

2. *Ershov E.B.* Vybor regressii, maksimiziruyushchij nesmeshchennuyu otsenku koeffitsienta determinatsii // *Prikladnaya ekonometrika*. 2008. № 4 (12). S. 71–83.
3. *Ivanova N.K., Lebedeva S.A., Noskov S.I.* Identifikatsiya parametrov nekotorykh nekladkikh regressij // *Informatsionnye tekhnologii i problemy matematicheskogo modelirovaniya slozhnykh sistem*. 2016. Вып. 17. S. 111–114.
4. *Klejner G.B.* Proizvodstvennyye funktsii: Teoriya, metody, primenenie. M.: Finansy i statistika, 1986. 239 s.
5. *Noskov S.I.* Otsenivanie parametrov approksimiruyushchej funktsii s postoyannymi proporsiyami // *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie*. 2013. № 2 (38). S. 135–136.
6. *Noskov S.I., Bazilevskij M.P.* Ob indeksnykh preobrazovaniyakh matrits pri postroenii regressionnykh modelej // *Informatsionnye tekhnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnyimi sistemami*. 2019. № 3. S. 11–16.
7. *Noskov S.I., Bazilevskij M.P.* Postroenie regressionnykh modelej s ispol'zovaniem apparata linejno-bulevogo programmirovaniya. Irkutsk: IrGUPS, 2018. 176 s.
8. *Draper N.R., Smith H.* Applied Regression Analysis. Hoboken: John Wiley & Sons, 1998. 736 p.
9. *Harrell Jr., Frank E.* Regression Modeling Strategies: With Applications to Linear Models, Logistic and Ordinal Regression, and Survival Analysis. [S. l.]: Springer Series in Statistics, 2015. 582 p.
10. *Kuhn M., Johnson K.* Applied Predictive Modeling. Berlin: Springer, 2018. 600 p.

DOI: 10.25586/RNUV9187.20.01.P.023

УДК 123.2+004.58

М.Г. Груба, Ю.С. Фоменко, С.В. Калиниченко

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОПЕРАТОРА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Дается краткая характеристика основных показателей звука. Рассматриваются способы воздействия звука на психофизическое состояние человека. Обсуждается необходимость создания программного или аппаратно-программного средства обнаружения возможного информационно-психологического воздействия на состояние человека.

Ключевые слова: воздействие звука, речь, частоты, диапазон.

M.G. Gruba, Yu.S. Fomenko, S.V. Kalinichenko

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SOUND INFORMATION ON THE OPERATOR OF AUTOMATION MEANS

A brief description of the main indicators of sound is given. The methods of influence of sound on the psychophysical state of a person are considered. The necessity of creating a software or hardware-software tool for detecting a possible information-psychological effect on a person's condition is discussed.

Keywords: sound exposure, speech, frequencies, range.

Введение

Повседневная деятельность человека неразрывно связана со слуховым восприятием, посредством которого он воссоздает на сознательном уровне окружающую его картину мира. Информационный поток воспринимается индивидом как при личном контакте, так и через источники преобразования информации. Современный уровень развития науки и техники позволяет создавать такие программные или программно-аппаратные средства, которые применительно к косвенному варианту восприятия информации способны не только проводить анализ возможной модификации состояния человека, но и искусственным образом генерировать различные механические колебания, вызывающие у человека ложные чувства и нарушающие адекватность его реакций, а также вызывающие синдром зависимости [5].

Развитые государства включают в военные доктрины статьи о приоритетном применении нелегального оружия, которое помогает быстро и с наименьшими потерями добиться победы. Таким образом, человек может стать мишенью для неблагоприятных намерений недоброжелателей. В связи с этим важно подвергать данную тему критическому анализу в целях оперативного предупреждения и предотвращения фатальных последствий, которые могут носить массовый характер.

