

**КОСМИЧЕСКИЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ.
РАДИОЛОКАЦИЯ И РАДИОНАВИГАЦИЯ**

УДК 527:528.063.1 EDN TTQNGE

**Развитие координатно-временного и навигационного
обеспечения России. Состояние, проблемы и перспективы.
Часть 1. Обзор развития понятийного аппарата
и нормативной базы КВНО России в сравнении с PNT США.
Экспертная оценка**

В. С. Вдовин, *vdivin_vs@spacecorp.ru*

АО «Российские космические системы», Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье анализируется развитие понятийного аппарата и нормативной базы системы мероприятий по координатно-временному и навигационному обеспечению (КВНО) Российской Федерации в сравнении с системой мероприятий по позиционированию, навигации и синхронизации (PNT) США с нормативно установленных позиций системного анализа и системной инженерии. Рассмотрены и сравнены официальные определения понятий и официальные описания структур КВНО РФ и PNT США на различных иерархических уровнях развития. Установлено что по иерархии развития архитектуры определение понятия «КВНО» ниже определения понятия «PNT» на один уровень развития; по количеству участников на иерархическом уровне развития «высокий» развитие КВНО значительно отстает от развития PNT; взаимодействие участников PNT между собой и распределение их ролей, введенные на иерархическом уровне «высокий», значительно превышают аналогичные показатели развития КВНО; организационная структура, инфраструктура и функционал PNT, установленные на иерархическом уровне развития «высший», значительно превышают организационную структуру, инфраструктуру и функционал КВНО. Полученные формальные оценки развития архитектуры КВНО России в сравнении с развитием архитектуры PNT США в целом показывают значительное отставание развития архитектуры КВНО России от развития архитектуры PNT США, но при этом необходимо учесть, что в исследовании не рассмотрено развитие ГЛОНАСС, являющейся ядром КВНО РФ. При этом в многочисленных мероприятиях по развитию ГЛОНАСС на федеральном, отраслевом и региональном уровнях выполняются и мероприятия по развитию КВНО в целом.

Ключевые слова: ГЛОНАСС, КВНО, PNT, РНП, позиционирование, навигация, синхронизация

Для цитирования: Вдовин В.С. Развитие координатно-временного и навигационного обеспечения России. Состояние, проблемы и перспективы. Часть 1. Обзор развития понятийного аппарата и нормативной базы КВНО России в сравнении с PNT США. Экспертная оценка. *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы*. 2024. Т. 11. № 3. С. 39–54.

Development of Positioning, Navigation and Timing Support for Russia. Status, Problems and Prospects. Part 1. Review of the Development of the Conceptual Apparatus and Regulatory Framework of the Russian RNT in Comparison with the US PNT. Expert Review

V. S. Vdovin, vdovin_vs@spacecorp.ru

Joint Stock Company "Russian Space Systems", Moscow, Russian Federation

Abstract. The article analyzes the development of the conceptual apparatus and regulatory framework of the system of measures for positioning, timing and navigation support (PNT) of the Russian Federation in comparison with the PNT system of the USA from the normatively established positions of system analysis and systems engineering. The official definitions of concepts and official descriptions of the structures of the PNT of the Russian Federation and the PNT of the USA at various hierarchical levels of development are considered and compared. It has been established that: according to the hierarchy of architectural development, the definition of the concept of PNT in Russian Federation is lower than the definition of the concept PNT in the US by one level of development; in terms of the number of participants at the "high" hierarchical level of development, the development of the PNT in Russia significantly lags behind the development of the US PNT; the interaction of PNT participants with each other and the distribution of their roles, introduced at the "high" hierarchical level, significantly exceeds similar indicators of the development of the Russian PNT; The organizational structure, infrastructure and functionality of the US PNT, established at the "highest" hierarchical level of development, significantly exceed the organizational structure, infrastructure and functionality of the Russian PNT. The resulting formal assessments of the development of the Russian PNT architecture in comparison with the development of the US PNT architecture as a whole show a significant lag in the development of the Russian PNT architecture from the development of the US PNT architecture, but it must be taken into account that the study does not consider the development of GLONASS, which is the core of the Russian PNT. At the same time, in numerous activities for the development of GLONASS at the federal, industry and regional levels, activities are also carried out for the development of Russian PNT as a whole.

Keywords: GLONASS, PNT, RNP, positioning, navigation, synchronization

For citation: Vdovin V.S. Development of Positioning, Navigation and Timing Support for Russia. Status, Problems and Prospects. Part 1. Review of the Development of the Conceptual Apparatus and Regulatory Framework of the Russian RNT in Comparison with the US PNT. Expert Review. *Rocket-Space Device Engineering and Information Systems*. 2024. Vol. 11. No. 3. P. 39–54. (in Russian)

Введение

Развитие системы мероприятий по координатно-временному и навигационному обеспечению (КВНО) РФ достигло определенного уровня, когда, на наш взгляд, уместно оценить достигнутый уровень, проблемы и перспективы развития КВНО. Оценка не будет полной без сравнения развития КВНО с развитием системы мероприятий по позиционированию, навигации и синхронизации (англ. Positioning, Navigation and Timing, PNT), происходящем не только в США (родоначальнике PNT), но и во многих других странах.

В данной части исследования деятельность РФ по развитию КВНО оценена на уровне понятийного аппарата и нормативной базы в сравнении с деятельностью США по развитию PNT с нормативно установленными позициями системного анализа и системной инженерии (см. ГОСТы [1–4]). При этом КВНО и PNT рассматриваются как сложные системы (СС) (см. [2, 4]).

