

U-SPACE КАК НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ: ИНТЕГРАЦИЯ БВС В ЕДИНОЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО

Saidmurodova G.A.^{1*},

Mukhammad Olim H.U.²

¹ Ташкентский государственный
транспортный университет,
Ташкент, Узбекистан

² Ташкентский государственный
транспортный университет,
Ташкент, Узбекистан

E-mail: gulsanamsaidmurodova16@gmail.com

E-mail: olim_h@tstu.uz

Аннотация

В статье рассматривается концепция U-space как современный подход к организации и управлению движением беспилотных воздушных судов (БВС) в едином воздушном пространстве. Актуальность исследования обусловлена быстрым развитием беспилотной авиации и увеличением количества операций, включая полёты вне прямой видимости оператора (BVLOS). Рассматриваются основные принципы функционирования U-space, его ключевые сервисы, а также особенности взаимодействия с существующей системой управления воздушным движением (АТМ) и органами обслуживания воздушного движения (АТС). Особое внимание уделяется вопросам безопасной интеграции БВС и пилотируемых воздушных судов, обмену информацией о воздушном движении и предотвращению потенциальных конфликтов. На основе теоретического анализа определяется роль U-space в развитии цифрового и более

автоматизированного управления воздушным пространством.

Ключевые слова: U-space, беспилотное воздушное судно (БВС), управление воздушным движением (АТМ), обслуживание воздушного движения (АТС), беспилотные авиационные системы (UAS), BVLOS, воздушное пространство, безопасность полётов, интеграция воздушного движения, цифровизация авиации.

Введение

В последние годы беспилотные воздушные суда (БВС) стали неотъемлемой частью современной авиации. Их применение значительно расширилось и сегодня охватывает широкий спектр задач, включая мониторинг территорий и инфраструктуры, аэрофотосъёмку, логистику, сельское хозяйство, поисково-спасательные операции и другие виды деятельности. Развитие технологий беспилотных авиационных систем способствует дальнейшему увеличению числа выполняемых полётов и расширению сфер применения БВС.

Одновременно с ростом интенсивности беспилотных операций возрастает нагрузка на воздушное пространство, особенно в районах с высокой плотностью авиационного движения. Традиционная система управления воздушным движением (АТМ), первоначально ориентированная преимущественно на пилотируемую авиацию, сталкивается с необходимостью адаптации к новым условиям. Особую сложность представляют полёты БВС вне прямой видимости оператора (BVLOS), поскольку их безопасное выполнение требует эффективного обмена информацией, идентификации воздушных судов, контроля движения и своевременного выявления потенциальных конфликтов.

В связи с этим возникает необходимость разработки новых подходов к

организации беспилотного воздушного движения и его безопасной интеграции в существующую структуру воздушного пространства. Одним из таких подходов является концепция U-space, предусматривающая использование цифровых, автоматизированных и информационных сервисов для организации и координации операций беспилотных воздушных судов. Взаимодействие U-space с традиционной системой АТМ и органами обслуживания воздушного движения (АТС) является важным условием обеспечения безопасного совместного использования воздушного пространства пилотируемой и беспилотной авиацией.

Целью данной статьи является рассмотрение концепции U-space, её основных принципов и функций, а также определение роли данной системы в безопасной интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство.

Понятие U-space и его основные принципы

U-space представляет собой концепцию организации и управления движением беспилотных воздушных судов, основанную на использовании цифровых информационных сервисов и высокого уровня автоматизации. Основная задача U-space заключается в создании условий для безопасного, эффективного и масштабируемого выполнения операций беспилотных авиационных систем в определённых участках воздушного пространства. Концепция особенно важна при увеличении интенсивности полётов БВС и расширении операций вне прямой видимости оператора (BVLOS).

В отличие от традиционной системы АТМ (Air Traffic Management), которая исторически ориентирована преимущественно на управление и обслуживание пилотируемого воздушного движения, U-space предполагает более высокий

уровень цифровизации и автоматизации процессов. В классической системе АТМ значительная часть процедур связана с взаимодействием между экипажем воздушного судна и диспетчером, предоставлением разрешений и передачей информации посредством установленных каналов связи. В U-space значительная часть информационных процессов может выполняться автоматически с использованием цифровых сервисов, что позволяет одновременно обрабатывать большое количество операций БВС.

