

6. Weill, A. Measuring heat flux and structure functions of temperature fluctuations with an acoustic Doppler sodar. [Текст] / Weill, A., Klapisz, C., Strauss, B., Baudin, F., Jaupart, C., Van Grundebееck, P. and Goutorbe, J. P. // Журн. J. Appl. Meteorol., - 1980.-№19. - С. 199-205.
7. Семенец, В.В. Акустическое зондирование атмосферы в проблеме изучения процессов теплообмена в зоне мегаполиса [Текст] / В.В. Семенец, В.И. Леонидов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2011, - 6/8(54), - С.54.
8. Леонидов, В.И. Анализ квазипериодических амплитудно-временных структур экосигналов акустического зондирования атмосферы [Текст] / В.И. Леонидов, В.В. Семенец // Радиотехника: ВсеУкр. Межвед. Научн-техн. Зб. - 2011, - вып.167. - С. 27 -31.

Abstract

The method of the acoustic sounding has old history of development. However to the present tense he still is not a regular mean in the list of facilities of standard meteorological supervisions. To our opinion reason of such position consists of unoptimum approach to creation of methods of extraction of information in the systems of the acoustic sounding. An attempt to analyzes the statistical descriptions of acoustic echo-signals and noise, got in the area of megalopolis, is undertaken in work, with the purpose of receipt of formalization confirmation of hypothesis that by a basic factor limiting efficiency of the systems of the acoustic sounding, there are acoustic noise and difficult spatio-temporal structure of echo-signals. The analysis showed that distributing of statistical probability of signals and noise in majority of cases was blocked. In this case it is impossible to estimate the error of result of every separate measuring of echo-signals. Consequently, those modern methods of extraction of information in the systems of the acoustic sounding the atmospheres that based on such principle, can not be effective. In these article is suggested to build the methods of extraction of information on principle of patterns recognition which the electronic versions of echograms are used as a patterns

Keywords: *acoustic sounding, atmosphere, echo signal, hindrances, statistical descriptions, extraction of information*

Демонструються *можливості залишкового циклічного квадратичного ланцюгового коду для формування стохастичної структури акустичного випромінювання за допомогою роторної динамічної сирени. Аналізуються* **можливості** *побудови потрібного спектра, який відтворював би експлуатаційні умови на стенді*

Ключові слова: *стохастична структура акустичного випромінювання, роторна сирена, ланцюговий код*

Демонстрируются *возможности остаточного циклического квадратичного цепного кода для формирования стохастической структуры акустического излучения с помощью роторной динамической сирены. Анализируются* **возможности** *получения желаемого спектра, воспроизводящего эксплуатационные условия на стенде*

Ключевые слова: *стохастическая структура акустического излучения, роторная сирена, цепной код*

УДК 629.7.054

ЦИКЛИЧЕСКИЙ КОД ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М. Ф. Калинина

Аспирант

Кафедра биотехники и инженерии
Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056

Контактный тел.: (044) 454-94-51

E-mail: kalinina.miroslava@yandex.ua

1. Введение

Исследования относятся к области прикладной механики и посвящены проблеме воспроизведения в наземных условиях на стенде, имеющей в полетных условиях акустической обстановки. Полностью вос-

произвести в наземных условиях полетную обстановку при эксплуатационном использовании летательных аппаратов, очевидно, практически невозможно. Но задачу все же можно решить, если сосредоточить внимание на самом главном, оставляя в стороне второстепенные вопросы. Таким главным можно считать спек-

тральную плотность и пространственно-временную корреляцию звуковых давлений. Кратко охарактеризуем известные стенды для акустической аттестации изделий.

Камеры стоячих волн. Не получили широкого применения для прочностных исследований, но эффективны при изучении локальных особенностей.

Заглушенные камеры. Используются, в основном, для углубленного анализа акустического демпфирования, дифракционных явлений, звукоизоляции.

Камеры бегущих волн. Большей частью служат для аттестации прочностных свойств материала. Если направление звуковых волн параллельно поверхности образца, то в панелях генерируются несимметричные формы колебаний, которые могут иметь решающее значение для ухудшения упругих свойств материала. Если направление звуковых волн перпендикулярно поверхности образца, панель ведет себя как акустическое зеркало. Однако здесь таится опасность возникновения резонансных явлений системы панель – рупор сирены.