В [3] отмечено, что «достигшая беспрецедентного уровня сложность искусственных систем открыла новые возможности и вместе с тем привела к усложнению проблем для организаций, которые создают и используют такие системы; и чтобы помочь управлению СС, с которыми столкнулись заинтересованные стороны, все чаще применяются понятия, принципы и процедуры процесса архитектуризации». Отмечено также, что «осмысление архитектуры системы, выражаемой в описании архитектуры, способствует пониманию системной сути и основных свойств, имеющих отношение к ее поведению, составу и развитию. А они, в свою очередь, воздействуют на интересы, например такие, как выполнимость, полезность и сопровождаемость системы». В [1] введено понятие иерархического восприятия физической структуры системы, которое предполагает наличие нескольких уровней иерархии, поднимающихся от низшего до высшего уровней иерархии. В [3] отмечено, что для повышения качества управления СС применяются понятия, принципы и процедуры процесса архитектуризации, а к построению архитектуры развития систем применяется иерархический подход, при котором архитектура развития системы строится от низшего к высшему иерархическому уровню.

В последующих частях исследования развитие КВНО РФ будет рассмотрено в сравнении с развитием PNT таких стран, как Европейский союз (ЕС), Канада, Китай и некоторых других; в контексте радионавигационной деятельности Содружества Независимых Государств (СНГ), а также в условиях санкций объединенного Запада в отношении РФ. Отдельная часть исследования будет посвящена геодезическим аспектам развития КВНО. В заключительной части исследования будут рассмотрены вопросы совершенствования законодательной базы развития КВНО РФ.

1. Иерархия архитектур развития КВНО и PNT

Развитие системы, включая СС, в терминах ГОСТ [1] представляет собой полный жизненный цикл системы, включая замысел, разработку, производство, эксплуатацию и снятие с эксплуатации, а также приобретение и поставку систем, осуществляемых внутри или вне организации, владеющей (эксплуатирующей) СС.

Упрощенную иерархию архитектур развития (как жизненного цикла) КВНО и PNT, как СС, представим в виде графа развития (табл. 1). В данном графе развития иерархический уровень «низший» соответствует первой стадии жизненного цикла «замысел»; иерархический уровень «средний» соответствует стадиям жизненного цикла «разработка» и «производство», а иерархические уровни «высокий» и «высший» соответствуют целевой стадии жизненного цикла «эксплуатация». Наличие или отсутствие потребителей отмечено знаками «+» и «–». При этом КВНО и/или PNT могут считаться созданными, когда их архитектуры развития достигают иерархического уровня развития «высокий». Достижение иерархического уровня развития «высший» можно считать «знаком качества» КВНО и/или PNT.

Таким образом, целью данного исследования является сопоставление созданных элементов КВНО РФ и PNT США с позиций архитектуризации развития как жизненного цикла СС.

Рассмотрим и сравним официальные определения понятий и официальные описания структур

Таблица 1. Упрощенная иерархия архитектур развития КВНО и РНТ

Иерархический уровень развития	Показатели уровня развития (субъекты архитектуры)	Информационные источники (публикуемые документы)	<Статус документов>*	Потребители
Высший	Президент государства, законодательные ОГВ**	Нормативные акты	Обязательный	+
Высокий	ФОИВ***	Нормативные акты, НТД****	Обязательный Рекомендательный Информационный	+
Средний	Учреждения, предприятия	НТД	Информационный	–
Низший	Профессиональное сообщество	Публикации	Информационный	–

Примечание. * Кавычки <...> означают, что оценки даются автором исследования;

** ОГВ — органы государственной власти;

*** ФОИВ — федеральные органы исполнительной власти;

**** НТД — научно-техническая документация.

КВНО РФ и РНТ США на различных иерархических уровнях развития согласно графу развития (табл. 1).

2. Определения понятия «КВНО»

2.1. На иерархическом уровне развития «высший» определений понятия «КВНО» в открытой печати не найдено.

2.2. На иерархическом уровне развития «высокий».

2.2.1. Показатель уровня развития — приказ Минпромторга России [5], информационный источник — Радионавигационный план РФ (РНП), введенный приказом [5]. Статус — <информационный>.

Согласно [5]:

«КВНО — <деятельность>, осуществляемая в целях получения потребителем всех необходимых ему данных о пространственно-временных состояниях и отношениях объектов и процессов, используемых или учитываемых им при решении задач или достижении целей, определенных в пространстве и времени».

Справочно.

1. В 2005 г. в Федеральном космическом агентстве (ФКА) были начаты работы по системному проектированию единой системы (ЕС) КВНО (источник — сайт ИАЦ КВНО [6]; показатель уровня развития — приказ ФКА от 20 июня 2005 г. № 68, иерархический уровень развития «высокий»).

2. В 2007 г. Министерством информационных технологий и связи РФ был разработан проект ЕС КВНО в виде совокупности научно-технических, информационных и организационных ресурсов, а также «подсистем сбора, обработки и обмена этими ресурсами между потребителями и поставщиками услуг КВНО, объединенной телекоммуникационными средствами и включенной в единое информационно-коммуникационное пространство страны» (источник — статья У.Д. Самратова [7]).

Другой информации иерархического уровня развития «высокий» о КВНО автору исследования в открытых источниках найти не удалось.

2.3. На иерархическом уровне развития «средний» определений понятия «КВНО» в открытой печати не найдено.

2.4. На иерархическом уровне развития «низший» (в хронологическом порядке, выборочно).

2.4.1. Статья С.Б. Писарева, Б.В. Шебшаевича «Прикладное координатно-временное обеспечение: основные тенденции современного развития» [8] (2005 г.).

Согласно [8]:

«*Прикладное КВО* объединяет в себе совокупность средств, предоставляющих широкому потребителю возможность определения (с требуемыми значениями точности, доступности, надежности и достоверности) местоположения, ориентации и размеров объектов, времени и частоты событий, и позволяет упорядочить во времени и в пространстве процессы практической жизнедеятельности человека и общества».

2.4.2. Статья Я.М. Борисова, А.И. Сердюкова «Актуальные проблемы правового регулирования координатно-временной и навигационной деятельности» [9] (2007 г.).

