Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы

УДК 621.396.969.18

DOI: 10.14529/ctcr210307

БЕЗЭХОВАЯ КАМЕРА, ВСТРАИВАЕМАЯ В ПОМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Аксёнов¹, А.А. Ларин², Н.В. Самбуров¹

¹ АО «Тайфун», г. Калуга, Россия,

² Московский авиационный институт, г. Москва, Россия

Рассматриваются вопросы проектирования безэховых камер для антенных измерений определенного типа – встраиваемых в помещения промышленного назначения. Достоинством таких камер является положительный экономический эффект, связанный как со снижением издержек на строительные работы, так и с возможностью совместного использования вспомогательных систем помещения в процессе эксплуатации. Известные подходы к проектированию камер для антенных измерений основываются либо на обеспечении минимального уровня безэховости, либо минимальных габаритных размеров. В данном случае необходимо обеспечить компромисс между параметрами безэховости и габаритными размерами при обеспечении технологической доступности всей полезной площади помещения. **Целью** работы является обоснование формы и геометрических размеров камеры. **Методы исследования.** В процессе исследования использовались методы геометрической оптики. При обосновании формы камеры учитывались практические аспекты, а именно: распространенная форма помещений промышленного назначения и цехов, а также возможность эффективного использования пространственных радиопоглощающих материалов для покрытия камеры изнутри. В процессе нахождения оптимальных действующих геометрических размеров функционалами качества были приняты параметры безэховости и габариты. **Результаты.** Камера в форме прямоугольной трапеции является оптимальной для встраивания в помещения промышленного назначения. Найдены выражения для геометрических размеров камеры, обеспечивающей отсутствие отражений первого и второго порядка в рабочей зоне. Найдено оптимальное значение угла отклонения задней стенки безэховой камеры. **Заключение.** На основании вышеприведенной методики была реализована безэховая камера компактного полигона для антенных измерений.

Ключевые слова: компактный антенный полигон, радиопоглощающий материал, безэховая камера, коллиматор, отражение.

Введение

Для измерения параметров антенно-фидерных устройств и обтекателей широко используются так называемые компактные антенные полигоны, наиболее габаритной составляющей которых является безэховая камера (БЭК) [1]. Одним из вариантов существенного снижения себестоимости компактных полигонов является совместное использование полезной площади существующих помещений производственного назначения (ППН), а именно – встраивание полигона внутрь таких помещений. Достоинством такого варианта для организации полигонов является экономический эффект, связанный как со снижением издержек на строительные работы, так и с возможностью совместного использования вспомогательных систем помещения, таких как:

- системы экранировки;
- системы отопления и кондиционирования воздуха;
- устройства подъема и транспортировки грузов;
- системы пожаротушения.

Недостатком в этом случае являются ограничения, накладываемые размерами и геометрической формой помещения на реализуемые геометрические размеры и форму БЭК.

В зависимости от назначения количество радиопоглощающего материала (РПМ), необходимое для облицовки внутренней части БЭК, может достигать порядка сотен квадратных метров. Поэтому одним из определяющих факторов при выборе РПМ для камеры является его стоимость, что обосновывает использование материалов с компромиссными технико-экономическими показателями. Доступные на сегодняшний день широкополосные материалы имеют коэффициент отражения порядка 20...30 дБ (в зависимости от диапазона частот), что недостаточно для проведения измерений на компактных полигонах, так как величина УБЛ современных антенных устройств может доходить до 40...50 дБ. Форма камеры позволяет улучшить коэффициент безэховости, ограничиваемый для камер простой формы величинами коэффициентов поглощения и рассеяния РПМ.

Стоит заметить, что возможность применения аппаратных средств для снижения уровня безэховости (способы пространственно-временной селекции [2, 3]) ограничивается формой АЧХ испытываемых антенн. В дополнение к этому в ряде практических приложений, где необходимо сопоставление абсолютных ДН нескольких антенн, применение пространственно-временной селекции не корректно, так как в этом случае настройка временной области режекции должна производиться для каждой антенны отдельно. Это приводит к фактическому различию коэффициента передачи измерительных трактов для полезного сигнала, а значит, и к ошибкам восстановления абсолютных ДН антенн. Поэтому прямые (конструктивные) методы снижения уровня безэховости продолжают оставаться актуальными.