Влияние звука на психофизическое состояние человека

Мозг человека моделирует так называемые формообразы при попадании в определенную область информационного пространства [4]. То есть у каждой реакции человека есть только своя сфера для проявления, вызываемая резонансом информационного содержания. Избыточное количество определенного гормона образует дисбаланс в работе организма, приводя к возможным патологиям. Накопление гормона происходит в момент попадания органа с его собственной частотой в поле с диссоциирующей частотностью. Частоты, характерные для большинства органов и систем организма, лежат в инфразвуковом диапазоне. Ученые считают, что, возможно, именно из-за возбуждения резонансных колебаний в биологических системах жизнеобеспечения возникает негативное воздействие частот определенного диапазона. Явление резонанса впервые было рассмотрено и опубликовано Галилео Галилеем в 1602 г. [6; 7]. При резком возрастании амплитуды внутренних колебаний (частоты) можно численно определить ее изменение, т.е. степень отзывчивости системы на вынуждающую силу. В терминах физики данная величина (степень) называется добротностью колебательной системы [3].

Считается, что ухо – главный орган для восприятия звуковой информации, попадающей впоследствии в мозг. Мозг представляет собой сложный «аппарат», отвечающий за слаженную работу наших психизмов и биосистемы в целом. Результат мыслительной деятельности полностью зависит от слаженной работы всех областей головного мозга [4].

Однако существуют и другие анатомические возможности для приема и передачи звуковых волн. Каждый орган работает на собственной частотной волне. Внутренние органы нашего тела имеют достаточно низкие собственные частоты: брюшная полость и грудная клетка – 5–8 Гц, голова – 20–30 Гц. Среднее значение резонансной частоты для всего тела составляет 6 Гц, сокращения сердца – 1–2 Гц, вестибулярного аппарата – около 6 Гц.

Работа мозга включает несколько состояний. Глубокий сон или расслабление характеризуется дельта-состоянием δ , в течение которого мозг изучает волны с частотой ко-

лебаний 0–4 Гц. В тэта-состоянии θ происходят процессы расслабления или медитации. Самым непродуктивным является бета-состояние, характеризующееся стрессом или возбуждением. Диапазон частот варьируется от 14 до 35 Гц. В активном состоянии мозг продуцирует волновые колебания частотой более 35 Гц (гамма-состояние). Диапазон частот от 7 до 8 Гц чрезвычайно опасен для здоровья, так как этот тип вибраций способен спровоцировать эпилептические приступы, смертельно поразить внутренние органы и даже реально деформировать их. Длительное воздействие на мозг звука частотой 7 Гц пагубно влияет на сердце вплоть до его остановки. Излишняя активность альфа-состояния α приводит к состояниям апатии, пассивности [4].

Звуковая волна, проходя через слуховой орган человека, расходится по многочисленным нейронным сетям. В случае превышения ею слышимого диапазона в организме человека может возникнуть дисгармония, которая вызовет ухудшение психоэмоционального состояния. Эта дисгармония будет проецироваться на подсознание человека, вызывая перестройку его сознания. Зачастую это происходит неосознанно и неконтролируемо. Производимый эффект звукового воздействия может нарушить когнитивные функции слухового восприятия. Синтез и передача звука, сгенерированного с заранее подобранными чуждыми для человека акустическими характеристиками, может вызвать в его организме диссонанс, т.е. организм, будучи готовым к принятию определенного звукового диапазона, из-за неспособности выявления предметности слухового образа может проявить состояние своей внутренней «потерянности» либо через физическое состояние человека, либо через психическое, что повлечет за собой нарушение когнитивного процесса, т.е. процесса осознания.

Звук может выступать как психотронное (также его называют информационным) оружие [1]. Отличительными чертами, которыми обладает оружие такого вида, являются массовость, неконтролируемость, успешность выполнения. Особенности проявления такого воздействия на организм человека:

- частичное нарушение психического состояния человека;
- предопределенная обработка сознания человека (зомбирование);
- проявления сбоя в жизнеобеспечении всего организма либо отдельных систем органов и т.д.