Важную роль в функционировании U-space играет цифровизация. Обмен информацией о планируемых и выполняемых полётах, географических ограничениях, воздушном движении и других условиях осуществляется посредством цифровых систем. Это позволяет повысить оперативность получения информации и создать более согласованную информационную среду для участников воздушного движения. Автоматизация, в свою очередь, способствует снижению нагрузки на операторов и диспетчерские службы, особенно при высокой интенсивности беспилотного трафика.

Понятие U-space airspace обозначает определённую часть воздушного пространства, в которой для выполнения операций БВС устанавливается специальная система организации и предоставления U-space services. Создание такого воздушного пространства предусматривает определение соответствующих требований и условий эксплуатации с учётом особенностей конкретного района. В пределах U-space airspace операторы БВС получают доступ к необходимым цифровым сервисам, обеспечивающим планирование, авторизацию, идентификацию и получение информации о воздушном движении.

Таким образом, U-space следует рассматривать не как отдельную замену традиционной системе АТМ, а как современный механизм, предназначенный для интеграции беспилотных операций в существующую систему управления

воздушным движением. Его развитие направлено на обеспечение безопасного сосуществования пилотируемой и беспилотной авиации при дальнейшем увеличении интенсивности воздушного движения.

Основные услуги U-space

Функционирование системы U-space основывается на предоставлении цифровых сервисов, предназначенных для организации, координации и безопасного выполнения операций беспилотных воздушных судов. Эти услуги обеспечивают операторам необходимую информацию о воздушном пространстве и движении, а также позволяют осуществлять контроль соответствия выполняемых полётов установленным требованиям.

Одной из ключевых услуг является UAS Flight Authorisation — авторизация полётов беспилотных воздушных судов. Данная услуга предусматривает обработку информации о планируемой операции и проверку её соответствия установленным условиям использования воздушного пространства. Авторизация позволяет учитывать существующие ограничения и другие операции в соответствующей зоне до начала выполнения полёта. Это способствует более организованному использованию воздушного пространства и снижает вероятность возникновения конфликтных ситуаций.

Другой важной услугой является Geo-awareness, обеспечивающая предоставление информации о географических зонах и действующих ограничениях воздушного пространства. С её помощью оператор получает сведения о территориях, в которых полёты БВС запрещены, ограничены или допускаются при выполнении определённых условий. Таким образом, данная услуга способствует планированию безопасных маршрутов и предотвращению несанкционированного проникновения БВС в зоны с установленными

ограничениями.

Network Identification предназначена для цифровой идентификации беспилотных воздушных судов и предоставления соответствующей информации о выполняемой операции. Идентификация позволяет повысить прозрачность воздушного движения и облегчает определение конкретного БВС в процессе его эксплуатации. Наличие достоверной информации об участниках воздушного движения имеет важное значение для координации операций и обеспечения безопасности.

Услуга Traffic Information обеспечивает предоставление информации о другом воздушном движении, которое может иметь значение для выполняемой операции БВС. Получение актуальных данных о воздушной обстановке позволяет оператору учитывать положение других воздушных судов и потенциальные изменения ситуации в воздушном пространстве. Особенно важное значение данная услуга приобретает при выполнении полётов BVLOS, когда оператор не может непосредственно наблюдать за воздушным судном.

Таким образом, основные услуги U-space формируют единую информационную основу для организации беспилотного движения. Их совместное применение способствует повышению ситуационной осведомлённости, более эффективному использованию воздушного пространства и снижению рисков, связанных с взаимодействием различных участников воздушного движения. В перспективе развитие данных сервисов является одним из важных условий безопасной интеграции БВС в общее воздушное пространство и их взаимодействия с традиционной системой ATM.

Интеграция БВС в единое воздушное пространство

Интеграция беспилотных воздушных судов (БВС) в единое воздушное пространство является одной из ключевых задач современной системы управления воздушным движением. В условиях постоянного расширения сферы применения БВС возникает необходимость обеспечить их безопасное сосуществование с пилотируемыми воздушными судами. В европейской модели U-space данная задача решается посредством цифровых сервисов, стандартизированного обмена информацией и координации между поставщиками U-space services и органами обслуживания воздушного движения.

Правовая основа U-space в Европейском союзе была сформирована в 2021 году с вступлением в силу соответствующего нормативного регулирования. Согласно Regulation (EU) 2021/664, операции БВС в обозначенном U-space airspace должны осуществляться с использованием как минимум 4 обязательных услуг: network identification, geo-awareness, UAS flight authorisation и traffic information.