Согласно [9]:

«*КВНО пространственно-временной деятельности* — процесс, включающий в себя совокупность задач и операций, решаемых и выполняемых в целях получения потребителем всех необходимых ему данных о пространственно-временных состояниях и отношениях объектов и процессов, используемых или учитываемых им при решении задач или достижении целей, определенных в пространстве и времени».

Справочно. В статье была подвергнута критике работа над проектом Федерального закона «О навигации» и предложено принять более общее наименование закона, например Федеральный закон «О навигационной и пространственно-временной деятельности».

2.4.3. Статья В.В. Бутенко, А.П. Назаренко «Основные положения концепции создания единой системы КВиНО Российской Федерации» [10] (2008 г.).

Согласно [10]:

«*ЕС КВНО* — система предоставления массовых услуг на базе координатно-временной и навигационной информации (массовая услуга означает как широкую номенклатуру услуг, так и их предоставление большому числу потребителей)».

Справочно. В статье даются ссылки на следующие акты ОГВ:

«1. Основы военно-технической политики РФ на период до 2015 г. и дальнейшую перспективу, утвержденные Президентом РФ 11.03.2003 г. №2174, относящие ЕС НВО к высшим приоритетам военно-технической политики.

2. Решение постоянного совещания Совета Безопасности РФ о разработке концепции создания ЕС НВО от 21.04.2004 г., протокол № 23.

3. Решение об определении ФОИВ, ответственных за поддержание, развитие и использование ЕС НВО от 19.10.04 г. № АЖ-П7-5684».

2.4.4. Статья А.И. Болкунова и др. «Современное состояние и проблемы развития системы нормативного правового регулирования в области КВНО» [11] (2013 г.).

Согласно [11]:

«— *КВНО (в широком смысле)* — область знаний, технические средства, методы и технологии, сфера деятельности, связанные с решением задач пространственно-временной идентификации объектов и процессов;

— *КВНО пространственно-временной деятельности (в прикладном понимании)* — процесс, включающий в себя совокупность задач и операций (формирование и поддержание искусственных навигационных полей, информационных ресурсов, сбор и обработка измерительной и дополнительной информации, анализ и визуализация результатов обработки и пр.), решаемых и выполняемых в целях получения потребителем всех необходимых ему данных о пространственно-временных состояниях и отношениях объектов и процессов, используемых или учитываемых им при решении задач или достижении целей, определенных в пространстве и времени».

2.4.5. Статья Г.Г. Райкунова, Г.Г. Ступака «Развивающаяся система ГЛОНАСС и проблемные вопросы гарантированного координатно-временного и навигационного обеспечения» [12] (2014 г.).

Согласно [12]:

«*КВНО страны* — большая, непрерывно развивающаяся, интегрированная система, состоящая из взаимосвязанных и взаимодополняющих структур и элементов (инструментальных средств, информационных ресурсов, регламентирующей документации, организационных элементов и т.д.), а также средств их поддержания

и развития. КВНО предоставляет возможность создания новых и модернизации существующих потребительских целевых структур, обеспечивающих их непрерывное, устойчивое функционирование с целью решения потребителем пространственно-временных задач».

2.4.6. Статья А.Е. Тюлина, В.В. Бетанова «Гарантированное координатно-временное и навигационное обеспечение потребителей информации спутниковых систем» [13] (2020 г.).

Согласно [13]:

Гарантированное КВНО — «предоставление в течение приемлемого времени потребителям заданной группы необходимой координатно-временной и навигационной информации требуемого качества с вероятностью не хуже заданной».

2.4.7. Статья А.В. Флегонтова, И.М. Рутько, Е.И. Долгова «Современное состояние и перспективные направления развития координатно-временного и навигационного обеспечения в Российской Федерации» [14] (2023 г.).

Согласно [14]:

КВНО — «система организационно-технических мероприятий, направленных на производство навигационной информации и ее передачу потребителям. Навигационная информация определяется законодателем как сведения об объектах местности, включающие в себя сведения о местоположении их границ, форме и свойствах объектов местности, сведения о координатах объектов навигационной деятельности, а также сведения о навигационной обстановке в акваториях водных объектов и о ее изменениях, представленные в координатно-временных параметрах и используемые в связи с осуществлением навигационной деятельности» [15].

3. Определения понятия «PNT»

Перед изложением официальных определений понятия «PNT», опубликованных в США на иерархическом уровне развития PNT «высший», необходимо пояснить, что при зарождении идеологии PNT в США в конце XX века взаимодействие наземных и космических элементов PNT рассматривалось как равноценное, но затем, начиная со

второй половины 10-х годов XXI века, приоритет в развитии PNT был отдан космическим элементам и термин «positioning, navigation, and timing» расширился до термина «space-based positioning, navigation, and timing» с той же аббревиатурой «PNT», а иерархический уровень развития PNT в 2021 г. был поднят до высшего. Поэтому рассмотрим развитие PNT по ниспадающей иерархии развития, а не в хронологическом порядке развития.

3.1. На иерархическом уровне развития «высший».

3.1.1. Показатель уровня развития — сайт Администрации президента США [16], информационный источник — Memorandum on Space Policy Directive 7. Статус — <обязательный>.

Согласно [16]:

«Служба PNT — относится к любой системе, сети или возможностям, которые предоставляют ссылку для вычисления долготы, широты, высоты или передачи данных о времени или частоте или любой их комбинации.

Первичная служба PNT — относится к независимой службе PNT, выбранной пользователем или системным оператором в качестве предпочтительного источника информации PNT. Ожидается, что первичная служба PNT обеспечит достаточную точность, доступность, целостность или другие характеристики, важные для пользователя.