В [4] приводится безэховая камера в форме прямоугольной трапеции, встроенная в ППН. Целью статьи является обоснование формы и геометрических размеров камеры.

1. Форма камеры

Обычно качество БЭК оценивается коэффициентом безэховости ($K_{БЭ}$) в рабочей зоне. Коэффициент безэховости есть отношение полного потока мощности, рассеянного камерой ($P_{\text{расс}}$), к потоку мощности (P_0), пришедшему от излучателя: $K_{БЭ} = P_{\text{расс}}/P_0$. При этом предельное значение коэффициента ограничено неравенством

$$K_{БЭ} \leq p^n, \quad (1)$$

где p – коэффициент отражения по мощности материала покрытия стенок камеры; n – минимальное число переотражений не прямых лучей из зоны излучения в зону приема [5].

Знак в неравенстве (1) указывает, что величина $K_{БЭ}$ может ухудшаться за счет фактической зависимости величины p от угла падения волны на РПМ, непосредственно формы камеры, а также наличия различных паразитных эффектов (дифракция на краях коллиматорного зеркала, просачивание энергии от облучателя в рабочую зону и прочее).

Простейшей формой БЭК является прямоугольная [6], что удачно согласуется с общепринятой формой ППН. Однако из-за наличия в рабочей зоне отражений первого порядка ($n=1$) (от задней стенки) безэховость камеры будет ограничена величинами коэффициентов поглощения и рассеяния используемого РПМ.

В процессе развития техники и теории антенных измерений при построении БЭК большое внимание уделяли геометрической форме и конфигурации БЭК. Для компактных полигонов на основе коллиматорного зеркала известно два конструктивных направления снижения коэффициента безэховости камеры [7]:

- 1) выбор сложной формы поверхности (камеры с криволинейными либо ломаными профилями стен);
- 2) использование поверхности простой формы с профилированными элементами (например, профилирование экранами, вертикальными или горизонтальными гофрами, а также рассеивающими пирамидами различных форм и размеров).

Оба направления направлены на увеличение величины n и отличаются конструктивными способами перенаправления или рассеивания паразитной волны. Недостатками данных камер

являются: для первого случая – большие габаритные размеры и сложный конструктив, а во втором – конструкция камеры, содержащая локальные элементы сложной формы. Кроме локального утяжеления конструкции камеры присутствие профилированных элементов плохо согласовывается с формой РПМ (например – для РПМ пирамидального типа). Это приводит к повышенной конструктивной и технологической сложности покрытия кромок профилированных элементов распространенным (серийным) пирамидальным РПМ, нарушению его целостности и повышенному расходу.

Некоторым компромиссом является трапециевидальная форма камеры со скошенной задней стенкой, описанная в [4]. Отличие от известных камер – камер с наклонной задней стенкой и камеры с задней стенкой в виде наклонного клина [6] – заключается в следующем: отражение «прожекторного» луча происходит только в горизонтальной плоскости в одном направлении, а также отсутствует профилированный элемент (клин). Организация переотражения в горизонтальной плоскости позволяет снизить зависимость формы и конечного уровня безэховости камеры от высоты ППН, так как полезная высота помещения (с учетом организации совместного использования систем подъема и транспортировки грузов и систем отопления и кондиционирования) ограничена и значительно меньше ее ширины.

Таким образом, форма рассматриваемой камеры [4] обладает конструктивной простотой, позволяющей сохранить внешние габариты и не утяжелять конструкцию дополнительными элементами, а также обеспечивает возможность качественного покрытия внутренней поверхности РПМ. С помощью асимметрии формы камеры относительно фокальной оси коллиматорного зеркала обеспечивается снижение безэховости. При этом дополнительная часть площади ППН, необходимая для увеличения габаритов камеры, может быть использована для сквозного прохода (внутрицехового проезда) (рис. 1), а также перемещения антенных устройств внутрь БЭК для установки в рабочую зону (РЗ).

Рис. 1. Форма камеры и пример ее расположения в ППН
Fig. 1. Form and location option of the chamber

2. Действующие геометрические размеры камеры

Для обоснования действующих размеров рассмотрим ход лучей волны, переизлучаемой коллиматорным зеркалом в приближении геометрической оптики [7, 8]. На рис. 2 приводится геометрия задачи для камеры в области отражений 1-го и 2-го порядка.

