Шелестюк Е.И. [1], Суюнбаева А.Ж.[2]
[1]*Челябинский государственный университет, РФ, город Челябинск*
[2]*Военный институт Сил воздушной обороны имени Т.Я.Бегельдинова,*
Республика Казахстан, город Актобе
shelestiuk@yandex.ru

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

Аннотация: В статье описывается исследование использования современных инженерных технологий для минимизации недопонимания между пилотами и авиадиспетчерами. До недавних пор значительные усилия направлялись на упрощение и облегчение понимания сообщений управления воздушным движением, а также на более совершенные стратегии обучения коммуникации УВД. Однако проблемы радиосвязи сохраняются, они вызваны недопониманием в ситуационном и оперативном контекстах. Использование методов автоматического распознавания речи (ASR) и машинного перевода (MT) может уменьшить проблемы связи и способствовать предотвращению аварий и инцидентов. Описывается проект системы связи ASR-MT, внедренной в полетную палубу и рабочие пространства УВД. ASR-MT положительно влияет на умственную нагрузку, осведомленность о ситуации и распределение внимания.

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

Введение

Связь с УВД представляет собой сложное явление, включающее в себя ряд различных аспектов: лингвистические, когнитивные, психологические, коммуникативные, технические, аспекты человеческого фактора, комбинации разных аспектов (например, лингвистические/когнитивные).

Основным средством связи УВД является использование голосовой связи через УКВ и КВ диапазоны радио, а также через спутник. С целью обеспечения четкой, однозначной, краткой и эффективной связи между пилотами и авиадиспетчерами были созданы конкретная фразеология и терминология. Понятие фразеологии/терминологии УВД можно описать как специфический технический подъязык с уменьшенным словарным запасом, четко назначенными терминами, упрощенным синтаксисом и измененным произношением. Этот контролируемый язык направлен на то, чтобы избежать недопонимания путем устранения негативного влияния конкретных языковых явлений, таких как:

- омофоны, например , to и two;
- омографы, например, close (близкий или закрывать);
- омонимы, например, go ahead (что означает призыв говорить или двигаться вперед);
- синонимы, например, runway holding point (точка удержания взлетно-посадочной полосы, линия "стоп" на аэродроме; место ожидания разрешения на взлет или посадку, контрольная точка аэродрома) и runway holding position (положение удержания взлетно-посадочной полосы).

Международная организация гражданской авиации разработала и опубликовала стандарт фразеологии УВД [6] – международный стандарт, который был принят во всем мире. Тем не менее, Международная ассоциация воздушного транспорта подчеркивает, что однозначная радиосвязь между пилотами и УВД бывает затруднена, поскольку обе группы часто отклоняются от этого стандарта [5, с. 7–8], используя нестандартные фразы, например, *ready for take-off*, вместо фразы ИКАО *ready for departure*. Также отмечается, что качество английского языка, на котором говорят обе стороны, характеризуется более или

менее выраженными диалектами и акцентами.

Ряд жизненно важных рекомендаций по улучшению связи УВД включают предложения относительно длины сообщений УВД, сложности сообщений и формулировок фразеологизмов (например, [2]). Следует отметить и исследования, в которых предложены новые методы и техники профессиональной подготовки, призванные помочь уменьшить количество ошибок в связи с УВД (например, [1, 7]). Другие исследования были сосредоточены на фактическом методе передачи сообщений УВД пилотам и авиадиспетчерам. Текстовые сообщения, например, как дополнительное средство голосовой связи изучались в исследованиях по передаче данных между пилотами и УВД (например, [3]). Сообщения УВД могут отправляться в виде текста и показываться в виде текста на дисплеях в полетной палубе и на экранах в рабочем пространстве авиадиспетчеров. Вместе с тем, такая передача данных является ограниченной услугой, она используется только для навигации по маршруту. Другими словами, такие сообщения используются во время фаз полета с низкой рабочей нагрузкой, как правило, в крейсерской фазе. Следует отметить, что пилоты считают обмен сообщениями по каналам передачи данных трудоемким и громоздким в использовании. Сообщения о каналах передачи данных имеют явный недостаток по сравнению с голосовыми сообщениями, особенно когда пилоты выполняют многозадачную деятельность, поскольку они быстрее говорят по радио, чем читают текст.

