мен телефониядан гөрі белгілі бір тапсырмалар үшін қолайлы енгізу әдісі ретінде қарастырылады. Eurofighter Турпооп (2014) ұшқыштарының тікелей дауыстық енгізуі сияқты әскери ұшақтарда ASR жүйелерін пайдалану ерекше маңызға ие; F35 сөйлеу жүйесі, дыбысты автоматты тану жүйелерін пайдалана отырып, әуе қозғалысының диспетчерлерін оқытады, оның соңғысын қазіргі уақытта, мысалы, АҚШ FAA өзінің АТС симуляторларында қолданады.*

*Кілтті сөздер: ASR-MT, зейін бөлу, АТС түсінбеушілігі, АТС фразеологиясы, автоматты сөйлеуді тану, машиналық аударма, психикалық жүктеме, ситуациялық хабардарлық, терминология*

\*E. V. Shelestyuk<sup>1</sup>, A. Zh. Suyunbaeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chelyabinsk State University,  
Russian Federation, Chelyabinsk.

<sup>2</sup>Military Institute of the Air Defense Forces,  
Republic of Kazakhstan, Aktobe

Received 07.12.24.

Received in revised form 11.12.24.

Accepted for publication 27.12.24.

## **AVIATION SECURITY: ASR-MT TECHNOLOGIES TO REDUCE PILOT AND AIR TRAFFIC CONTROL MISUNDERSTANDINGS**

*The article describes a study on the use of modern engineering technologies to minimize misunderstandings between pilots and air traffic controllers. Until recently, significant efforts have been directed toward simplifying and improving the understanding of air traffic control (ATC) messages, as well as developing more advanced strategies for ATC communication training. However, issues in radio communication persist, primarily caused by misunderstandings in situational and operational*

*contexts. The application of automatic speech recognition (ASR) and machine translation (MT) technologies can reduce communication problems and help prevent accidents and incidents. The article presents a project for an ASR-MT communication system integrated into the flight deck and ATC workspaces. The ASR-MT system positively impacts mental workload, situational awareness, and attention distribution. The primary means of ATC communication remains voice communication via VHF, HF, and satellite radio bands. To ensure clear, unambiguous, concise, and effective communication between pilots and controllers, specific phraseology and terminology have been developed. This technical sublanguage is characterized by a reduced vocabulary, strictly defined terms, simplified syntax, and adapted pronunciation, which minimizes the likelihood of errors. Despite these efforts, significant barriers to safe communication remain, posing serious risks to aviation safety. Communication issues are not only numerous but also diverse, making them challenging to address. ASR technology, which aims to convert speech into text, has made significant progress in recent years. It is already being successfully used in the field of human-computer interaction, where speech is recognized as a more convenient and efficient method of data input. Voice input (sometimes with automated simultaneous translation) and its text display on the screen in the background can facilitate communication. The integration of such technologies into the aviation industry could be a significant step toward enhancing the safety and reliability of ATC communication. Of particular importance is the use of ASR systems in military aircraft, e.g. direct voice input by pilots in the Eurofighter Typhoon (2014), the F35 speech system, ATC training using automatic speech recognition systems, currently employed, for example, by the U.S. FAA in ATC simulators.*

*Keywords: ASR-MT, attention distribution, ATC misunderstanding, ATC phraseology, automatic speech recognition, machine translation, mental load, situational awareness, terminology*

Теруге 24.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

492 Кб RAM

Шартты баспа табағы 4,1.

Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. Ж. Шокубаева

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4339

Сдано в набор 24.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 г.

Электронное издание

492 Кб RAM

Усл.печ.л 4,1. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: Шокубаева З. Ж.

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4339

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

vestnik-humanitar.tou.edu.kz