Условные границы «прожекторного луча» обозначены штриховыми линиями, рабочая зона принята цилиндрической формы с радиусом основания $a/2$. Угол наклона задней стенки 1 относительно нормали к первичному коллиматорному фронту волны равен α . Стенка 2 параллельна направлению распространения коллиматорного фронта волны.

Рис. 2. Геометрия задачи
Fig. 2. Geometry of problem

Условие отсутствия отражений первого порядка

Искомый угол поворота задней стенки камеры α определяется на основе известного расстояния d до задней стенки 1 и размера рабочей зоны a , исходя из подобия треугольников ABC и ADE (см. рис. 2). Данный угол определяет отсутствие отражений первого порядка:

$$\alpha \geq \arctg\left(\frac{d - \sqrt{d^2 - a^2}}{a}\right). \quad (2)$$

Условие отсутствия отражений второго порядка

Камера имеет асимметрию относительно фокальной оси зеркала коллиматора, при которой выполняется условие отсутствия отражений второго порядка. Данная асимметрия определяется расстоянием l от оси коллиматора до дальней боковой стенки 2 как сумма длин двух отрезков HF и FG (см. рис. 2).

Длина отрезка HF равна половине размера рабочей зоны a .

Длину FG определяем на основе известных параметров a , d и α как катет треугольника EFG .

В результате получаем

$$l \geq HF + FG = \frac{a}{2} + \tg 2\alpha \left(\frac{d}{2} + \frac{a}{2} \tg \alpha \right).$$

Таким образом, итоговое отсутствие отражений определяется следующей системой:

$$\begin{cases} \alpha \geq \arctg\left(\frac{d - \sqrt{d^2 - a^2}}{a}\right); \\ l \geq \frac{a}{2} \cos^{-1} 2\alpha + \frac{d}{2} \tg 2\alpha. \end{cases} \quad (3)$$

3. Критерий качества

Так как объектом исследования является безэховая камера, встраиваемая в ППН, то критерием качества можно принять параметры безэховости и габариты. В качестве критерия, характеризующего уровень безэховости камеры, будем использовать величину затухания плоской ЭМВ, формируемой зеркалом коллиматора, проникающей в рабочую зону после переотражений от

стен. То есть критерием является предельный коэффициент безэховости ($K_{БЭ}$) без учета дифракционных явлений от краев зеркала и других эффектов формирования плоского фронта волны коллиматорным зеркалом. Данный критерий качества может быть сформулирован на основе принципов геометрической оптики:

$$K = \prod_{i=1}^n p_i(\varphi_i),$$

где $p_i(\varphi)$ – функция коэффициента отражения РПМ для i -й поверхности от угла падения волны φ , а φ_i – угол падения на i -ю поверхность.

Рассмотрим случай, часто встречающийся на практике, когда материал покрытия стен используется одного вида – пирамидального, а соотношение высоты пирамид РПМ и длины волны соответствует рассеянию смешанного типа (зеркального и диффузионного).

Величина $p_i(\varphi_i)$ для известного φ_i может быть найдена из так называемой индикатрисы рассеяния РПМ ($p_i(\varphi)$). Однако информация об индикатрисе для конкретного РПМ либо труднодоступна для потребителя (покупателя), либо может отсутствовать вовсе. Организация практического измерения $p_i(\varphi)$ на образцах РПМ является обособленной технической задачей [6, 7], необходимость корректного решения которой для плоского фронта волны значительно усложняет техническую возможность реализации подобных измерений [9].

Рассмотрев параметры ряда известных РПМ [10, 11] и результаты моделирования [12], можно с приемлемой точностью положить, что форма индикатрисы рассеивания пирамидального РПМ соответствует (подчиняется) закону Ламберта. На основании этого можно найти зависимости $p_i(\varphi)$ для различных типов РПМ, причем для вышеописанной камеры: $n=3$, $\varphi_1 = \alpha$, $\varphi_2 = \varphi_3 = (\pi/2) - 2\alpha$, причем из условия $\varphi_i > 0$ следует, что $\alpha < \pi/4$.

На рис. 3 показаны результаты расчета зависимости $K(\alpha)$ для трех различных параметров РПМ (графики 1–3): затухание ЭМВ при нормальном падении ($p_i(0)$) соответственно: 20, 25, 30 дБ. Графики ограничены условием (2) для отношения $d/a < 5$, обоснованного практическими соображениями.