Реверберационные камеры получили наибольшее распространение вследствие возможности реализации диффузного акустического поля. Для достижения удовлетворительных реверберационных данных необходимы значительный объем камер и желательно их неправильная форма. Для увеличения времени реверберации стены целесообразно выполнять из железобетона. В этих камерах, при относительно равномерном спектре шума, проще прогнозировать срок службы испытываемых изделий, чем при дискретном (узкополосном) спектре.

Главным элементом испытательных стендов является источник мощного аэродинамического шума. Наиболее часто используются следующие: воздушные струи, аэродинамические трубы, реактивные струи двигателей, воздушные винты, громкоговорители; сирены.

Воздушные струи. Спектр генерируемого шума приближается к спектру реальных двигателей, а уровень достигает 150 – 170 дБ. Недостатком использования реактивных струй является их низкий КПД – 0,08%. В качестве устройств для воссоздания горячей струи могут служить камеры сгорания реальных двигателей, либо камеры специальной конструкции, работающие на природном горючем газе. Холодные реактивные струи используются в качестве источников шума обычно в аэродинамических центрах.

Аэродинамические трубы, за исключением летных испытаний, обеспечивают наибольшее приближение к условиям возбуждения конструкций от турбулентного пограничного слоя. Коэффициент полезного действия невысок, и составляют около 2%.

Громкоговорители имеют достаточно широкий диапазон частот и относительно высокий КПД – 5–20%. Недостатком является ограниченная акустическая мощность и низкий уровень звукового давления – не выше 150 дБ, но только в небольших камерах.

Сирены нашли наибольшее распространение благодаря способности реализовывать акустическое давление в 150 – 180 дБ с довольно высоким КПД (до 40%). По виду воспроизводимого шума бывают дискретные и широкополосные. Первые применяются для ускоренных испытаний на акустическую проч-

ность. Разновидностью воздушных сирен являются пневматические электромагнитные преобразователи, позволяющие получить высокоинтенсивный шум при отсутствии пиков в спектре. Нашли наибольшее распространение два типа таких преобразователей – Ling Altec (USA) и NORAICoustic. В первом воздушный поток модулируется отверстиями на двух соосных цилиндрах, из которых один неподвижен, а другой может перемещаться вдоль оси неподвижного. Второй – генерирует шум в 160 дБ с помощью клапана, приводимого в движение электродинамическим вибратором. Это позволяет модулировать поток воздуха высокого давления.

Техническая реализация генераторов аэродинамического шума может принимать те или иные формы в зависимости от поставленных задач. Основной составляющей этих вариаций является структура спектрального состава – узкополосный шум, широкополосный, белый шум и другие. Все зависит от того, для какого класса аппаратов разрабатываются наземные испытательные комплексы.

2. Анализ состояния проблемы и постановка задачи исследований

Являясь наиболее мощным и в то же время самым экономичным источником звука, сирены до настоящего времени служили, в основном, генератором *узкополосного* шума. Принцип действия такой сирены основан на прерывании модулированного радиальными прямоугольными окнами статора потока воздуха быстровращающимся ротором с такими же окнами. Функция модуляции воздушного потока в этом случае повторяет геометрию нанесенных окон на роторе в виде *quasi*-трапециевидной формы [1]. Спектр узкополосного шума представлен на рис. 1. Широкополосный спектр изображен на рис. 2.

В практике стендовой аттестации механических конструкций, в том числе бортовой аппаратуры, работающих в условиях акустического воздействия высокой интенсивности широкого частотного диапазона, отечественными и зарубежными учеными и инженерами достигнуты значительные успехи. Разработаны методики расчета приближенных (бесконечных по протяженности) механических моделей и уточненных (конечных размеров) моделей. Однако, эти расчеты носят оценочный характер, с известной долей случайности, и не могут всеобъемлюще обрисовать действительной картины влияния акустического воздействия на материал конструкций и элементы бортовой аппаратуры. Определяющим и окончательным по достоверности в настоящее время все же остается экспериментальное исследование акустической выносливости изделий на специально оборудованных для этого испытательных стендах.