Злоумышленнику не составит труда воссоздать ультразвук, например, с использованием вибрирующих дисков из пьезоэлектриков, поэтому, вследствие непредсказуемости воздействия и наличия «белых пятен» в исследовании природы его поражающего действия, имеет смысл анализ способов его своевременного обнаружения для предотвращения неутешительных последствий. Большинство стран поддерживает идею комплексного подхода к защите от внутренних и внешних угроз, связанных с применением информационных технологий в целях осуществления враждебных действий и актов агрессии, соответственно, необходимо рассматривать все возможные виды оружия, в том числе акустическое, и мониторить случаи и способы их применения.

Характеристика звука

Свойствами звука, которые относят к группе его объективных характеристик, называют присущие ему физические особенности. Качество звука является отражением физических свойств, имеющих взаимосвязь со слуховыми ощущениями человека. Основные характеристики звука представлены в таблице.

Основные характеристики звука

Характеристики	Содержание
Физические (объективные)	Частота. Интенсивность. Скорость. Амплитуда. Звуковое давление
Физиологические (субъективные)	Высота тона. Тембр. Громкость

Изучая практическое значение каждой из характеристик, необходимо прежде всего исследовать физический смысл производимого звука с целью проведения анализа его воздействия на человека. Для этого следует рассматривать такие характеристики, как частота и интенсивность звука.

В соответствии с частотой, измеряемой в герцах, из всего спектра звуков выделяют слышимый диапазон (16–20 000 Гц), инфразвуки (до 16 Гц) и ультразвуки (свыше 20 кГц).

Интенсивность звука или уровень звукового давления, измеряемый в децибелах, имеет нижний порог слышимости – 0 дБ, а верхний – свыше 140 дБ. Соотнеся такие характеристики, как частота и интенсивность звука, в схематичном виде можно представить область, ограниченную порогом слышимости и порогом болевого ощущения для человека (рис. 1).

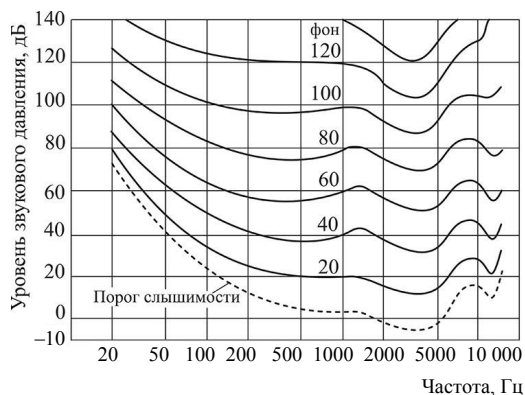


Рис. 1. Зависимость уровня громкости от звукового давления и частоты (кривая слышимости)

Инфразвуки и ультразвуки не воспринимаются слуховым аппаратом человека, но они неоспоримо способны оказывать влияние на его психофизическое состояние. Влиянием инфразвука на человека начал заниматься еще в 1950-х гг. французский исследователь В. Гавро. Экспериментально доказано, что инфразвуки частотой ниже 10 Гц способны влиять на психику человека, вызывая состояние паники и потерю рассудка [5]. В свою очередь, ультразвуковое давление, имеющее высокую частоту и не применяемое в лечебных целях, может вызывать у человека физическую боль зачастую вследствие возникновения в организме человека термических эффектов [6].

Уровень громкости звука выражается в фонах и численно равен уровню звукового давления в 1 дБ, создаваемого синусоидальным тоном частотой 1 кГц такой же громкости,

как и измеряемый звук. На рисунке 1 изображено семейство кривых равной громкости, называемых также *изофонами*. Они представляют собой графики стандартизированных зависимостей уровня звукового давления от частоты при заданном уровне громкости.

Анализ способов мониторинга воздействия звуковых волн

На сегодняшний день существует бесчисленное множество аудиоредакторов – программ для редактирования готовых музыкальных произведений и выполнения других работ со звуковыми файлами: записи речи с микрофона, наложения эффектов и даже мастеринга. Многие из них представляют собой компактные приложения с поддержкой многоязыковых интерфейсов и возможностью обработки звуков разных форматов [2]. Прослушивание звука осуществляется среднестатистическим человеком не реже 1–2 ч в сутки, поэтому вряд ли кто-то анализирует звук перед прослушиванием и тем более задумывается о возможном воздействии на него самых опасных инфразвуковых колебаний. Заниматься анализом звука в процессе его прослушивания может соответствующее программное или аппаратно-программное обеспечение.