Недопонимание в УВД

Несмотря на то, что было дано много рекомендаций о том, чтобы сделать связь УВД менее подверженной ошибкам, ясно, что существует слишком много барьеров для безопасной связи между пилотами и авиадиспетчерами. Такая ситуация имеет очевидные последствия для авиационной безопасности. Трудность заключается не только в большом количестве проблем связи, но и в типах проблем, которые могут возникнуть во время радиообмена. В целом, проблемы недопонимания можно разделить на несколько основных групп.

- Отклонение от стандартного набора фраз, например, когда носители и неносители языков ИКАО говорят сложными и нестандартным фразами. Замечено, что понимание в ситуациях, когда люди разговаривают с людьми, хуже, чем тогда, когда люди общаются с компьютерами. Понимание происходит намного лучше, когда люди разговаривают с компьютерами, поскольку в таких случаях они, как правило, говорят медленнее, более просто, четко и ясно [7]. Таким образом, этот тип проблемы коммуникации может быть улучшен путем специальной подготовки в области использования авиационного языка, позволяющей корректировать свой язык при сообщениях, делать его более простым и ясным в ходе УВД.
- Вариации в произношении носителей и неносителей языка.
- Вариации просодики, т. е. темпа, ритма, высоты и громкости, носителями языка и неносителями языка.
- Использование нестандартной фразеологии.
- Отсутствие глобальной стандартизации и гармонизации фразеологии УВД, что приводит к использованию нескольких стандартов, в том числе международный стандарт фразеологии ИКАО; стандарты европейских и др. стран, которые также приняли некоторые нестандартные фразы, включая стандарт фразеологии CAA в Британии, который намеренно включает некоторые нестандартные фразеологизмы [8]; стандарт фразеологии FAA в США, в котором также используется нестандартная фразеология.

Хотя существует множество публикаций по проблемам коммуникации, возникающим в связи с использованием нестандартной фразеологии и терминологии УВД, редко обсуждается вопрос о существовании различных стандартов фразеологии и терминологии УВД. Между тем есть различия между североамериканским, британским стандартом фразеологии УВД и стандартом фразеологии УВД ИКАО [5, с. 54].

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

ИКАО	Управление гражданской авиации CAA, 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 фартук	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

Фразеология ИКАО, преподаваемая британским пилотам, предусматривает, что пилот, ответственный за связь УВД, должен объявить оповещение с использованием выражения *PAN PAN PAN* с последующим упоминанием позывного вместе с характером чрезвычайной ситуации, например, состояние низкого уровня топлива, наземному управлению УВД.

Стандарт фразеологии ИКАО рекомендуется использоваться во всем мире, однако в той или иной степени страны приняли свои собственные стандарты фразеологии [6]. Причины, по которым отдельные страны не желают принимать стандарт ИКАО, могут быть обусловлены культурными и политическими причинами. Может возникнуть национальное нежелание принимать стандарт, который «навязывается» им международной организацией. Исследование фразеологии ИАТА утверждает, что специальное исследование «придаст импульс большей гармонизации коммуникаций» [5, с.54]. Однако гармонизация фразеологии и терминологии УВД не является чем-то, что должно быть оставлено на усмотрение авиакомпаний и национальных авиационных регуляторов, но это то, что следует рассматривать как необходимое для повышения авиационной безопасности.

Коммуникация УВД является крайне важной для безопасности. Использование нестандартных фраз и терминов УВД уже привело к нескольким авиационным авариям со смертельным исходом (например, крушение Avianca в Нью-Йорке в 1990 году, авария самолетов KLM и PanAm на Тенерифе в 1977 году). Различия в произношении английского языка, быстрая речь и особенности речи также являются значительным препятствием для эффективной коммуникации, в т. ч. среди носителей английского языка. Также пилоты путаются, когда находятся, например, на подходе к иностранному аэропорту и слышат, как УВД разговаривает с другим самолетом на той же траектории полета на местном языке. Те

пилоты, которые не могут говорить на местном языке, не будут знать, что делает этот конкретный самолет с точки зрения высоты, скорости, курса и т. д. Также велика опасность в случае существования нескольких стандартов фразеологии. Это может быть даже несмотря на регулярную подготовку в чрезвычайных ситуациях. Следовательно, пилот неамериканской авиакомпании, может, как это было в случае с катастрофой Avianca в 1990 году, использовать неправильную фразу в чрезвычайной ситуации в воздушном пространстве США.

