

## РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ЗЕНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*Ружников В.А.<sup>1</sup>, Горячкин О.В.<sup>1</sup>, Сподобаев М.Ю.<sup>2</sup>, Сподобаев Ю.М.<sup>1</sup>*<sup>1</sup>*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, РФ*<sup>2</sup>*ООО «Цифровая независимость», Москва, РФ**E-mail: rv@psuti.ru, o.goryachkin@psuti.ru, mspd@independence.digital, y.spodobaev@psuti.ru*

Повышенный интерес к информационному обслуживанию ближнего зарубежья с использованием ионосферных радиоканалов связан с перспективной возможностью создания систем пассивной радиолокации с использованием радиовещательных сигналов в диапазоне высоких частот. Однако статичность и громоздкость конструкций в сочетании с необходимым для нее регулярным эксплуатационным обслуживанием, стали сдерживать ставшие актуальными возможности радиовещания на высоких частотах. Радиовещательный модуль диапазона высоких частот представляет собой контейнерную конструкцию, в которой размещается антенна зенитного излучения в виде гребенчатого рупора, передатчик и все вспомогательное оборудование. Допустимо размещение модуля как на поверхности земли, так и в защищенном варианте частично или полностью ниже уровня земли. Изменением положения антенны относительно вертикальной оси возможно в небольших пределах управлять характеристикой направленности. Конструкция модуля позволяет значительно сократить сроки ввода оборудования в эксплуатацию до времени его установки и подключения к системе питания.

**Ключевые слова:** ионосферные радиоканалы, радиовещание, технология зенитного излучения, контейнерная конструкция, гребенчатая рупорная антенна

**Введение**

Недооценка ближнего и дальнего радиовещания в диапазонах коротких, средних и длинных волн (КСДВ), особенно при иновещании с амплитудной модуляцией (АМ), резко сокращает возможности внешнего информационного обслуживания труднодоступных районов, в том числе районов, подвергнутых геополитической изоляции. В [1; 2] обращается внимание на два преимущества, благодаря которым АМ до сих пор применяется в мировой практике КСДВ-радиовещания, несмотря на длительные, но безуспешные попытки цифровизации. Одно из них – это то, что для приема АМ-сигнала требуется очень простой и дешевый радиоприемник. А другое связано с качеством принимаемого сигнала – «...при падении уровня АМ-сигнала вплоть до шумов (что актуально при иновещании на заинтересованную аудиторию) сохраняется не только разборчивость человеческой речи и ее естественность, но даже и узнаваемость музыкальных произведений. Оба эти достоинства пока не удалось превзойти никакой другой системе модуляции в тех же диапазонах частот и при том же частотном планировании» – подчеркивается в [1].

Принципы и технику дальнего радиовещания в диапазоне ВЧ можно разделить по двум технологиям. Первая из них – это дальнее радиове-

щание по технологии создания радиоканала на основе ионосферной однократковой трассы. Современное состояние и предложения по восстановлению этой технологии, как доступного средства глобального распространения информации с помощью модульных конструкций рассмотрены в [3]. Вторая технология использует радиоканал, образующийся при излучении сигнала в направлении, близком к зенитному. Ее называют технологией NVIS (Near Vertical Incidence Sky wave propagation), в состав передающего оборудования входят антенны зенитного излучения (АТЗИ). Этот класс антенн представлен большим количеством различных конструкций, различающихся их ориентацией на целевое использование.

**Технология NVIS**

NVIS, как технология радиосвязи, широко используется в мобильном варианте у военных структур с использованием антенн в виде гибких несимметричных вибраторных антенн (например, антенна Куликова), а также рамочных конструкций с размерами рамки 0,1λ и менее, которые работают как магнитный диполь. Они имеют хорошую направленность в зенит при вертикальной ориентации, а благодаря малым габаритам и жесткости конструкции, хорошо подходят для транспортных средств с размещением на крыше автомобиля и часто выполняются в складном

варианте. При работе на передачу такие антенны требуют высокоэффективное согласующее устройство.

В народном хозяйстве (ведомственная связь, МЧС, гражданская оборона, оповещение, экспедиции и пр.), а также в радиолюбительской практике, для работы по технологии NVIS, в основном, используются самые разнообразные проволочные горизонтальные и наклонные конструкции на основе полуволнового диполя.

На стационарных передающих центрах местного радиовещания по технологии NVIS, как правило, применяются классические антенны в виде диполя, подвешенного примерно на  $1/4$  длины волны над землей, или решетки таких диполей, которые увеличивают энергетику радиоканала и позволяют отклонять диаграмму направленности от зенитного направления и смещать зону обслуживания. Немаловажную роль в радиовещательной технологии NVIS играют энергетические показатели, поскольку их режимы работы предполагают, как правило, круглосуточную работу. Поэтому обычно используют наземный экран или заземление для уменьшения влияния почвы, что снижает потери в почве (увеличивает коэффициент усиления), стабилизирует направленные свойства и входное сопротивление.