Рис. 3. График зависимостей $K(\alpha)$ и $I(\alpha)$

Fig. 3. Plot of $K(\alpha)$ and $I(\alpha)$

Величина $K(\alpha)$ имеет монотонно спадающую зависимость от α , при этом, начиная с области $\alpha \approx \alpha_0$ ($\alpha_0 = \pi/8$), величина K практически постоянна. На рис. 3 показана зависимость $l(\alpha)$, характеризующая поперечные габариты камеры для вышеприведенных условий. Зависимость $l(\alpha)$ является монотонно возрастающей, при этом до $\alpha \approx \alpha_0$ имеет относительно малые значения. Таким образом, при значении $\alpha \approx \alpha_0$ обеспечивается некий компромисс между уровнем безэховости и габаритными размерами камеры.

На рис. 4 показана зависимость $l_{\min}(d)$, нормированная к размеру рабочей зоны (a) для $\alpha = \alpha_0$. Данная зависимость может быть использована при обосновании оптимальных размеров БЭК рассматриваемой конструкции.

Рис. 4. Зависимость $l(a, d)$ для $\alpha = \alpha_0$

Fig. 4. Plot of $l(a, d)$ for $\alpha = \alpha_0$

Стоит отметить, что величины φ_i , полученные для условия $\alpha = \alpha_0$ при вышеприведенных допущениях на форму индикатрисы рассеяния, не превышают значений предельных углов падения для ряда распространенных пирамидальных РПМ [7, с. 47], что подтверждает практическую значимость исследования.

Заключение

Форма камеры была оптимизирована для встраивания в помещения промышленного назначения. Отличительной особенностью является простота конструкции и формы камеры (постоянное поперечное сечение), а также эффективное использование полезной площади помещения, вспомогательных систем и оборудования. Действующие размеры вышеописанной камеры могут быть определены по (3), при этом оптимальной можно считать величину $\alpha \approx \pi/8$.

На основании вышеприведенной методики была реализована безэховая камера (рис. 5) компактного полигона для антенных измерений [13].

Рис. 5. Вид безэховой камеры изнутри [4]
Fig. 5. Inside view of chamber [4]

В данной камере была реализована описанная в [14] методика измерения параметров обтекателей для случая сверхмалых потерь, чувствительная к параметрам безэховости, а также успешно подтверждены результаты апробации методики дефектоскопии [15–17].

Литература

1. Методы измерения характеристик антенн СВЧ / Л.Н. Захарьев, А.А. Леманский, В.И. Турчин и др.; под ред. Н.М. Цейтлина. – М.: Радио и связь, 1985. – 368 с.
2. Николаев, П.В. Антенные измерения с использованием метода временной селекции / П.В. Николаев // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2013. – Вып. 10, т. 18. – С. 24–27.
3. Калинин, А.В. Многочастотные методики измерения характеристик антенн и аттестации измерительных установок / А.В. Калинин // *Антенны*. – 2004. – Вып. 12 (91). – С. 28–33.
4. Самбуров, Н.В. Компактный антенный полигон в условиях геометрически ограниченных помещений / Н.В. Самбуров, Д.Ю. Рыбаков, Н.Г. Иванов // *Электромагнитные волны и электронные системы*. – 2014. – Т. 19, № 10. – С. 25–32.
5. Бутакова, С.В. Безэховые камеры с гладкими криволинейными профилями / С.В. Бутакова // *Изв. вузов. Радиоэлектроника*. – 1996. – Т. 39, № 9–10. – С. 69–76. DOI: 10.20535/S002134701996100093
6. Балабуха, Н.П. Компактные полигоны для измерения характеристик рассеяния объектов / Н.П. Балабуха, А.С. Зубов, В.С. Солосин. – М.: Наука, 2007. – 266 с.
7. Мицмахер, М.Ю. Безэховые камеры СВЧ / М.Ю. Мицмахер, В.А. Торгованов. – М.: Радио и связь, 1982. – 128 с.
8. Chung, B.K. Design and Construction of a Multipurpose Wideband Anechoic Chamber / B.K. Chung, H.T. Chuah // *IEEE Antennas and Propagation Magazine*. – December 2003. – Vol. 45, no. 6. – P. 41–47. DOI: 10.1109/MAP.2003.1282178
9. Монин, М.А. О корректности характеристик отражения радиопоглощающих материалов / М.А. Монин // *Радиотехника*. – 1984. – № 9. – С. 83–84.
10. Оптимизация безэховых камер в дециметровом диапазоне длин волн / А.Н. Борцов, Н.Г. Князев, К.А. Кузнецов и др. // *Антенны*. – 2019. – Вып. 6 (260). – С. 58–65. DOI: 10.18127/j03209601-201906-06
11. Будаи, А.Г. Электродинамический анализ модифицированных РПМ пирамидального типа / А.Г. Будаи, В.П. Кныш, С.В. Малый // 15-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». – Севастополь, 2005. – С. 645–646.
12. Рытов, С.М. Введение в статистическую радиофизику. Ч.2. Случайные поля. / С.М. Рытов, Ю.А. Кравцов, В.И. Татарский. – М.: Наука, 1978. – 463 с.
13. Промышленный образец РФ № 115865/10-04, 09.01.2019.
14. Самбуров, Н.В. Многочастотный способ измерения потерь в обтекателях / Н.В. Самбуров // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*. – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 83–94. DOI: 10.14529/ctcr150311