Совместное использование воздушного пространства пилотируемыми и беспилотными воздушными судами требует постоянного обмена информацией о воздушной обстановке. Особое значение в этом отношении имеет Traffic Information Service, который предоставляет информацию о местоположении пилотируемых воздушных судов. В свою очередь, Network Identification обеспечивает получение актуальных данных о БВС, включая его географическое положение, высоту, курс и путевую скорость. Таким образом, формируется информационная среда, позволяющая учитывать как беспилотный, так и пилотируемый трафик.

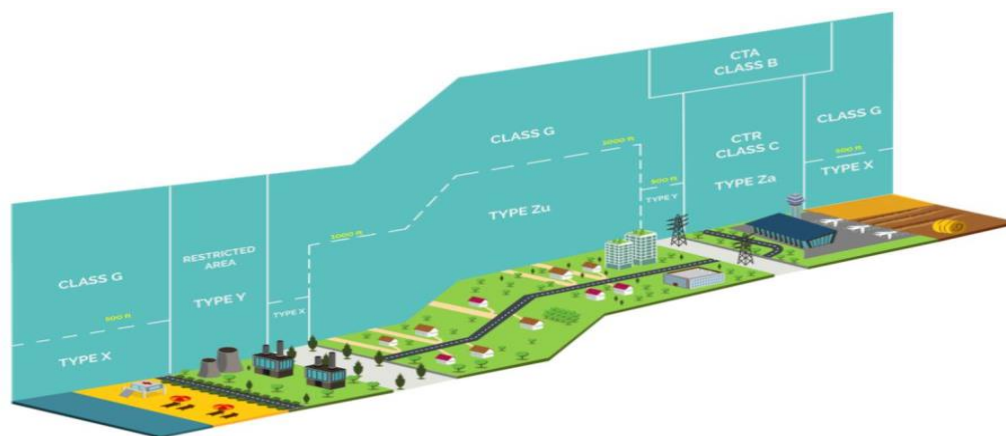


Рис.1. Пример объемов воздушного пространства

Важным элементом интеграции является взаимодействие U-space и ATC/ATS. U-space Service Providers (USSP) обязаны устанавливать механизмы координации с поставщиками аэронавигационного обслуживания (ATSP), включая обмен соответствующими эксплуатационными данными и информацией. Это показывает, что U-space не рассматривается как полностью изолированная система: её функционирование должно быть согласовано с существующей инфраструктурой обслуживания воздушного движения.

Вопрос разделения воздушного движения особенно важен в районах, где одновременно выполняются полёты IFR, VFR и операции БВС. В материалах EASA указано, что первоначальное обозначение U-space airspace предполагается преимущественно на низких высотах, например ниже 500 ft (около 150 м), где ожидается относительно небольшая интенсивность пилотируемого движения. При этом конкретные границы и условия использования такого воздушного пространства должны определяться на основании оценки риска.

Особое значение для развития U-space имеют операции BVLOS (Beyond Visual Line of Sight). При выполнении таких полётов оператор не способен постоянно осуществлять непосредственное визуальное наблюдение за БВС, поэтому

возрастает роль цифровой идентификации, передачи информации о движении и автоматизированного контроля. EASA непосредственно связывает развитие U-space с возможностью выполнения сложных и дальних BVLOS-операций, включая операции в городской среде.

Интеграция БВС также оказывает влияние на деятельность органов обслуживания воздушного движения. Для диспетчеров важным становится получение достоверной информации о беспилотном трафике и понимание того, каким образом операции БВС взаимодействуют с существующим воздушным движением. При этом U-space не заменяет функции АТС, а создаёт дополнительный цифровой механизм организации беспилотных операций и их координации с системой АТС.

Таким образом, интеграция БВС в единое воздушное пространство основывается на сочетании традиционных принципов АТМ/АТС с цифровыми возможностями U-space. Наличие 4 обязательных U-space services, постоянный обмен информацией между USSP и ATSP, а также развитие BVLOS-операций создают основу для постепенного увеличения интенсивности беспилотного движения без снижения уровня безопасности полётов.

Проблемы и перспективы развития U-space

Несмотря на значительный потенциал концепции U-space, её практическая реализация связана с рядом технических и организационных проблем. Одной из основных задач остаётся обеспечение безопасности полётов при одновременном увеличении интенсивности беспилотного и пилотируемого воздушного движения. При росте количества БВС повышается вероятность пересечения траекторий и возникновения конфликтных ситуаций, поэтому системы U-space должны обеспечивать своевременное получение и обработку информации о

воздушном

движении.