Дополнение — относится к любой системе, которая предоставляет пользователям сигналов PNT дополнительную информацию, позволяющую пользователям получать повышенную производительность по сравнению с недополненными сигналами только от основной службы PNT. Эти улучшения включают повышенную точность, доступность, целостность и надежность, а также возможности независимого мониторинга целостности и оповещения для критически важных приложений. Дополняющие системы по существу опираются на основную службу PNT для работы.

Альтернативная служба PNT — относится к службе PNT, которая способна работать полностью независимо от других служб PNT или в сочетании с ними. Множество разнообразных служб PNT, используемых в сочетании, могут обеспечить повышенную безопасность, отказоустойчивость, гарантию, точность, доступность

и целостность. Альтернативная служба PNT позволяет пользователю переключаться с основного источника сигналов PNT в случае сбоя или манипулирования».

3.2. На иерархическом уровне развития «высокий».

3.2.1. Показатель уровня развития и информационный источник — сайт Министерства транспорта США (англ. US Department of Transportation, DOT) [17]. Статус — <обязательный>.

Согласно [17]:

«PNT — объединение трех различных видов деятельности:

— *позиционирование*, способность точно определять свое местоположение и ориентацию в двух измерениях (или при необходимости в трехмерном пространстве) с привязкой к стандартной геодезической системе (такой, как Всемирная геодезическая система 1984 г. WGS-84);

— *навигация*, способность определять текущее и желаемое положение (относительное или абсолютное) и применять поправки к курсу, ориентации и скорости для достижения желаемого положения в любой точке мира, от подповерхностного к наземному и от наземного к космическому пространству;

— *синхронизация*, возможность получать и поддерживать точное время по стандарту UTC в любой точке мира и в пределах, заданных пользователем параметров своевременности. Синхронизация также включает передачу времени».

В силу наличия определений понятия «PNT» на иерархических уровнях «высший» и «высокий», поиск определений понятия «PNT» на более низких иерархических уровнях развития автором не проводился.

Выводы по пунктам 1–3

1. По иерархии развития архитектуры определение понятия «КВНО» ниже определения понятия «PNT» на один уровень развития.

2. Определение понятия «PNT» имеет иерархический уровень «высший» со статусом исполнения «обязательный», является устоявшимся и детализированным.

3. Определение понятия «КВНО» имеет иерархический уровень «высокий» со статусом использо-

вания «рекомендательный», поэтому это определение не является устоявшимся и находится в стадии обсуждения профессиональным сообществом.

4. Описания структуры КВНО РФ

4.1. На иерархическом уровне развития «высший» описания структуры КВНО в открытой печати не найдено.

4.2. На иерархическом уровне развития «высокий».

4.2.1. Показатель уровня развития — приказ Минпромторга России [5], информационный источник — Радионавигационный план РФ (РНП) [5]. Статус — <информационный>.

В [5] структура КВНО РФ описана в виде приоритетных направлений развития национальных систем навигационно-временного (координатно-временного) обеспечения России:

«— формирование региональных, локальных (отраслевых) дифференциальных подсистем спутниковых радионавигационных систем (РНС) различного назначения;

— модернизация и развитие импульсно-фазовых радионавигационных систем до уровня полноценной дублирующей (дополняющей) РНС;

— совершенствование сети средств ближней навигации и радиомаячных систем;

— развитие средств формирования радионавигационных полей, в том числе альтернативных;

— развитие систем и средств частотно-временного обеспечения;

— развитие системы метрологического обеспечения РНС».

4.3. На иерархическом уровне развития «средний» описаний структур КВНО в открытой печати не найдено.

4.4. На иерархическом уровне развития «низший».

Профессиональным сообществом активно обсуждается структура КВНО. Автором выделены несколько описаний структур КВНО и систем, полностью или частично выполняющих функции КВНО, приведенных в открытых источниках,

а именно в ранее упомянутых статьях [7–14], а также в статьях С.Б. Писарева [18] (2008 г.), А.В. Балова и др. [19] (2009 г.), А.Е. Тюлина и др. [20] (2018 г.), С.Б. Писарева [21] (2021 г.).

Кратко и в хронологическом порядке опишем описания структур КВНО из некоторых указанных источников.

В [8] (2005 г.) показано, что прикладное КВНО реализуется «в виде решения следующего набора функциональных задач: задач навигации, т. е. самоопределения местоположения, ориентации и параметров движения (на подвижных объектах) и их вождения по заданным траекториям; задач наблюдения, т. е. обнаружения, идентификации, отслеживания траекторий движения подвижных объектов с помощью внешних по отношению к объекту средств; прикладной пространственно-временной метрологии, т. е. определения местоположения, ориентации и размеров объектов, времени и частоты событий, синхронизации событий в строительстве, промышленности, энергетике, связи, природопользовании, ресурсосбережении, в оборонных мероприятиях». Далее в статье рассмотрены: состав систем и средств, решающих задачи прикладного КВНО; перечень государственных программ, в рамках которых развиваются системы и средства прикладного КВНО; вопросы интеграции ГНСС и систем связи, вопросы интеграции ГНСС и автономных средств КВНО.

В [9] (2007 г.) КВНО представлено «в виде взаимосвязанных и взаимодополняющих элементов, структур, информационных ресурсов, в совокупности своей предоставляющих потребителю возможность осуществлять навигационную и другую пространственно-временную деятельность в необходимых ему формах, режимах и условиях с требуемыми характеристиками».

В [10] (2008 г.) в графической структуре КВиНО (рис. 1) и ее описании явно прослеживается существовавшее в те годы стремление профессиональных связистов взять на себя головную роль по созданию и развитию КВНО.

В [18] (2008 г.) представлен графический облик ЕС КВНО (рис. 2) и дана развернутая идеология ЕС КВНО.

В [19] (2009 г.) сформулированы основные требования к региональной псевдоспутниковой координатно-временной навигационно-информационной системе (КВНИС), предложена структура, состав основных элементов системы и алгоритм работы.

