

# ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ В КОСМОС

## THEORY AND PRACTICE OF HUMAN SPACE FLIGHTS

УДК 159.9:629.7, 629.7.069:159.9

### ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОЛОСОВОГО АССИСТЕНТА КОСМОНАВТА

Д.Н. Рулев, С.И. Ашманов, А.Ю. Калери, А.В. Левченко,  
Е.В. Прокопьев, А.В. Колесников

Канд. физ.-мат. наук Д.Н. Рулев; Герой Российской Федерации,  
летчик-космонавт РФ А.Ю. Калери; А.В. Левченко; Е.В. Прокопьев;  
А.В. Колесников (ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»)  
С.И. Ашманов (ООО «Лаборатория Наносемантика»)

В статье рассматривается подход к технологии разработки программного обеспечения голосового ассистента космонавта на базе информационной системы для разработки интеллектуальных виртуальных ассистентов DialogOS. Планируется отработать технологию разработки ассистента по основным темам взаимодействия космонавт–ассистент: планы работ, бортовые инструкции, логистика и инвентаризация, управление операциями, психологическая поддержка, а также отработать учет влияния условий космического полета на частотно-акустические характеристики речи, их идентификацию и распознавание содержания речи.

**Ключевые слова:** голосовой ассистент, темы взаимодействия, условия космического полета, частотно-акустические характеристики речи, распознавание речи

### **Approach to the Development of Software for a Cosmonaut's Voice Assistant. D.N. Rulev, S.I. Ashmanov, A.Yu. Kaleri, A.V. Levchenko, E.V. Prokopyev, A.V. Kolesnikov**

The paper considers an approach to the technology of developing software for a cosmonaut's voice assistant based on the information system for the development of intelligent virtual assistants DialogOS. It is planned to work out the technology for developing an assistant on the main topics of cosmonaut-assistant interaction: work plans, on-board instructions, logistics and inventory, operations management, psychological support and also an accounting of the impact of space flight conditions on the frequency-acoustic characteristics of speech, their identification and recognition of speech content.

**Keywords:** voice assistant, interaction topics, spaceflight conditions, speech frequency-acoustic properties, speech recognition

В настоящее время осуществляется подготовка создания голосового ассистента космонавта. Работы выполняются в рамках космического эксперимента «Ассистент», целью которого является отработка технологии создания и сопровождения в полете виртуального ассистента космонавта, выполнение экспериментальных исследований влияния условий космического полета на эффективность технологий распознавания и идентификации речи космонавта [3, 7]. Решаемыми задачами являются:

– разработка и отработка сопровождения в полете программного обеспечения виртуального ассистента космонавта, включая тематики: планы работ, бортовые инструкции, логистика и инвентаризация, управление операциями, психологическая поддержка;

– отработка учета влияния условий космического полета (микрогравитация, шумленность, ограниченное пространство, автономность) на частотно-акустические характеристики речи, их идентификацию и распознавание содержания речи.

### **Проблематика исследования**

Виртуальный ассистент предоставляет космонавту удобный интерфейс к различным информационным материалам, документации и базам данных. Потребность в данной технологии обусловлена как существенной нагрузкой на зрительный анализатор в ходе выполнения космонавтом полетной программы, так и большим объемом используемой на борту информации. В то же время в условиях сенсорной депривации и монотонности использование космонавтом аудиальной информации по запросу может составлять существенный резерв психологической поддержки.

Частотно-акустические характеристики речи могут изменяться в условиях микрогравитации (по-разному) при нахождении внутри герметичного отсека космического аппарата (КА) и в ходе внекорабельной деятельности), в частности, по причине перераспределения жидких сред (которое затрагивает и речевой аппарат), а также космической болезни движения; на распознавание содержания и идентификацию речи существенно влияет повышенная шумленность на КА (вследствие работы систем вентиляции) и специфика ограниченного пространства (объема отсеков КА и/или скафандра) [2].