Признанной и широко используемой для радиовещания в диапазоне ВЧ (высоких частот), особенно в гористой местности, является турникетная конструкция АТЗИ, состоящая из горизонтальных симметричных диполей, которая впервые была предложена Шередько Е.Ю. в [4]. Разработанный ГСПИ РТВ (Государственный специализированный проектный институт радио и телевидения) типовой проект этой антенны впоследствии был реализован на десятках радиоцентров. В южных регионах Союзного государства таким образом была решена проблема информационного обслуживания населения, проживающего в труднодоступных районах.

Недостатками стационарных технических решений АТЗИ являются:

- необходимость выделения и освоения значительной технической территории для размещения антенны, фидерного хозяйства и оборудования;
- проведение строительно-монтажных работ, связанных, в том числе с земляными работами (заземление), с установкой опор и грозозащиты;
- проведение полевых пуско-наладочных работ и настройка оборудования (шлейфы, согласование, качество заземления);
- открытость и подверженность конструкции природным и преднамеренным воздействиям.

Эти недостатки известных стационарных решений, а также статичность и громоздкость конструкции в сочетании с необходимым для нее регулярным эксплуатационным обслуживанием, стали сдерживать ставшие актуальными возможности радиовещания на ВЧ. Повышенный интерес к информационному обслуживанию ближнего зарубежья с использованием ионосферных радиоканалов связан с перспективной возможностью создания систем пассивной радиолокации в диапазоне ВЧ с применением радиовещательных сигналов – AM, DRM или специальных сигналов [5; 6; 7].

### Постановка и решение задачи

Задачей, на решение которой направлено представляемое техническое решение [8], является создание оборудования для ставшего актуальным восстановления и развития местного радиовещания на высоких частотах, которое вполне может выполнять функции передающей позиции комплекса пассивной радиолокации.

Данная задача решается за счет того, что радиовещательный модуль диапазона ВЧ представляет собой контейнерную конструкцию, в которой размещается антенна зенитного излучения в виде гребенчатого рупора, верхняя стенка контейнера перед раскрытием рупора выполнена из радиопрозрачного и изолирующего от климатических воздействий материала. Радиовещательный передатчик подключается к антенне через диаграммообразующую схему (ДОС), формирующую амплитудно-фазовое распределение, если модуль работает в составе антенной решетки, либо напрямую через усилитель мощности. Управление оборудованием осуществляется по радиоканалу через радиомодуль, сигнал программы вещания поступает по радиоканалу или кабельному каналу, электропитание оборудования обеспечивается посредством подключения к внешнему источнику. В состав модуля может быть включен механизм управления положением антенны по азимуту и углу места для смещения диаграммы направленности от вертикального положения и изменения положения зоны обслуживания. В качестве антенны может быть использован гребенчатый рупор с вращающейся поляризацией [9; 10].

### Технический результат

Техническим результатом, обеспечиваемым приведенной совокупностью признаков, является компактность оборудования радиовещания, возможность монтажа конструкции (модуля) вместе с антенной и настройки оборудования в производственных условиях, допустимость раз-

мещения модуля как на поверхности земли, так и в защищенном варианте частично или полностью ниже уровня земли, реализации функции механического управления характеристикой направленности, изменением положения антенны относительно вертикальной оси, а также значительное сокращение сроков ввода в эксплуатацию радиовещательного модуля до времени его установки и подключения к системе питания.

Сущность конструкции модуля поясняется на рисунке 1, на котором: 1 – рабочий объем радиовещательного модуля (контейнера), 2 – гребенчатая рупорная антенна, 3 – радиопрозрачная стенка модуля, 4 – усилитель мощности ВЧ диапазона, 5 – ДОС для работы модуля в составе решетки, 6 – радиовещательный передатчик, 7 – радиомодуль управления и подачи программы, 8 – антенна радиомодуля, 9 – линейный вход, 10 – выходы к элементам решетки, 11 – источник питания, 12 – силовой вход в модуль, 13 – механизм поворота антенны, 14, 15 и 16 – варианты размещения контейнера относительно уровня земли.