Задача преобразования звукового сигнала из временной области в частотную решается путем использования преобразования Фурье. Этот инструмент позволяет разбивать пространственные или временные функции на синусоидальные составляющие, которые имеют свою частоту, фазу и амплитуду.

Рассмотрим ситуацию. Пусть у нас есть звуковое колебание в виде функции $x = f(t)$. Пусть это колебание записано в виде графика для отрезка времени $[0, T]$. Для обработки необходимо выполнить дискретизацию. Отрезок разделяется на $N - 1$ равных частей, пусть границы $t_n = nT / N$. Тогда сохраняются N значений функции на границах частей: $x_n = f(t_n) = \{x_0, x_1, x_2, \dots, x_N\}$ (рис. 2).

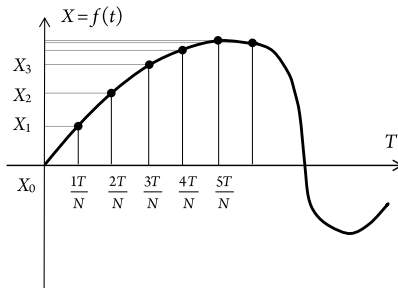


Рис. 2. Дискретизация сигнала

После прямого дискретного преобразования Фурье (ДПФ) было получено N значений для X_k :

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi kn / N}.$$

Выполним обратное преобразование Фурье:

$$X_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{j2\pi kn / N}.$$

Разложим каждое комплексное X_k на мнимую и действительную составляющие $X_k = R_{e_k} + jI_{m_k}$, в то время как экспоненту – по формуле Эйлера на синус и косинус действительного аргумента; перемножим; внесем $1/N$ под знак суммы и перегруппируем элементы в две суммы, получим

$$X_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_k \left[\cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) + j \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \right] = \\ = \sum_{k=0}^{N-1} \left[\frac{Re}{N} \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - \frac{Im}{N} \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \right] + j \sum_{k=0}^{N-1} \left[\frac{Re}{N} \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) + \frac{Im}{N} \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \right].$$

Преобразуя из действительного числа x_n , получим две суммы, одна из которых помножена на мнимую единицу j . Сами же суммы состоят из действительных слагаемых. Отсюда следует, что вторая сумма должна быть равна нулю. Отбросим ее и получим

$$X_n = \sum_{k=0}^{N-1} \left[\frac{Re}{N} \cos\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) - \frac{Im}{N} \sin\left(\frac{2\pi kn}{N}\right) \right].$$

При дискретизации мы брали $t_n = nT/N$, выполнить замену: $n = tnN/T$. Следовательно, в синусе и косинусе вместо $2\pi kn/N$ можно написать $2\pi kt_n/T$. В результате получим

$$X_n = f(t) = \sum_{k=0}^{N-1} \left[\frac{Re}{N} \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) - \frac{Im}{N} \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \right]. \quad (1)$$

Сравним эту формулу с формулой (2) для гармоники:

$$X_n = R_e \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - I_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right). \quad (2)$$

Слагаемые суммы (1) аналогичны формуле (2), а формула (2) описывает гармоническое колебание. Значит сумма (1) представляет собой сумму из N гармонических колебаний разной частоты, фазы и амплитуды:

$$X_n = A \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right) = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Преобразуем по формуле косинуса суммы:

$$X_n = A \cos(\varphi) \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) - F \sin(\varphi) \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right).$$

По величинам R_e и I_m можно однозначно восстановить амплитуду и фазу исходной гармоники:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{I_m}{R_e}\right) \text{ и } A = \sqrt{R_e^2 + I_m^2}; \quad (3)$$

$$X_k = A \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right). \quad (4)$$

Выполним такое же преобразование для слагаемых суммы (1), преобразуем их из вида (2) в вид (4):

$$f(t) = \sum_{k=0}^{N-1} \left[A \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right) \right] = \sum_{k=0}^{N-1} G_k(t).$$