Фактор автономности космонавта в условиях космического полета требует, чтобы вычислительное устройство, решающее указанные задачи, располагалось непосредственно на борту КА с возможностью передачи файлов между Землей и КА не в режиме реального времени.

Первым опытом апробации использования голосовой технологии на российском сегменте (РС) МКС является голосовое взаимодействие космонавта с роботом Skybot F-850 (Фёдор) при выполнении эксперимента «Испытатель» (2019).

Основные зарубежные исследования в данном направлении представлены проектами Astrobbee (реализуется NASA, США) и CIMON (Crew Interactive MOBILE Companion – интерактивный мобильный помощник экипажа; реализуется под эгидой Германского космического агентства – DLR Space Administration).

Спутник-робот Astrobbee (рис. 1) кубической формы (сторона ~32 см) предназначен для проведения экспериментов и поддержки деятельности астронавтов внутри МКС. Компьютерная система спутника-робота Astrobbee должна обеспечить астронавтов возможностью коммуникации друг с другом и предоставить необходимую справочную информацию по выполняемым ими работам.



Рис. 1. Спутник-робот Astrobbee

Спутник-робот CIMON (рис. 2) – диаметр ~35 см разработан компанией AIRBUS в кооперации с компанией IBM и предназначен для помощи астронавтам при выполнении повседневных задач и разнообразных экспериментов, в том числе спутник должен иметь функционал голосового взаимодействия с астронавтами, фиксировать и распознавать голоса и выражения лиц астронавтов.

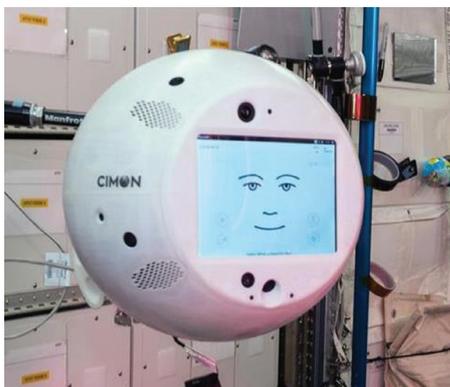


Рис. 2. Спутник-ассистент CIMON

## Программное обеспечение ассистента

Программное обеспечение голосового ассистента создается на базе информационной системы (ИС) для разработки интеллектуальных виртуальных ассистентов Dialog Operating System (DialogOS) компании «Лаборатория Наносемантика»<sup>1</sup> [4]. DialogOS включает в себя всю необходимую функциональность для создания и обучения виртуальных ассистентов, позволяющих вести коммуникацию с пользователем в различных текстовых и голосовых каналах. Профессиональная платформа для создания интеллектуальных голосовых и текстовых роботов/ассистентов в веб-интерфейсе DialogOS обеспечивает:

- эффективное использование управляемого машинного обучения;
- разработку развернутых сценариев диалога;
- работу с произвольными естественными языками;
- визуальный конструктор ответов ассистента;
- инструментарий для разметки намерений и сущностей;
- инструменты коллективной разработки, включая версионирование;
- разработку баз данных, с которыми может работать не программист;
- голосовой ввод сообщений и синтез речи;
- тестирование по ходу разработки;
- управление пользователями и правами.

Информационная модель использования DialogOS представлена на рис. 3. Входящий запрос от диалоговой платформы обрабатывается сервисами, входящими в состав DialogOS, результатом чего является ответное сообщение, отправляемое в диалоговую платформу [1]; информация по обработанному сообщению сохраняется сервисом журналирования в базе данных.