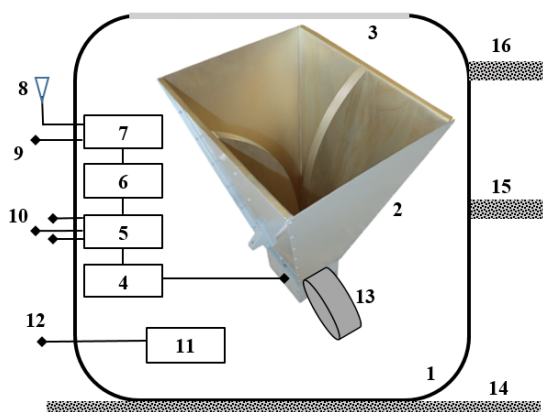


Рисунок 1. Конструкция радиовещательного модуля

Работает устройство следующим образом. Радиовещательный модуль 1 полностью собирается, монтируется и настраивается в производственных условиях серийного выпуска таких изделий. Далее он доставляется на выбранную подготовленную площадку, имеющую кабельную подводку электроэнергии и устанавливается относительно земной поверхности в одном из рекомендуемых вариантов 14, 15 или 16. Электроэнергия поступает в модуль на источник питания 11 через силовой вход 12. Управление оборудованием осуществляется по радиоканалу через антенну 8 и радиомодуль 7, через который на вход передатчика 6 может поступать и программа вещания, если отсутствует возможность ее подачи на линейный вход 9 по кабельному каналу. С передатчика 6 модулированный радиовещательный сигнал проходит через схему формирования амплитудно-фазового рас-

пределения на выходах 10, если модуль работает в составе антенной решетки, либо напрямую на усилитель мощности 4 и далее в рупорную антенну 2, раскрытие которой расположено перед радиопрозрачным окном 3. Механизм 13 позволяет отклонять антенну от вертикального положения и управлять смещением зоны обслуживания.

### Заключение

Необоснованный и практически полный отказ от радиовещания на низких, средних и высоких частотах привел к ликвидации большого количества технических объектов радиовещания и значительному снижению потенциала информационного обслуживания прилегающих к границам России территорий. Сложившаяся ситуация серьезно актуализировала проблемы информационной безопасности, что позволяет сделать вывод о необходимости восстановления радиовещания как доступного средства распространения информации для широких масс населения. Технология NVIS имеет свои преимущества, а радиовещательный модуль в виде передающей позиции ВЧ диапазона, реализующий эту технологию, по своим технологическим показателям, простоте и реализуемости конструкции, климатической защищенности, а также по объемам работ и срокам реализации предоставляет возможность в кратчайшие сроки организовать радиовещание на критических территориях.

### Литература

1. Комаров С.Н. Мощное радиовещание на КСДВ: «Казнить нельзя помиловать!» // Broadcasting. Телевидение и радиовещание. 2014. № 2. С. 39–43.
2. Дотолев В.Г., Лашкевич А.В. Цифровое звуковое радиовещание. Состояние и перспективы // Электросвязь. 2019. № 9. С. 14–21.
3. Ружников В.А., Сподобаев М.Ю., Сподобаев Ю.М. Модульное радиовещание в ВЧ диапазоне // Электросвязь. 2024. № 9. С. 41–46. DOI: 10.34832/ELSV.2024.58.9.006
4. Шеретько Е. Ю. Турникетная антенна зенитного излучения // Электросвязь. 1980. № 2. С. 35–39.
5. Пассивная когерентная радиолокация / А.В. Бархатов [и др.]. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 163 с.
6. Вертоградов Г.Г., Нестеров В.Ю. Решение задачи пассивной когерентной радиолокации по результатам одноканальных измерений характеристик рассеянного КВ-излучения // Техника радиосвязи. 2022. № 4 (55). С. 7–15.

7. Золотарев И.Д., Березовский В.А. Пеленгация в дециметровом диапазоне при многоцелевой ситуации. М.: Радиотехника, 2013. 351 с.
8. Радиовещательный модуль ВЧ-диапазона зенитного излучения: патент 231316. Российская Федерация. № 2024126551 / В.А. Ружников (RU), О.В. Горячкин (RU), М.Ю. Сподобаев (RU), Ю.М. Сподобаев (RU); заявл. 10.09.2024; опубл. 23.01.2025.
9. Kerr J.L. Short axial length broad-band horns // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1973. Vol. 21, no. 5. P. 710–714. DOI: 10.1109/TAP.1973.1140561
10. Маслов О.Н. Направленные свойства модифицированной рупорной антенны // Труды НИИР. 1990. № 3. С. 25–26.

Дата поступления 25.11.2024

Дата принятия 27.12.2024

**Ружников Вадим Александрович**, к.т.н., доцент, ректор Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 927 736-50-46. E-mail: rv@psuti.ru

**Горячкин Олег Валерьевич**, д.т.н., профессор, проректор по научной работе ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 917 947-42-86. E-mail: o.goryachkin@psuti.ru

**Сподобаев Михаил Юрьевич**, к.т.н., заместитель генерального директора ООО «Цифровая независимость». 109028, г. Москва, вн. тер. г. Муниципальный Округ Таганский, ул. Земляной Вал, 50А, стр. 3. Тел. +7 987 955-51-00. E-mail: mspd@independence.digital