Далее будем функцию (5) называть k -й гармоникой:

$$G_k(t) = A \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \varphi\right). \tag{5}$$

Для вычисления A_k и φ_k надо использовать формулу (3). Теперь выпишем в одном месте все формулы, которые связывают амплитуду, фазу, частоту и период каждой из гармоник с коэффициентами X_k :

$$\begin{aligned} X_k &= R_{e_k} + jI_{m_k}; \\ X_k &= NA_k e^{j\varphi}; \\ A_k &= \frac{1}{N} \sqrt{R_e^2 + I_m^2}; \\ \varphi &= \text{arctg}(X_k). \end{aligned}$$

Функция $\text{arctg}(X_k)$ – это аргумент комплексного числа.

Сигналы оцифровываются и хранятся в виде набора чисел (отсчетов). Схема измерения и оцифровки сигнала выглядит следующим образом (рис. 3).

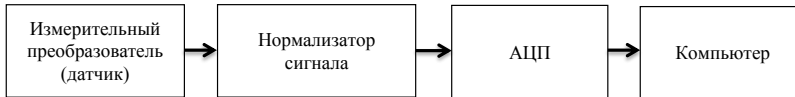


Рис. 3. Схема измерительного канала

Сигнал из датчика поступает на АЦП в течение периода времени T . Полученные за время T отсчеты сигнала (выборка) сохраняются в памяти для дальнейшего построения графика оцифровки сигнала (рис. 4).

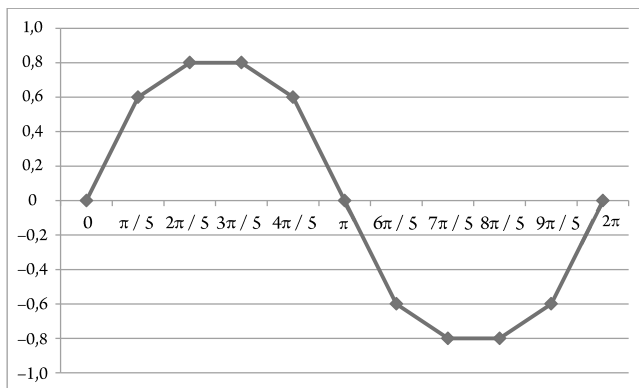


Рис. 4. Оцифрованный сигнал (N отсчетов, полученных за время T)

По теореме Котельникова, если непрерывный сигнал имеет спектр, ограниченный максимальной частотой $F_{\text{макс}}$, то он может быть полностью и однозначно восстановлен по его дискретным отсчетам, взятым через интервалы времени $T = \frac{1}{2F_{\text{макс}}}$, т.е. с частотой $F_s \geq 2F_{\text{макс}}$, где F_s – частота дискретизации; $F_{\text{макс}}$ – максимальная частота спектра сигнала.

Прямое вычисление ДПФ для больших N неэффективно вследствие отсутствия возможности обеспечения применения данного вычисления в режиме реального времени.

ДПФ является строгим математическим преобразованием, тогда как быстрое преобразование Фурье (БПФ) ориентировано на увеличение скорости производимых вычислений за счет сокращения расчетных операций, сохраняя при этом желаемую точность, но немного уступая по данному критерию ДПФ. Сложность алгоритма ДПФ – $O(n^2)$, а БПФ – $O(n \log(n))$. Оперативность осуществляемого процесса, исходя из поставленной в данной статье задачи, должна стоять на первом месте. Следуя этому требованию, считаем выбор БПФ в качестве математической базы рациональным решением.

Чтобы уменьшить вычислительные затраты, разработаны алгоритмы БПФ, основанные на периодичности ядра преобразования: $e^{-j2\pi kn/N}$. Выбор ширины частотных полос зависит от желаемой детальности диагностики.

В результате полученный спектр можно разделить на полосы, набор гармоник в каждой из которых будет соответствовать определенному диапазону частот в целях дальнейшего мониторинга звуков.