Важным условием безопасной эксплуатации БВС является надёжность средств связи и навигации. Для выполнения полётов, особенно BVLOS, необходимо стабильное получение данных о местоположении, высоте, скорости и направлении движения воздушного судна. Потеря связи, ухудшение навигационного сигнала или получение недостоверных данных могут привести к отклонению БВС от запланированной траектории и создать дополнительный риск для других участников воздушного движения. Поэтому дальнейшее развитие U-space требует повышения устойчивости коммуникационных и навигационных систем, а также разработки процедур на случай возникновения отказов.

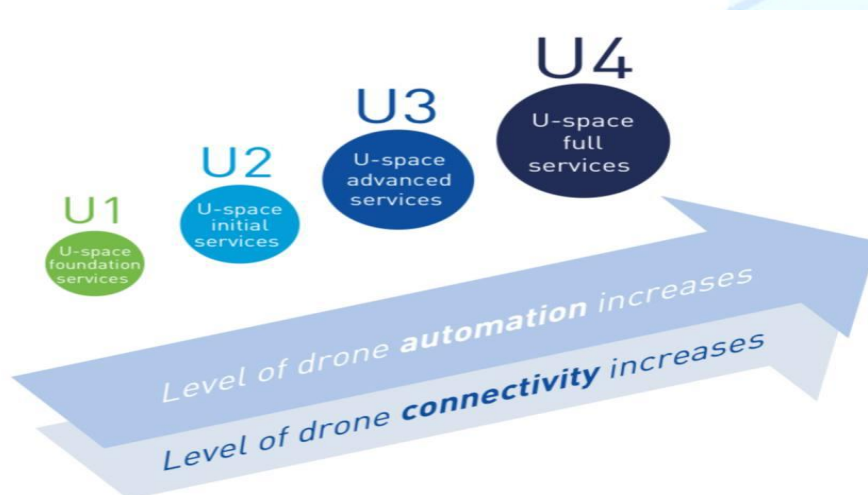


Рис. 2. Схема уровней U-Space

Отдельной проблемой является управление большим количеством БВС. Традиционные методы обслуживания воздушного движения не рассчитаны на одновременное выполнение тысяч небольших беспилотных операций. В таких условиях ручная обработка каждого отдельного полёта может привести к значительной нагрузке на персонал. Поэтому U-space предполагает широкое использование цифровых сервисов и автоматизированной обработки данных.

Автоматизация позволяет одновременно анализировать большое количество заявок, маршрутов и параметров полёта, что создаёт предпосылки для масштабирования беспилотных операций.

Не менее важным направлением является интеграция U-space с существующей системой АТМ/АТС. Для безопасного совместного использования воздушного пространства необходим обмен актуальной информацией между U-space Service Providers и поставщиками аэронавигационного обслуживания. При этом должны быть чётко определены процедуры взаимодействия, зоны ответственности и порядок действий при возникновении конфликтных или аварийных ситуаций. Гармонизация этих процессов является одним из ключевых условий дальнейшего развития U-space.

В перспективе ожидается дальнейшее повышение уровня автоматизации управления воздушным движением. Развитие цифровых технологий, автоматизированного обнаружения конфликтов, систем наблюдения и обработки больших объёмов данных может значительно повысить эффективность организации воздушного движения. Однако даже при высокой степени автоматизации основными приоритетами должны оставаться безопасность, надёжность и возможность вмешательства человека в критических ситуациях.

Таким образом, дальнейшее развитие U-space будет зависеть не только от совершенствования технологий, но и от качества взаимодействия между беспилотными и традиционными системами управления воздушным движением. При успешном решении вопросов безопасности, связи, навигации и интеграции с АТМ/АТС U-space может стать важной основой для масштабного развития беспилотной авиации и постепенного перехода к более автоматизированной модели управления воздушным пространством.

Заключение

Проведённый теоретический анализ показывает, что U-space является перспективным инструментом для безопасной интеграции беспилотных воздушных судов (БВС) в общее воздушное пространство. Его основное значение заключается не просто в организации полётов дронов, а в создании единой цифровой среды, в которой планирование, авторизация, идентификация и получение информации о воздушном движении могут осуществляться более оперативно и системно. Это особенно важно при переходе от отдельных операций БВС к регулярным полётам BVLOS, например для доставки грузов, мониторинга протяжённых объектов или проведения поисково-спасательных работ.