В [20] (2018 г.) в рамках графической структуры комплексного предоставления услуг навигационного обеспечения понятие «КВНО» расширено до понятия «система позиционирования, навигации и времени» (СПНВ) (рис. 3), однако анализ ее функций не дается.

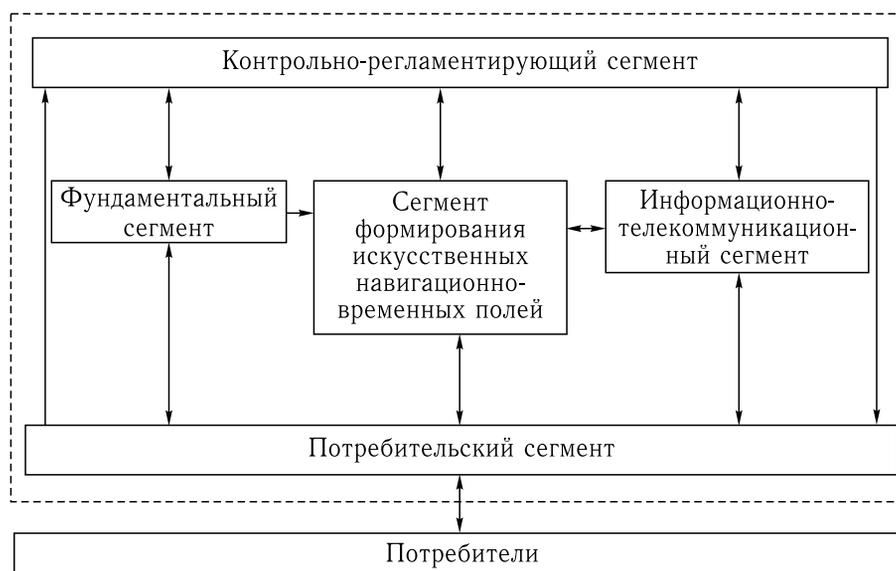


Рис. 1. Структура ЕС КВиНО [10]

Fig. 1. Structure of the Unified PNT System [10]

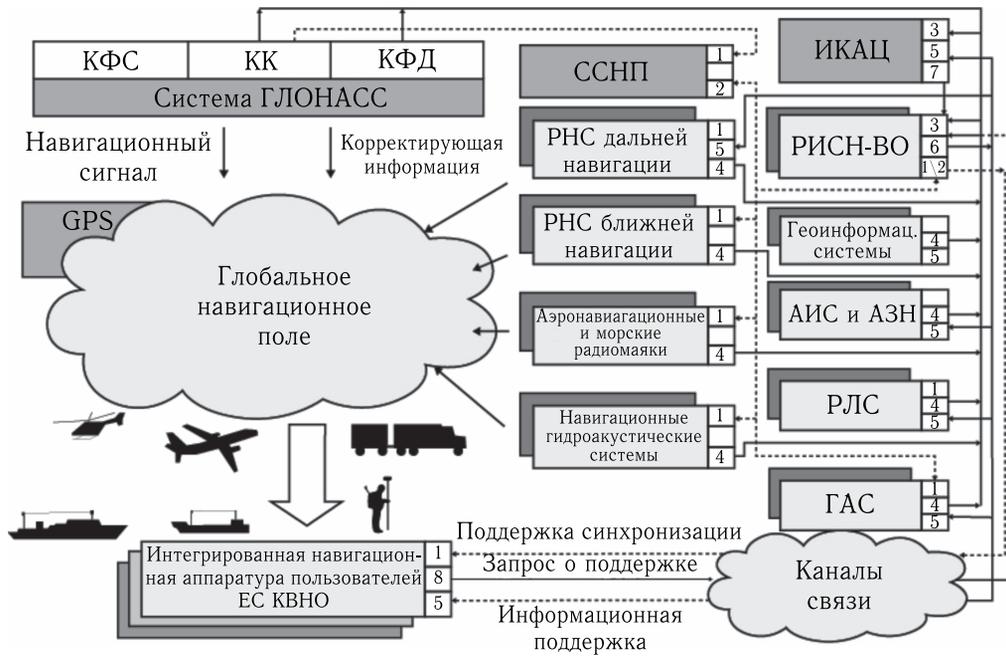


Рис. 2. Облик ЕС КВНО [18]

Fig. 2. Appearance of the Unified PNT System [18]