Поскольку голосовая связь сталкивается со многими проблемами, а служба передачи данных не может значительно улучшить связь УВД, жизненно важно, чтобы пилотам и авиадиспетчерам был предоставлен дополнительный метод связи, который может решить и уменьшить все вышеупомянутые проблемы связи. Решением является создание системы коммуникации на основе языковых инженерных технологий, в частности, *технологии автоматического распознавания речи* (ASR) *и машинного перевода* (MT).

Автоматическое распознавание речи

Целью *автоматического распознавания речи (ASR)* является передача речи в текст. Произнесенные слова преобразуются в письменные слова путем разложения слова на более мелкие единицы речи, которые формируют основу для алгоритмов распознавания речи. В автоматическом распознавании речи в последнее время произошел прогресс, ASR реально работает в областях взаимодействия человека и компьютера [7, с. 319], где речь рассматривается как более подходящий метод ввода для определенных задач, чем набор текста и телефония. С помощью ASR пользователи могут бронировать авиабилеты, билеты, назначать встречи и так далее. Диктовка позволяет транскрибировать речь в письменный текст и получать субтитры в режиме реального времени с использованием технологии озвучивания (respeaking).

Особое значение имеет использование систем ASR в военных самолетах, например, прямой голосовой ввод пилотами в Eurofighter Typhoon (2014); речевая система F35 [4], обучение авиадиспетчеров с использованием автоматических систем распознавания речи [9], последний из которых в настоящее время используется, например, FAA США в своих симуляторах ATC.

В действительности, однако, существуют узкие места систем ASR (размер словарного запаса, шум, характеристики речи), которые негативно влияют на производительность с точки зрения точности и скорости. Тем не менее, производительность можно повысить, применяя определенные ограничения. Такие ограничения будут включать меньшие размеры словарного запаса, снижение шума, использование каналов высокого качества и обучение систем на отдельных динамиках. В отличие от более старых систем, современные системы ASR поддаются обучению [7, с.207], их технология основана на статистических моделях. Поскольку фразеология ATC является подъязыком с уже сокращенным словарным запасом и с измененным произношением, ожидается, что уровни производительности ASR будут намного выше, чем при общем языке.

Машинный перевод

Машинный перевод (MT) выполняет перевод с одного языка на другой с помощью компьютера без вмешательства человека, за исключением этапов до и после процесса перевода, где может потребоваться помощь человека [3, с.198]. В настоящее время также растет спрос на интеграцию технологии MT с другими технологиями языковой инженерии, например, с системами речевого ввода/вывода, эта интеграция технологий помогает исправлять продолжающиеся проблемы связи УВД.

Современная технология, используемая в системах MT, является гибридной, она объединяет методы, основанные на правилах, а также статистические и примерные методы. Одним из наиболее известных механизмов машинного перевода является Systran, который представляет собой гибридный движок, который сочетает в себе подход к машинному переводу (RBMT) на основе правил со статистическим подходом к машинному переводу (SMT). Гибридные методы Systran хорошо подходят для работы с разговорными языками,

как это было бы в случае с коммуникацией в ходе УВД. RBMT-часть гибридного подхода Systran обеспечивает высокопроизводительную согласованность и предсказуемость переводов, а также высокую приверженность терминологии и фразеологии, что является основным требованием для УВД коммуникаций. Основным преимуществом этого комбинированного подхода является то, что в определенной области, например в связи с УВД, качество переводов существенно улучшается.

Как и системы ASR, производительность систем МТ зависит от многих проблем, присущих языку и речи, таких как различные грамматические структуры, омонимия, полисемия и синонимия. Производительность МТ увеличивается тем больше, чем больше очерчена разграничена область, например, высококачественные результаты были достигнуты в области метеорологии [2], которая характеризуется метеорологическими сводками в стандартизированной форме, сокращенной и однозначной терминологией, контролируемым языком (ограниченное использование синтаксических структур) и повторяющейся информацией [7, с.898]. Коммуникации УВД представляют собой аналогичный ограниченный язык и ограниченную область.

Предлагаемая система связи ASR-MT

Основные выводы в области ASR и МТ ясно показывают, что эти технологии работают значительно лучше при работе со стандартизированными и ограниченными подъязыками, к которым принадлежит фразеология УВД.