15. Bodryshev, V.V. *Flaw Detection Method for Radomes in Weakly Anechoic Conditions* / V.V. Bodryshev, A.A. Larin, L.N. Rabinskiy // *TEM Journal*. – 2020. – Vol. 9, iss 1. – P. 169–176. DOI: 10.18421/TEM91-24

16. Ларин, А.А. Методы экспериментального исследования конструкций радиопрозрачных укрытий, поиска и локализации дефектов / А.А. Ларин // XIX Международная конференция «Авиация и космонавтика». Москва, 23–27 ноября 2020 г. – 2020. – С. 762–764.

17. Бодрышев, В.В. Дефектоскопия крупногабаритных радиопрозрачных укрытий / В.В. Бодрышев, А.А. Ларин // Международная конференция «Космические системы»: тезисы. Москва, 27 апреля 2021 года. – М.: Изд-во «Перо», 2021 – С. 29–30.

Аксёнов Анатолий Валерьевич, инженер-конструктор, АО «Тайфун», г. Калуга; an.aksionov2014@yandex.ru.

Ларин Артем Андреевич, аспирант кафедры 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения», Московский авиационный институт, г. Москва; larintema@ya.ru.

Самбуров Николай Викторович, начальник отдела, АО «Тайфун», г. Калуга; samburov.n.v@yandex.ru.

Поступила в редакцию 21 июня 2021 г.

DOI: 10.14529/ctcr210307

AN ANECHOIC CHAMBER BUILT INTO INDUSTRIAL ROOMS

A.V. Aksenov¹, an.aksionov2014@yandex.ru,

A.A. Larin², larintema@ya.ru,

N.V. Samburov¹, samburov.n.v@yandex.ru

¹ Typhoon JSC, Kaluga, Russian Federation,

² Moscow Aviation Institute, Moscow, Russian Federation

The issues of designing anechoic chambers for antenna measurements of a certain type – embedded in the premises of industrial purpose are considered. The advantage of such chambers is a positive economic effect associated with both the reduction of costs for construction work, and with the possibility of joint use of auxiliary room systems in the process of operation. Known approaches to the design of chambers for antenna measurements are based either on ensuring a minimum level of aesthetics, or minimum overall dimensions. In this case, it is necessary to provide a compromise between the parameters of anechoic stability and overall dimensions while ensuring the technological accessibility of the entire usable area of the room. **Aim.** The aim of the work is to justify the form and geometric dimensions of the chamber. **Research Methods.** In the process of research used the methods of geometric optics. When justifying the form of the chamber, practical aspects were taken into account, namely, the common form of industrial premises and workshops, as well as the possibility of effective use of common radio-absorbing materials to cover the chamber from the inside. In the process of finding the optimal effective geometric dimensions, the quality functionals were assumed to be anechoic and dimensional parameters. **Results.** A chamber in the form of a rectangular trapezoid is optimal for embedding in industrial premises. The expressions for the geometric dimensions of the chamber, ensuring the absence of first- and second-order reflections in the working area, have been found. The optimum value of the deflection angle of the back wall of the anechoic chamber was found. **Conclusion.** Based on the above technique, an anechoic chamber of a compact range for antenna measurements has been realized.

Keywords: compact antenna range, radio wave absorption material, anechoic chamber, collimator, reflection.