Практическая ценность U-space хорошо проявляется при рассмотрении потенциальной ситуации в Узбекистане. Например, беспилотный аппарат выполняет BVLOS-полёт для мониторинга линии электропередачи или транспортной инфраструктуры между двумя населёнными пунктами. При традиционном подходе необходимо отдельно учитывать маршрут, воздушные ограничения, разрешения и возможное взаимодействие с другими участниками воздушного движения. При наличии элементов U-space соответствующая информация могла бы обрабатываться через цифровые сервисы, включая UAS Flight Authorisation, Geo-awareness, Network Identification и Traffic Information. Это позволило бы повысить предсказуемость операций и снизить вероятность конфликтов с другими воздушными судами.

Для Узбекистана данное направление имеет практический интерес с учётом развития гражданской авиации, цифровизации авиационных процессов и потенциального расширения применения БВС. Вместе с тем прямое перенесение

европейской модели U-space в национальные условия потребовало бы адаптации к структуре воздушного пространства Узбекистана, действующей системе организации воздушного движения, национальным авиационным правилам и технической инфраструктуре. Особенно важным является обеспечение совместимости будущих цифровых сервисов БВС с существующей системой АТМ/АТС, поскольку беспилотное движение не должно рассматриваться отдельно от общего воздушного движения.

В этом отношении интеграция U-space с АТС имеет принципиальное значение. Диспетчер должен иметь доступ к необходимой информации о беспилотных операциях в тех случаях, когда они могут влиять на обслуживаемое воздушное движение. Например, при выполнении БВС полёта в районе аэродрома или вблизи маршрутов пилотируемых воздушных судов отсутствие своевременной информации о его положении и намерениях может создать дополнительную нагрузку на систему управления воздушным движением. Поэтому эффективный обмен данными между U-space Service Providers и соответствующими органами обслуживания воздушного движения должен рассматриваться как одно из основных условий безопасной интеграции.

При этом U-space не следует рассматривать как замену традиционной системе АТС. Более рациональным является их взаимодополняющее функционирование: U-space обеспечивает цифровую организацию и координацию большого количества беспилотных операций, тогда как АТМ/АТС продолжает выполнять установленные функции по обслуживанию и управлению воздушным движением. Такой подход особенно важен в условиях постепенного увеличения интенсивности БВС, когда ручная обработка каждой операции становится менее эффективной.

Таким образом, для Узбекистана U-space может рассматриваться как

перспективное направление дальнейшего развития организации беспилотного воздушного движения. Его внедрение должно осуществляться поэтапно — от создания нормативной и цифровой базы и определения подходящих зон для беспилотных операций до развития взаимодействия с существующей системой ATM/ATC. В долгосрочной перспективе сочетание U-space, надёжных систем связи и навигации, цифрового обмена данными и автоматизированной обработки информации может создать условия для безопасного расширения BVLOS-операций. Это, в свою очередь, позволит более эффективно использовать воздушное пространство и подготовить национальную систему управления воздушным движением к дальнейшему развитию беспилотной авиации.

Список использованных источников

1. European Union. Commission Implementing Regulation (EU) 2021/664 of 22 April 2021 on a regulatory framework for the U-space // Official Journal of the European Union. — 2021.
2. European Union Aviation Safety Agency (EASA). U-space [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/air-traffic-management/u-space> (дата обращения: 18.08.2026).
3. European Union Aviation Safety Agency (EASA). Easy Access Rules for U-space [Электронный ресурс]. — Cologne: EASA. — URL: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-u-space> (дата обращения: 18.08.2026).
4. European Commission. U-space [Электронный ресурс]. — Brussels: European Commission. — URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/aviation-safety-and-environmental-protection/u-space_en (дата обращения: 18.08.2026).

5. SESAR Joint Undertaking. U-space [Электронный ресурс]. — Brussels: SESAR Joint Undertaking. — URL: <https://www.sesar.eu/u-space> (дата обращения: 18.08.2026).
6. SESAR Joint Undertaking. European U-space Concept of Operations (ConOps). — Brussels: SESAR Joint Undertaking.
7. International Civil Aviation Organization (ICAO). Unmanned Aircraft Systems (UAS) [Электронный ресурс]. — Montréal: ICAO. — URL: <https://www.icao.int/safety/UA/Pages/default.aspx> (дата обращения: 18.08.2026).
8. European Union. Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft // Official Journal of the European Union. — 2019.