Решение проблем идет по следующим направлениям:

а) предполагается, что система позволит использовать текстовые переводы на английский язык в режиме реального времени всякий раз, когда местные языки используются пилотами и авиадиспетчерами. Переводы должны отображаться на соответствующих экранах в полетной палубе и в рабочей среде управления воздушным движением;

б) планируется, что система будет преобразовывать разговорные английские сообщения УВД в текст в режиме реального времени, чтобы пилоты и УВД могли обнаруживать нестандартные фразы. Как и переводы сообщений на местные языки, эти текстовые сообщения УВД также должны воспроизводиться на подходящих экранах в полетной палубе и в рабочем пространстве УВД.

Система связи ASR-MT должна быть сопряжена с системой радиосвязи. Она предоставляет пилотам и авиадиспетчерам текстовые версии передаваемых голосовых сообщений, для каждого голосового сообщения УВД конкретному самолету на экране полетной палубы этого самолета отображается транскрибированная текстовая версия в режиме реального времени. Любое другое воздушное судно, которое находится в том же воздушном пространстве на той же радиочастоте (или находится на земле в том же аэропорту) и на котором установлена система связи ASR-MT, также будет получать текстовую версию этого конкретного сообщения УВД на своих дисплеях, слышать и слушать сообщения УВД, предназначенные для других самолётов. Если во время связи с УВД используется местный язык, в дополнение к системе ASR активируется система МТ, а пилоты и авиадиспетчеры будут получать английские переводы того, что было передано на этом местном языке, на своих соответствующих дисплеях в режиме реального времени. Таким образом, пилоты с других самолетов всегда смогут контролировать передачи УВД на местном языке, например, между соседним самолетом и управлением воздушным движением, и быть в курсе того, что делает или не делает этот конкретный самолет. Другими словами, пилоты и авиадиспетчеры выигрывают от повышения ситуационной осведомленности.

Система связи ASR-MT на полетной палубе

В зависимости от отдельных этапов полета (например, предполетная подготовка, взлет, крейсерский режим и т. д.), пилоты должны будут решить, хотят ли они смотреть на текст, отображаемый на экранах. Например, если на радио используются местные языки, второй пилот может читать инструкции УВД на дисплее, чтобы узнать, что происходит в

воздушном пространстве, на земле, при движении и особенно вблизи взлетно-посадочных полос. Точно так же, если связь УВД ведется на понятном языке, но используются некоторые нестандартные фразы, второй пилот может перепроверять сообщения между УВД и другим самолетом на текстовом дисплее и, при необходимости, обратиться к управлению воздушным движением за разъяснениями.

В многозадачной рабочей среде, где пилоты выполняют несколько задач одновременно, используя свои руки, глаза, речь и другие чувства, предоставление им возможности читать или игнорировать текстовые дисплеи означает, что во время высокой рабочей нагрузки (например, взлет, заход на посадку) нелетающему пилоту придется читать текстовые дисплеи, только если это абсолютно необходимо. Это было бы особенно важно в критически важных для безопасности ситуациях, когда очевидно, что коммуникация УВД должна быть абсолютно точной. Таким образом, метод связи ASR-MT может уменьшить ситуации высокой рабочей нагрузки, поскольку у пилотов будет больше времени для полета и навигации. Когда рабочая нагрузка увеличивается, коммуникация имеет тенденцию свертываться, при высокой рабочей нагрузке продолжительность связи между пилотами и диспетчерами уменьшается [2, 3]. В целом, слух пилотов является первым чувством, которое затрагивается негативно в критических ситуациях (см. модель ограниченной пропускной способности [2, с.187], другие органы чувств, прежде всего, зрение, затрагиваются в меньшей степени. Это делает чтение предпочтительным вариантом восприятия информации по сравнению с прослушиванием.

Система ASR-MT с текстовыми дисплеями облегчает восприятие и позволяет экономить драгоценное время, поскольку возможность читать по мере необходимости текстовые сообщения УВД на навигационных экранах по соображениям безопасности – это задача, которая воспринимается пилотами намного быстрее, чем физически запрашивать у диспетчера обратную связь [2, с.189]. Следовательно, дать пилотам с большой нагрузкой возможность читать текст только в случае необходимости и позволить им сосредоточиться на полете и навигации кажется наиболее подходящим решением.