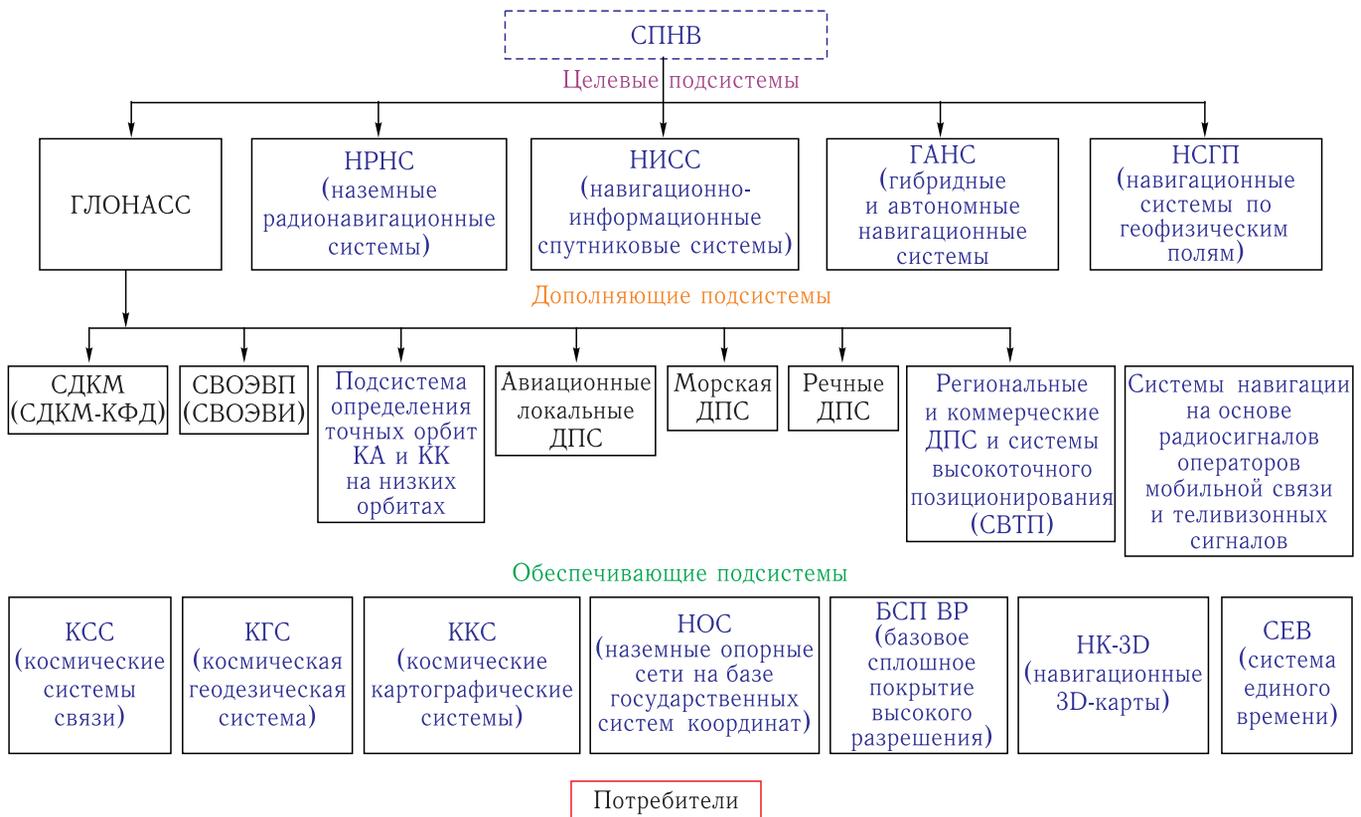


Рис. 3. Структура комплексного предоставления услуг навигационного обеспечения [18]

Fig. 3. Structure of integrated provision of navigation support services [18]

В [21] (2021 г.) предложена «региональная комплексная радиотехническая система координатно-временного и информационного обеспечения потребителей (КРС КВИО) следующего состава:

- наземные комплексы радиотехнической системы дальней навигации (РСДН) в составе цепочек модернизированной импульсно-фазовой радионавигационной системы (ИФРНС) «Чайка-М»;
- региональные наземные системы функционального дополнения (СФД) ГНСС и РСДН;
- локальные системы навигации (ЛСН);
- выносной пункт управления КРС (ВПУ-КРС);
- комплексная навигационная аппаратура потребителей (КНАП);
- система синхронизации (СС) КРС КВИО».

Основной областью применения КРС КВИО определена «транспортная отрасль РФ, включая морскую, наземную и воздушную ее составляющие, осуществляющие перевозки по всей территории страны, в том числе в акватории СМП и Арктической зоне России. Координатно-временное и информационное обеспечение потребителей КРС КВИО реализуется предоставлением следующих видов услуг:

- базовая услуга, представляющая собой абсолютный режим навигационно-временных измерений по сигналам ИФРНС «Чайка-М» (услуга № 1).

Данная услуга доступна потребителям в зоне ответственности КРС КВИО беззаявочном режиме;

- услуга повышенной точности и надежности в виде доступа к контрольно-корректирующей информации (ККИ) от СФД для измерений по сигналам ГНСС (услуга № 2). Данная услуга доступна потребителям при функционировании хотя бы одной из ГНСС;

- услуга повышенной точности и надежности в виде доступа к ККИ от СФД для измерений по сигналам ИФРНС «Чайка-М» (услуга № 3). Данная услуга доступна потребителям в беззаявочном режиме при отсутствии в зоне ответственности КРС КВИО сигналов ГНСС;

- услуга высокой точности, представляющая собой режим навигации по сигналам ЛСН (услуга № 4). Данная услуга предоставляется потребителям в заранее установленных локальных районах зоны ответственности КРС КВИО».

Определены основные технические требования к КРС КВИО и ее составным частям (табл. 2).

Сделан вывод, что «требования по точности, предъявляемые к ИФРНС, более чем в несколько раз превышают ныне достигнутые значения этого параметра в эксплуатируемых системах данного типа, а требования по зоне действия ЛСН предопределяют необходимость решения проблемы загоризонтного распространения радиосигналов УКВ-диапазона».

Таблица 2. Основные технические требования к КРС КВИО и ее составным частям

Зона ответственности КРС КВИО	Область пространства 5000 × 2000 × 20 км	
Зона действия СФД	Область пространства 500 × 500 × 20 км	
Зона действия ЛСН	Область пространства: зона а) 100 × 100 × 20 км, зона б) 20 × 20 × 5 км	
Точность навигационно-временной информации ($P = 0,68$)	Стандартный режим	Дифференциальный режим
ИФРНС «Чайка-М»: на удалении на удалении	до 400 км–60 м, 600 нс до 700 км–120 м, 800 нс	до 100 км от МККС–30 м, до 50 км–10 м, 50 нм
Локальная система навигации	в зоне а) — 0,5 м, в зоне б) — 3,0 м, 50 нс	— —
Комплексная навигационная аппаратура потребителя (КНАП)	Комплексированное навигационное решение по совокупности систем ГНСС/SBAS/ИФРНС/ЛСН/СФД	

В [22] (2022 г.) приведены функциональная схема Системы единого времени СЕВ РФ и схема взаимодействия элементов СЕВ РФ, являющейся элементом частотно-временного обеспечения (ЧВО) РФ. Вопрос принадлежности ЧВО и СЕВ РФ к КВНО РФ в статье не обсуждается, хотя элементы КВНО в указанных схемах присутствуют.