References

1. Zahar'ev L.N., Lemanskiy A.A., Turchin V.I. *Metody izmereniya kharakteristik antenn SVCh* [Methods for Measuring the Characteristics of Microwave Antennas]. Moscow, Radio and Connection Publ., 1985. 368 p.
2. Nikolaev P.V. [Antenna Measurements Using Time Selection Method]. *Electromagnetic Waves and Electronic Systems*, 2013, iss. 10, vol. 18, pp. 24–27. (in Russ.)
3. Kalinin A.V. [Multifrequency Techniques for Measuring Antenna Characteristics and for Certifying Measurement Installations]. *Antennas*, 2004, iss. 12 (91), pp. 28–33. (in Russ.)
4. Samburov N.V., Rybakov D.Yu. Ivanov N.G. [Compact Antenna Range under Geometrically Limited Space Conditions]. *Electromagnetic Waves and Electronic Systems*, 2014, vol. 19, no. 10, pp. 25–32. (in Russ.)
5. Butakova S.V. [Anechoic Chambers with Smooth Curvilinear Profiles]. *Proceedings of the universities. Radio Electronics*, 1996, vol. 39, no. 9–10, pp. 69–76. (in Russ.) DOI: 10.20535/S002134701996100093
6. Balabukha N.P., Zubov A.S., Solosin V.S. *Kompaktnye poligony dlya izmereniya kharakteristik rasseyaniya ob'ektov* [Compact Polygons for Measuring Scattering Characteristics of Objects]. Moscow, Nauka Publ., 2007. 266 p.
7. Mitsmakher M.Yu., Torgovanov V.A. *Bezekhovye kamery SVCh* [Anechoic UHF Chambers]. Moscow, Radio and Connection Publ., 1982. 128 p.
8. Chung B.K., Chuah H.T. Design and Construction of a Multipurpose Wideband Anechoic Chamber. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 2003, vol. 45, no. 6, pp. 41–47. DOI: 10.1109/MAP.2003.1282178
9. Monin M.A. [On Correctness of Reflection Characteristics of Radio Absorbing Materials]. *Radioengineering*, 1984, no. 9, pp. 83–84. (in Russ.)
10. Bortsov A.N., Knyazev N.G., Kuznetsov K.A., Kurdyumov O.A., Sagach V.E. [Optimization of Anechoic Chambers in the Decimeter Wavelength Range]. *Antennas*, 2019, iss. 6 (260), pp. 58–65. (in Russ.) DOI: 10.18127/j03209601-201906-06
11. Buday A.G., Knysh V.P., Maly S.V. [The electrodynamic analysis of modified pyramidal type radio absorber]. *15th Int. Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo '2005)*. Sevastopol, 2005, pp. 645–646.
12. Rytov S.M., Kravtsov Yu.A., Tatarskii V.I. *Vvedenie v statisticheskuyu radiofiziku. Ch.2. Sluchaynye polya*. [Introduction in statistical radiophysics. Part 2. Random fields]. Moscow, Nauka, 1978. 463 p.
13. RF industrial design number 115865/10-04, 09.01.2019.
14. Samburov N.V. Multi-Frequency Technique of Radome Loss Measurement. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 83–94. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr150311
15. Bodryshev V.V., Larin A.A. Defectoscopy of large-sized radio-transparent shelters. *TEM Journal*, 2020, vol. 9, iss. 1, pp. 169–176. DOI: 10.18421/TEM91-24
16. Larin A.A. [Methods of experimental investigation of radio-transparent radomes. Finding and localization of defect]. *XIX Mezhdunaridnaya konferentsiya "Aviatsiya i kosmonavtika"* [XIX International Conference "Aviation and Cosmonautics"]. Moscow, 2020, pp. 762–764. (in Russ.)
17. Bordyshev V.V., Larin A.A. [Defectoscopy of large-sized radio-transparent radomes]. *Mezhdunaridnaya konferentsiya "Kosmicheskiye sistemy"* [International Conference "Space Systems"]. Moscow, 2021, pp. 29–30.

Received 21 June 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Аксёнов, А.В. Безэховая камера, встраиваемая в помещения промышленного назначения / А.В. Аксёнов, А.А. Ларин, Н.В. Самбуров // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 66–74. DOI: 10.14529/ctcr210307

FOR CITATION

Aksenov A.V., Larin A.A., Samburov N.V. An Anechoic Chamber Built Into Industrial Rooms. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 66–74. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr210307