Заключение

Человек, являясь социальным субъектом и находясь в постоянно развивающемся информационном обществе, подвержен его непрекращающемуся воздействию. Звуковая информация может быть рассмотрена как некое средство к существованию, без которого человек не сможет сохранять свое место в социуме. Из-за существующих хорошо отлаженных методик реализации неконтролируемого человеком процесса информационного воздействия, в том числе звукового, вопрос о наблюдении изменений воздействующих факторов на психофизическое состояние человека является перспективным и актуальным для подробного исследования.

Данная тема не теряет актуальности десятки лет, и, поскольку в этой области проведены многочисленные исследования и вложены значительные средства, она нуждается в критическом анализе. Доказано, что музыка также влияет на человека, причем феномен данного влияния на различных структурно-функциональных уровнях различными музыкальными стилями имеет место и не противоречит положениям теорий воздействия музыки на человека. Возможная война будущего может носить преимущественно информационно-психологический характер, где ведущую роль играют средства массовой информации, а ударной силой является телевидение.

На основе физики процессов распространения звуковых волн и соответствующего математического аппарата необходимо создать аппаратное или программно-аппаратное техническое устройство, которое позволит исключить возможность поражения жизненно важных органов и произвольного изменения общего психофизического состояния человека, снизит риск появления ошибок в действиях оператора любого средства автоматизации.

Литература

1. *Алдошина И.Т.* Основы психоакустики // Звукорежиссер: сб. статей. М., 2010. С. 235–315.
2. *Аудиоредактор* // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аудиоредактор> (дата обращения: 20.09.2019).
3. *Бидерман В.А.* Теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1980. 408 с.
4. Влияние музыки, звука и вибрации на психику и сознание человека // Иисиидеология. URL: <http://iisiiideology.net/ru/publikatsii/22-mekhanizmu-raboty-samosoznaniya/25-> (дата обращения: 04.03.2019).
5. *Назаров Д.В., Ахмедзянов В.Р.* Медико-психологическое воздействие инфразвука на организм человека // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2005. № 1 (11). С. 123–126.
6. *Bretherton F.P.* Resonant Interactions Between Waves // Journal of Fluid Mechanics. 1964. Vol. 20. P. 457–479.
7. *Richardson L.F.* Weather Prediction by Numerical Process. Cambridge, 1922.

Literatura

1. *Aldoshina I.T.* Osnovy psikhoakustiki // Zvukorezhisser: sb. statej. M., 2010. S. 235–315.
2. *Audioredaktor* // Vikipediya. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Audioredaktor> (data obrashcheniya: 20.09.2019).
3. *Biderman V.L.* Teoriya mekhanicheskikh kolebanij. M.: Vysshaya shkola, 1980. 408 s.
4. Vliyanie muzyki, zvuka i vibratsii na psikhiku i soznanie cheloveka // Iisiiideologiya. URL: <http://iisiiideology.net/ru/publikatsii/22-mekhanizmu-raboty-samosoznaniya/25-> (data obrashcheniya: 04.03.2019).
5. *Nazarov D.V., Akhmedzyanov V.R.* Mediko-psikhologicheskoe vozdejstvie infrazvuka na organizm cheloveka // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2005. № 1 (11). S. 123–126.
6. *Bretherton F.P.* Resonant Interactions Between Waves // Journal of Fluid Mechanics. 1964. Vol. 20. P. 457–479.
7. *Richardson L.F.* Weather Prediction by Numerical Process. Cambridge, 1922.

DOI: 10.25586/RNU.V9I187.20.01.P031

УДК 621.396.96

Н.И. Алимов, А.Л. Пономарев, Д.А. Шубин

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
БОРТОВОГО РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Исследованы возможности увеличения дальности обнаружения объекта наблюдения пассивным бортовым радиотехническим комплексом за счет комплексирования информации о наземной обстановке, полученной с помощью радиотехнических средств, функционирующих на различных физических принципах. Описана методика повышения качества получаемой информации о наземной обстановке путем комплексирования входящих в состав бортового радиотехнического комплекса радиотехнической и радиотеплолокационной систем и дается оценка эффективности комплексирования информации измерительных каналов различной физической природы.

Ключевые слова: пассивная радиолокация, радиотеплолокация, дистанционное зондирование Земли.