5. Описания структуры PNT

5.1. На иерархическом уровне развития PNT «высший».

5.1.1. Показатель уровня развития и информационный источник — сайт Национального исполнительного комитета по PNT при Правительстве США [23]. Статус — <обязательный>.

Описание организационной структуры PNT в графическом виде с сайта [23] приведено на рис. 4.

5.2. На иерархическом уровне развития PNT «высокий».

5.2.1. Показатель уровня развития и информационный источник — сайт DOT [17]. Статус — <обязательный>.

Описание архитектуры PNT в графическом виде с сайта [17] приведено на рис. 5.

В [17] отмечено следующее.

Когда PNT используется в сочетании с картографическими данными и другой информацией (например, данными о погоде или дорожном движении), в результате получается самый популярный и узнаваемый сервис — GPS.



Рис. 4. Организационная структура PNT [23]

Fig. 4. Organizational structure of PNT [23]



Рис. 5. Инфраструктура PNT [17]

Fig. 5. Infrastructure of PNT [17]

Хотя PNT включает в себя гораздо больше, чем навигационные функции, GPS является основным компонентом. Отмечено, что в настоящее время в мире насчитывается более двух миллиардов пользователей GPS.

4.2.2. Показатель уровня развития — сайт библиотеки DOT [24], информационный источник — Positioning, Navigation and Timing Architecture: Implementation Plan [24]. Статус — <обязательный>.

Согласно [24], кроме DOD и DOT, в создании и развитии PNT участвуют такие правительственные органы США, как Министерство торговли (англ. Department of Commerce, DOC), Министерство внутренних дел (англ. Department of the Interior, DOI), Государственный департамент (англ. United States Department of State, DOS), Управление исследований и инновационных технологий (англ. Research and Innovative Technology Administration, RITA, входит в DOT), Федеральное авиационное управление (англ. Federal Aviation Administration, FAA), Федеральное управление автомобильных дорог (англ. Federal Highway Administration, FHWA, входит в DOT), Федеральное управление железных дорог (англ. Federal Railroad Administration, FRA),

Объединенное управление планирования и развития (англ. Joint Planning and Development Office, JPDO), Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (англ. National Aeronautics and Space Administration, NASA), Национальный институт стандартов и технологий (англ. National Institute of Standards and Technology, NIST, входит в DOC), NCO Group Inc. (NCO), Министерство внутренней безопасности (англ. United States Department of Homeland Security, DHS), Береговая охрана (англ. United States Coast Guard, USCG), Национальная организация выборочных обследований (англ. National Sample Survey Organization, NSSO).

Роль в развитии PNT каждой из указанных структур в графическом виде показана в табл. 3.

На сайтах большинства указанных гражданских органов власти США размещена официальная информация о PNT высокого уровня иерархии развития.

Состав участников развития PNT и их роли находятся в процессе эволюционного развития.

В силу наличия определений понятия «PNT» на иерархических уровнях «высший» и «высокий», поиск определений понятия «PNT» на более низких иерархических уровнях развития не проводился.

Окончание таблицы 3

Определение ролей	Министерство обороны США																
	Стратегическое командование	Военно-морская обсерватория	Военно-морской флот	Корпус морской пехоты	Военно-воздушные силы	Армия	Командование космической и противоракетной обороны	Специализированный центр управления	Силы специальных действий	Совет по политике в области федеральной авиации	Офис помощника министра обороны по науке и технологиям	Офис помощника министра обороны по сетевой и информационной интеграции	Агенство национальной безопасности	Военно-морская исследовательская лаборатория	Национальное агенство геопрозрачной разведки	Объединенный штаб	Космическое командование
★ – Управление основной ответственности																	
● – Управление сопутствующей ответственности		●	●		●	●	●	●			●	●		●		●	●
○ – Наблюдатель								○	○	○	○						
□ – Посредник																	
Взаимозаменяемые решения																	
12	Взаимозаменяемость с зарубежными источниками PNT	●	★														★
13	Стандарты и системы отсчета			●													
14	Обмен информацией, обеспечение и защита					●	●				●	●					●
15	Сетка и системы координат										●	●				★	
Синергия PNT и коммуникаций																	
16	Синергия PNT и коммуникаций			●		●			★		●			●		○	★
Кооперативные организационные структуры																	
17	Национальный процесс координации PNT										○					●	●
18	Чемпионы по феноменологии и применению										●	●			○		●
19	Система моделирования и имитационного моделирования										●	★				○	○

Выводы по пунктам 4 и 5

1. Организационная структура и инфраструктура PNT закреплены на иерархическом уровне развития PNT «высший». Для КВНО таких уровней закрепления организационной структуры и инфраструктуры в открыто печати не найдено.

2. Функционал PNT, введенный на иерархическом уровне развития «высший» в 2021 г., значительно превышает потенциальный функционал КВНО, который в настоящее время описан в немногих публикациях.

3. По количеству участников на иерархическом уровне развития «высокий» развитие КВНО значительно отстает от развития PNT.

4. Взаимодействие участников PNT между собой и распределение их ролей, введенные на иерархическом уровне «высокий», значительно превышают аналогичные показатели развития КВНО.

Заключение

1. Обзор состояния дел по развитию понятийного аппарата и нормативной базы КВНО РФ в сравнении с понятийным аппаратом и нормативной базой PNT США выполнен в виде экспертной оценки с нормативно установленных позиций системного анализа и системной инженерии.

2. Полученные формальные оценки развития понятийного аппарата и нормативной базы КВНО РФ в сравнении с понятийным аппаратом и нормативной базой PNT США показывают значительное отставание в этом направлении развития КВНО РФ от развития PNT США, но при этом необходимо учесть, что в исследовании не рассмотрено развитие ГЛОНАСС, являющейся ядром КВНО РФ. При этом в многочисленных мероприятиях по развитию ГЛОНАСС на федеральном, отраслевом и региональном уровнях выполняются и мероприятия по развитию КВНО в целом.