Следует отметить, что, даже если частота ошибок в системе ASR-MT может оказаться выше, чем хотелось бы, а скорость трансляции иногда может быть не такой быстрой, как требуется, тем не менее результаты могут быть полезны для пилотов и диспетчеров воздушной перевозки, в частности в критических для безопасности ситуациях. Например, даже если перевод сообщения УВД может выглядеть слегка запутанно, если нестандартное сообщение УВД приводит к приблизительной или неполной расшифровке, такие результаты, тем не менее, можно рассматривать как улучшенную ситуацию общения. Пилоты могут хотя бы получить представление о том, что было сказано, посмотрев на текстовые дисплеи. Если они могут обнаружить какие-либо критические условия безопасности, например, упоминание *взлетно-посадочной полосы*, *положения удержания*, *взлета*, *допуска к посадке* и т. д., они будут иметь лучшую ситуационную осведомленность.

Соображения человеческого фактора

Палубы самолетов и рабочие места авиадиспетчеров – это среды, в которых очень высокие нагрузки могут возникать время от времени во время определенных полетов (например, взлет, посадка), в определенное время суток и в чрезвычайных ситуациях. Поэтому крайне важно, чтобы предлагаемая система связи ASR-MT была интегрирована в обе рабочие среды таким образом, чтобы это не оказывало негативного влияния на рабочую нагрузку, распределение внимания и осведомленность о ситуации обеих групп специалистов. Например, высокоавтоматизированные кабины предназначены для снижения рабочей нагрузки, но пилоты по-прежнему несут полную ответственность за автоматизированные задачи, процедуры и процессы [8, с.48]. В результате такой автоматизации пилоты могут не уделять большого внимания автоматизированным задачам и процедурам, что может привести к снижению ситуационной осведомленности. Ситуация может иметь катастрофические последствия, когда автоматизированные процессы перестанут работать. Предлагаемая система текстовой связи может оптимизировать

высокоавтоматизированное рабочее место пилота и рабочую среду авиадиспетчеров с точки зрения умственной нагрузки, осведомленности о ситуации и распределения внимания.

Пилоты нередко не уверены в содержании сообщений УВД, и довольно значительное количество времени тратится на обсуждение друг с другом значения сообщений УВД, что неизменно требует запроса УВД, чтобы убедиться, что пилоты поняли сообщение правильно. В этих случаях внедрение системы текстовой связи, по-видимому, приведет к уменьшению рабочей нагрузки и гораздо быстрее разрешит любую неопределенность в отношении сообщений УВД среди пилотов. У пилотов будет больше времени, на сам полет и ориентацию. Если они обнаружат какие-либо критически важные для безопасности условия, например, касательно *взлетно-посадочной полосы, положения удержания, взлета, допуска к* посадке и т. д., они будут в курсе этого. С точки зрения распределения внимания, пилотам может потребоваться специальное оповещение о текстовых отображениях входящих сообщений УВД, если некоторые из них содержат критически важные для безопасности термины, такие как *взлетно-посадочная полоса, взлет, спуск, набор высоты, поворот, направление* и так далее. В этой связи необходимо рассмотреть возможность использования подсказок, чтобы направлять внимание пилотов на соответствующий экран так, чтобы полет насколько возможно проходил в штатном режиме. Например, в шумной среде кабины при проектировании системы связи ASR-MT необходимо учитывать визуальный или звуковой сигнал [8, с.57].

Использование системы связи ASR-MT позволит повысить осведомленность диспетчеров о ситуации, отсутствие двусмысленности в коммуникациях значительно повысит точность информации, предоставляемой диспетчерам. Достоверность информации, кроме того, позволит диспетчерам управлять своей рабочей нагрузкой значительно более эффективно, чем в настоящее время. Потенциал технологии заключается в том, что она может уменьшить, если не полностью устранить, ошибки в коммуникации УВД.

Выводы

Система связи ASR-MT, внедренная в полетную палубу и рабочие пространства УВД, может положительно повлиять на умственную нагрузку, осведомленность о ситуации и распределение внимания пилотов и авиадиспетчеров. Как показывают данные ИАТА, языковые проблемы в УВД, трудности понимания произношения и ситуации использования разных языков не могут быть разрешены путем более интенсивного языкового обучения и переобучения пилотов и диспетчеров. Но технология ASR-MT дает надежду, что недопонимание в УВД может быть значительно уменьшено.

Список использованных источников

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

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

3. 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), 197-219.

4. Eurofighter Typhoon (2014), Technology: Cockpit. Available at: http://typhoon.starstreak.net/Eurofighter/cockpit.html. Last accessed: 29 March 2014.

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

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

7. 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.

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

9. 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.