В DialogOS в качестве обучающего материала для построения автоматизированных диалогов используются:

- дата-сеты – наборы примеров входящих запросов (на них обучается нейронная сеть);

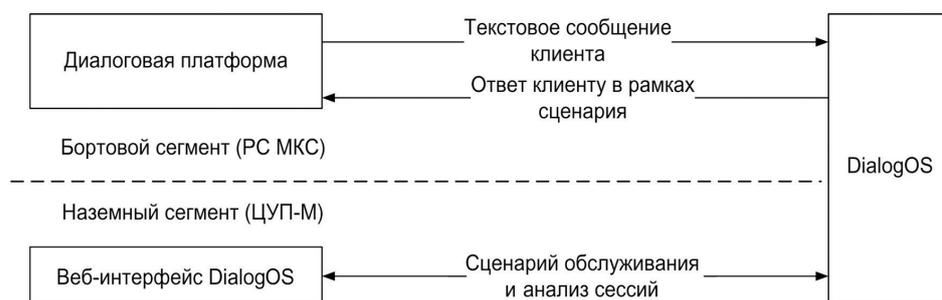


Рис. 3. Информационная модель использования DialogOS в космическом эксперименте «Ассистент»

<sup>1</sup> <https://docs.dos.nanosemantics.ai>

- дата-сетов – наборы примеров с разметкой объектов и их наименований (для распознавания именованных сущностей (Named Entity Recognition, NER) – семантических объектов, которые могут быть выделены в запросе пользователя и выражены словом или последовательностью слов);

- наборы правил на языке DL (Dialog language) – специализированном языке для описания правил и эвристик анализа запроса пользователя и формирования ответа системы.

Данные, описанные на языке DL, и наборы примеров запросов для обучения нейросетей формируют базу знаний виртуального ассистента. Для работы с базой знаний используется специальное программное обеспечение – диалоговый процессор. Диалоговый процессор получает на вход очередную реплику пользователя, а на выходе формирует ответ системы.

Минимально необходимый набор возможностей DialogOS, используемый при разработке голосового ассистента космонавта, следующий:

- построение глубоких (множественные пары «вопрос-ответ») диалогов с виртуальным ассистентом, выполнение разветвленных сценариев общения;

- отслеживание контекста и истории текущего диалога, снятие неоднозначности методом уточняющих вопросов, поддержание связности общения и возвращение к исходной теме диалога;

- формирование и использование диалогового профиля собеседника;

- использование в процессе генерации ответа данных внешних (пользовательских) информационных сервисов и баз данных;

- обработка события диалога, в том числе формирование реакции на неактивность пользователя в течение заданного промежутка времени;

- поддержка словарей, готовых лингвистических модулей, одновременное использование основной и пользовательской баз знаний.

## **База знаний ассистента**

Формирование базы знаний ассистента космонавта [6] включает разработку сценариев диалогов по всем заявленным тематикам, а также построение контрольных фраз/словосочетаний, которые будет озвучивать космонавт для решения задач, связанных с выполнением экспериментальных исследований, и отработки учета влияния условий космического полета на частотно-акустические характеристики речи, их идентификацию и распознавание содержания речи.

Для разработки программного обеспечения ассистента космонавта по темам планов и логистики/инвентаризации предполагается использовать текущие данные суточных планов и системы инвентаризации РС МКС по темам инструкций и управления операциями – данные текущих бортовых инструкций и текущих операций на РС МКС; по непроизводственной тематике – разнообразные бытовые темы.

По тематике системы инвентаризации РС МКС, в частности, актуальны вопросы, связанные с использованием предметов, имеющих ближайший/истекающий срок годности. По тематике управления операциями в части визуально-инструментальных наблюдений Земли интерес представляют вопросы о времени и условиях наблюдений исследуемых наземных объектов. По тематике бортовых инструкций актуальны вопросы по наиболее сложной и/или новой (вновь доставленной на борт) аппаратуре.

В качестве примера приведем вариант диалога космонавта (пользователь) с ассистентом «Лучик» на тему поиска объекта в системе Инвентаризации грузов РС МКС (тематика: логистика и инвентаризация):

**Пользователь:** ищу перфоратор.

**Лучик:** Перфоратор располагается в СМ1РО\_1\_134\_1.

*Примечание:* КЭ «Хроматомасс-спектр М».