**Сподобаев Юрий Михайлович**, д.т.н., профессор, советник ПГУТИ. 443010, Российская Федерация, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23. Тел. +7 917 150-06-41. E-mail: y.spodobaev@psuti.ru

UDC 621.396.1; 654.195.6

DOI: 10.18469/ikt.2024.22.4.09

## ZENIT RADIATION BROADCASTING MODULE

*Ruzhnikov V.A.<sup>1</sup>, Goryachkin O.V.<sup>1</sup>, Spodobayev M.Yu.<sup>2</sup>, Spodobayev Yu.M.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Digital Independence LLC, Moscow, Russian Federation*

*E-mail: rv@psuti.ru, o.goryachkin@psuti.ru, mspd@independence.digital, y.spodobaev@psuti.ru*

Increased interest in information services for neighboring countries with the use of ionospheric radio channels is associated with the promising possibility of creating passive radar systems using HF radio broadcasting signals. However, the static nature and bulkiness of the structures, combined with the regular operational maintenance required for it, began to restrain the opportunities for high-frequency radio broadcasting that have become relevant. The HF radio broadcasting module has a container structure that houses a zenith radiation antenna in the form of a comb horn, a transmitter and all auxiliary equipment. It is permissible to place the module both on the ground surface and as a protected construction partially or completely below ground level. By changing the antenna position relative to the vertical axis, it is possible to control the directivity characteristic within small limits. The module design allows to significantly reduce the time necessary for the equipment commissioning to the time of its mounting and connection to the power supply system.

**Keywords:** *ionospheres radio channels, radio broadcasting, zenith radiation technology, container design, comb horn antenna*

**Ruzhnikov Vadim Aleksandrovich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Rector, PhD in Technical Science, Associate Professor. Tel. +7 927 736-50-46. E-mail: rv@psuti.ru

**Goryachkin Oleg Valerievich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Vice-Rector for Research, Doctor of Technical Science, Professor. Tel. +7 917 947-42-86. E-mail: o.goryachkin@psuti.ru

**Spodobayev Mikhail Yuryevich**, Digital Independence, 50A, Building 3, Zemlyanoy Val Street, Tagansky Municipal District, Moscow, 109028, Russian Federation; Deputy General Director, PhD in Technical Science. Tel. +7 987 955-51-00. E-mail: mspd@independence.digital

**Spodobayev Yury Mikhaylovich**, Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, 23, L. Tolstoy Street, Samara, 443010, Russian Federation; Advisor, Doctor of Technical Sciences, Professor. Tel. +7 917 150-06-41. E-mail: y.spodobaev@psuti.ru

### Reference

1. Komarov S.N. Powerful radio broadcasting on KSDV: «To execute is impossible to pardon!». *Broadcasting. Television and Radio Broadcasting*, 2014, no. 2, pp. 39–43. (In Russ.)
2. Dotolev V.G., Lashkevich A.V. Digital audio radio broadcasting. Status and prospects. *Elektrosvyaz*, 2019, no. 9, pp. 14–21. (In Russ.)
3. Ruzhnikov V.A., Spodobaev M.Yu., Spodobaev Yu.M. Modular HF broadcasting. *Electrosvyaz*, 2024, no. 9, pp. 41–46. DOI: 10.34832/ELSV.2024.58.9.006 (In Russ.)
4. Sheredko E.Yu. Turnstile antenna of zenith radiation. *Electrosvyaz*, 1980, no. 2, pp. 35–39. (In Russ.)
5. Barkhatov A.V. et al. *Passive Coherent Radar*. Saint Petersburg: SPbGETU «LETI», 2016. 163 p. (In Russ.)
6. Vertogradov G.G., Nesterov V.Yu. Solution of the problem of passive coherent radar based on the results of single-channel measurements of the characteristics of scattered HF radiation. *Tekhnika Radiosvyazi*, 2022, no. 4 (55), pp. 7–15. (In Russ.)
7. Zolotarev I.D., Berezovsky V.A. *Direction Finding in the Decameter Range in a Multi-Purpose Situation*. Moscow: Radiotekhnika, 2013, 351 p. (In Russ.)
8. Radio Module for High-Frequency Range of Zenith Radiation: patent 231316. Russian Federation. No. 2024126551 / V.A. Ruzhnikov (RU), O.V. Goryachkin (RU), M.Yu. Spodobaev (RU), Yu.M. Spodobaev (RU); zayavl. 10.09.2024; opubl. 23.01.2025. (In Russ.)
9. Kerr J.L. Short axial length broad-band horns. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1973, vol. 21, no. 5, pp. 710–714. DOI: 10.1109/TAP.1973.1140561
10. Maslov O.N. Directional properties of a modified horn antenna. *Trudy NNIIR*, 1990, pp. 25–26. (In Russ.)

Received 25.11.2024

Accepted 27.12.2024