3. PNT создано и развивается и в других зарубежных странах, прежде всего в ЕС [25], Канаде [26], Китае [27], и этому развитию также необходимо уделять должное внимание.

4. Особо необходимо отметить такие направления развития PNT, как «альтернативное PNT» (англ. Alternative PNT, A-PNT), «дополняющее

(непрерывное) PNT» (англ. Complementary (Continuous) PNT, C-PNT), технологии «микро-PNT» (англ. Micro-PNT).

5. Дальнейшее развитие КВНО РФ, на взгляд автора, не только должно осуществляться в рамках целевых мероприятий по развитию ГЛОНАСС, но и должно быть увязано с развитием других навигационных систем в общем документе федерального уровня. Роль и статус Радионавигационного плана РФ должны быть не только сохранены, но и повышены.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. Information technology. System engineering. System life cycle processes. ОКС 35.080. Дата введения 2007-01-01. 105 с.
2. ГОСТ Р 57193-2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем (ISO/IEC/IEEE 15288:2015, NEQ). М.: Стандартинформ, 2016. 98 с.
3. ГОСТ Р 57100-2016/ISO/IEC/IEEE 42010:2011. Национальный стандарт Российской Федерации. Системная и программная инженерия. Описание архитектуры. Systems and software engineering. Architecture description. ОКС 35.08. Дата введения 2017-09-01. 52 с.
4. ГОСТ Р 59993-2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Системная инженерия. Системный анализ процесса управления инфраструктурой системы. System engineering. System analysis of system infrastructure management process. ОКС 35.020. Дата введения 2022-11-30. 66 с.
5. Радионавигационный план Российской Федерации. Утвержден приказом Минпромторга России от 4 сентября 2019 г. № 3296. 83 с.
6. <https://glonass-iac.ru>
7. Самратов У.Д. Система координатно-временного и навигационного обеспечения российских железных дорог // Пространственные данные 3/2007 // <http://www.gisa.ru/41706.html>
8. Писарев С.Б., Шибшаевич Б.В. Прикладное координатно-временное обеспечение: основные тенденции современного развития // Новости навигации. 2005. № 2. С. 16–20.

9. *Борисов Я.М., Сердюков А.И.* Актуальные проблемы правового регулирования координатно-временной и навигационной деятельности // *Новости навигации.* 2007. № 4. С. 42–46.
10. *Бутенко В.В., Назаренко А.П.* Основные положения концепции создания единой системы КВНО Российской Федерации // *Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт.* 2008. № 2. С. 20–24.
11. *Болкунов А.И.* и др. Современное состояние и проблемы развития системы нормативного правового регулирования в области КВНО // *Новости навигации.* 2013. № 3. С. 22–33.
12. *Райкунов Г.Г., Ступак Г.Г.* Развивающаяся система ГЛОНАСС и проблемные вопросы гарантированного координатно-временного и навигационного обеспечения // *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы.* 2014. Т. 1, вып. 1. С. 13–21.
13. *Тюлин А.Е., Бетанов В.В.* Гарантированное координатно-временное и навигационное обеспечение потребителей информации спутниковых систем // *Правовая информатика.* 2020. № 2. С. 4–16.
14. *Флегонтов А.В., Рутько И.М., Долгов Е.И.* Современное состояние и перспективные направления развития координатно-временного и навигационного обеспечения в Российской Федерации // *Информация и космос.* 2023. № 4. С. 90–94.
15. О навигационной деятельности: Федеральный закон от 14.02.2009 № 22-ФЗ (с изменениями и дополнениями) // base.garant.ru
16. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/memorandum-space-policy-directive-7>. January 15. 2021
17. <https://www.transportation.gov/pnt/what-positioning-navigation-and-timing-pnt>
18. *Писарев С.Б.* Реализация идеологии ЕС КВНО в государственных программах Российской Федерации // *Новости навигации.* 2008. № 2. С. 11–17.
19. *Балов А.В. и др.* Система координатно-временного и навигационно-информационного обеспечения с базированием опорных станций в околоземном воздушном пространстве // *Новости навигации.* 2009. № 3. С. 17–23.
20. *Тюлин А.Е. и др.* Направления повышения точности и надежности навигационно-временного обеспечения средств ВМФ в рамках единой системы навигационного обеспечения Российской Федерации // *Записки по гидрографии. Материалы научно-практической конференции «Современные технологии гидрографии XXI века».* 2018. № 305. С. 94–104.
21. *Писарев С.Б.* Проблемы и перспективы совершенствования КВНО в арктической зоне России // *Радионавигация и время.*, 2021. № 8(16). С. 25–26.
22. *Блинов И.Ю. и др.* «Система единого времени Российской Федерации — преодоление новых вызовов» // *Радионавигация и время: труды СЗРЦ концерна ВКО «Алмаз–Антей».* 2022. № 10 (18). С. 8–20.
23. <https://www.gps.gov/governance/excom>
24. <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/18293>
25. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/747448/EPRS_ATA\(2023\)747448_EN.pdf#:~:text=The%20European%20Space%20strategy%20for, particular%2C%20security%20and%20defence%20needs](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2023/747448/EPRS_ATA(2023)747448_EN.pdf#:~:text=The%20European%20Space%20strategy%20for, particular%2C%20security%20and%20defence%20needs)
26. <https://www.gps.gov/cgsic/meetings/2021/wharram.pdf>
27. <https://rntfnd.org/wp-content/uploads/China-National-Secure-PNT-Based-on-BDS-Apr-2023.pdf>

Дата поступления рукописи
в редакцию 29.05.2024
Дата принятия рукописи
в печать 26.08.2024