**Пользователь:** А статус у него какой?

**Лучик:** Перфоратор. Статус: Хранение.

**Пользователь:** А серийный номер?

**Лучик:** Перфоратор. Серийный номер: 00055071R.

**Пользователь:** А штрихкод есть?

**Лучик:** Перфоратор. Штрихкод: 00055071R.

**Пользователь:** А индекс?

**Лучик:** Перфоратор. Индекс: NA\_перфоратор.

**Пользователь:** А какой индекс у отвертки?

**Лучик:** Отвертка. Индекс: ЭЦО.017.80.

**Пользователь:** А где ее найти?

**Лучик:** Отвертка располагается в ФГБ1ПГО\_2\_219\_1.

В ходе наземной подготовки к полету (а также после выполнения полета) будут выполняться наземные сеансы по взаимодействию космонавта с программным обеспечением голосового ассистента космонавта.

В сеансах эксперимента на борту РС МКС космонавт будет эксплуатировать программное обеспечение ассистента и выполнять его оценивание (в соответствии с методикой выполнения эксперимента). Полученные на борту массивы данных будут передаваться на Землю (по линиям связи).

В передаваемые с борта данные, наряду с системной/служебной информацией по анализу сессий, будут входить непосредственно аудиофайлы, которые будут использоваться для решения задач отработки учета влияния условий космического полета на частотно-акустические характеристики речи, их идентификацию и распознавание содержания речи.

С Земли на борт будут передаваться файлы версий программного обеспечения и данные для его работы (исходное программное обеспечение – на носителе информации, далее – по линиям связи).

На рис. 4 показан пример расположения на РС МКС бортового компьютера, который планируется использовать для размещения программного обеспечения ассистента космонавта. Если экран компьютера не используется

космонавтом для получения иной информации, то на нем предполагается отображать графическое изображение образа ассистента и/или текст ведущего диалога. На рисунке представлен вариант графического изображения ассистента «Лучик», который используется для тестирования разрабатываемого программного обеспечения.



Рис. 4. Пример размещения на РС МКС бортового компьютера с программным обеспечением ассистента космонавта с отображением на экране текста ведущего диалога и графического изображения ассистента «Лучик»

## Выводы

Таким образом, предложена технология разработки программного обеспечения голосового ассистента космонавта на базе профессиональной платформы для создания интеллектуальных голосовых и текстовых роботов/ассистентов в веб-интерфейсе DialogOS, содержащей всю необходимую функциональность для решения целевой задачи.

В настоящее время выполняется оценка работоспособности программного обеспечения разрабатываемой системы на имеющихся бортовых вычислительных средствах и в условиях моделируемой шумовой обстановки РС МКС [5], тестирование возможных диалоговых схем и формирование специализированной базы знаний. Решение поставленных в настоящей работе задач позволит подготовить штатное использование голосовых технологий на РС МКС и перспективной космической станции.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Патент № 2759090 Российская Федерация, МПК G06F 3/048(2013.01), G10L 15/22 (2006.01). Способ управления диалогом и система понимания естественного языка в платформе виртуальных ассистентов: № 2020141962: заявл. 2020.12.18:

- опубл. 2021.11.09 / Ашманов С.И., Сухачев П.С., Зоркий Ф.К. – с. 28.: ил. – Текст: непосредственный.
- [2] Лебедева, С.А. Возможности компьютерного анализа акустических характеристик речи человека-оператора в условиях космического полета / С.А. Лебедева, Д.М. Швед, В.И. Гущин // Пилотируемые полеты в космос. – 2020. – № 3(36). – С. 109–124.
- [3] Рулев, Д.Н. Разработка виртуального ассистента космонавта. Космический эксперимент «Ассистент» / Д.Н. Рулев, С.И. Ашманов. – DOI: 10.21046/ISS-2023 // Наука на МКС: Третья международная конференция, посвященная 25-летию Международной космической станции: сборник тезисов докл. – Москва: ИКИ РАН, 2023. – С. 348.
- [4] Рулев, Д.Н. Подход к разработке программного обеспечения виртуального ассистента космонавта / Д.Н. Рулев, С.И. Ашманов // Современные проблемы ракетной и космической техники. Сборник статей, 2023. – Казань: Школа, 2023. – С. 182–190. – ISBN 978-5-00162-875-0. – Текст: непосредственный.
- [5] Оценка функционирования программного обеспечения голосового ассистента космонавта в условиях моделируемой шумовой обстановки РС МКС / Д.Н. Рулев, С.И. Ашманов, В.С. Крайнов, Е.В. Попова [и др.] // Материалы XV Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 2023 г. – Звездный городок: НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина, 2023. – С. 167–169.
- [6] Формирование базы знаний голосового ассистента космонавта РС МКС / Д.Н. Рулев, А.Ю. Калери, А.Н. Новиков, А.В. Левченко [и др.] // Материалы XV Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос», 2023 г. – Звездный городок: НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина, 2023. – С. 165–167.
- [7] Рулев, Д.Н. Разработка виртуального ассистента космонавта / Д.Н. Рулев, Д.М. Швед, С.И. Ашманов // XLVII Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства (Москва, 24–27 января 2023 г.): сборник тезисов: в 4 т. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023. – Т. 2. – С. 368–370. – ISBN 978-5-7038-6122-6. – Текст: непосредственный.

## REFERENCES

- [1] Patent No 2759090 Russian Federation, IPC G06F 3/048(2013.01), G10L 15/22-(2006.01). Dialogue Management Method and Natural Language Understanding System in the Virtual Assistants Platform: No 2020141962: Published 2020.12.18: published 2021.11.09 / Ashmanov S.I., Sukhachev P.S., Zorki F.K. – P. 28.: ill. – Text: Direct.
- [2] Lebedeva, S.A. The Potentials of Computer Analysis of Acoustic Characteristics of a Human Operator’s Speech under Space Flight Conditions / S.A. Lebedeva, D.M. Shved, V.I. Gushchin // Manned Spaceflight. – 2020. – No 3(36). – P. 109–124.
- [3] Rulev, D.N. Development of a Cosmonaut’s Virtual Assistant. “Assistant” Space Experiment / D.N. Rulev, S.I. Ashmanov. – DOI: 10.21046/ISS-2023 // Science on the ISS: The 3d International Conference Dedicated to the 25th Anniversary of the International Space Station: Collection of Abstracts. – Moscow: IKI RAS, 2023. – 348 p.

- [4] Rulev, D.N. Approach to the Development of Software for a Virtual Assistant of a Cosmonaut / D.N. Rulev, S.I. Ashmanov // Existing Problems of Rocket and Space Technology: Collection of Papers, 2023. – Kazan: Shkola, 2023. – P. 182–190. – ISBN 978-5-00162-875-0. – Text: Direct.
- [5] Evaluation of the Software Operation of the Cosmonaut’s Voice Assistant Under Conditions of the Simulated Noise Environment of the ISS RS / D.N. Rulev, S.I. Ashmanov, V.S. Kraynov, E.V. Popova [et al.] // Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference “Manned Spaceflight”, 2023. – Star City: Publisher Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, 2023. – P. 167–169.
- [6] Formation of a Knowledge Base for a Cosmonaut’s Voice Assistant on the RS ISS / D.N. Rulev, A.Yu. Kaleri, A.N. Novikov, A.V. Levchenko [et al.] // Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference “Manned Spaceflight”, 2023. – Star City: Publisher Yu.A. Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center, 2023. – P. 165–167.
- [7] Rulev, D.N. Development of a Virtual Assistant for an Astronaut / D.N. Rulev, D.M. Shved, S.I. Ashmanov // XLVII Academic Readings on Cosmonautics, Dedicated to the Memory of Academician S.P. Korolev and Other Outstanding Russian Scientists – Pioneers of Space Exploration (Moscow, January 24–27, 2023): Collection of Abstracts: in 4 Volumes. – Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2023. – Vol. 2. – P. 368–370. – ISBN 978-5-7038-6122-6. – Text: Direct.