При проектировании таких установок прежде всего требует разрешения вопрос выбора источника акустического излучения, который обладал бы высоким коэффициентом полезного действия, был бы простым в наладке и эксплуатации и, конечно, имел бы достаточные возможности для формирования звукового поля заданного структурного состава и, самое главное, максимально приближенного к реальному звуковому

воздействию. Большинству этих требований, особенно по первому, и основному, параметру, соответствуют сирены.

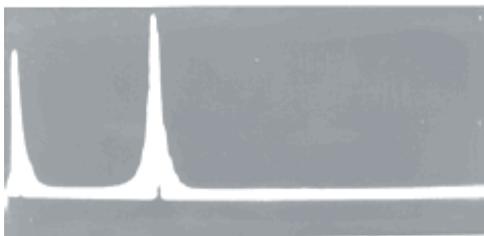


Рис. 1. Узкополосный шум

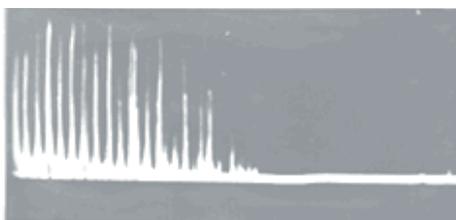


Рис. 2. Широкополосный шум

Следует отметить, что до настоящего времени не выполнены в достаточном объеме расчеты сирен, доведенные до инженерных исполнений. Не проведен сравнительный анализ свойств однороторных и многороторных конструкций, не решены представляющие практический интерес задачи оптимизации и, наконец, совсем не освещен в литературе вопрос влияния на работу сирены кинематического и силового возмущения со стороны основания.

Обобщению уже имеющихся сведений, систематизации методики расчета и проектирования сирен, раскрытию новых особенностей и свойств следует уделить необходимое внимание. Не претендуя на проблемность решения вопроса создания звукового поля с помощью сирен, рассмотрим лишь некоторые аспекты теории и практики, которые, по мнению автора, либо нуждаются в серьезной доработке, либо до сих пор вообще не нашли должного отражения в творческих изысканиях специалистов.

Известно, что акустическое излучение интенсивностью выше 150 дБ может привести к усталостным явлениям в материале изделий. Развитие трещин обычно начинается от мест концентрации напряжений – в заклепочных швах, вырезках и т.п. и наблюдается даже в центре панелей.

Основными особенностями нагружения самолетных конструкций в акустическом поле реактивных двигателей и турбулентного пограничного слоя является широкополосный частотный спектр и случайный характер изменения величины акустического давления. Это приводит к тому, что в тонкостенных элементах конструкции генерируется множество форм колебаний, которые могут совпадать с собственными.

Сравнивая результаты экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что наиболее опасным, с точки зрения возникновения акустической усталости в материале конструкции и спо-

собствующего этому пространственно-частотному резонансу, является широкополосное частотное нагружение, имеющее место, например, в районе реактивной струи при возникновении турбулентности от срыва воздушного потока.

Несмотря на достигнутые за последние годы успехи в разработке аналитических методов оценки влияния акустического воздействия на материал конструкций, самым надежным является все же экспериментальное исследование. В связи с этим, решающим представляется выбор источника интенсивного звукового излучения.

В настоящее время созданы такие мощные источники шума как воздушные струи, аэродинамические трубы, реактивные струи двигателей, воздушные винты, громкоговорители, сирены.

Спектр шума реактивных струй (горячих и холодных) наиболее полно воспроизводит натуральные условия, а уровень шума, создаваемый ими, составляет 150...170 дБ. Недостатком этого метода является низкий КПД – около 1 %.

Наибольшее распространение среди других типов источников шума получили сирены. Они позволяют генерировать звуковые давления в 160...180 дБ с частотным диапазоном от 50 Гц до 5000 Гц. При этом коэффициент полезного действия у них самый высокий.

Одним из первых источников широкополосного шума была предложена в США фон Гирке и др. многороторная сирена. Наряду с достоинствами – возможностью генерировать шум с общим звуковым давлением до 170 дБ и акустической мощностью в 50 кВт – многороторные сирены обладают рядом недостатков, в частности, ни теоретически, ни экспериментально не установлены оптимальные параметры роторов для получения заданного спектра, имеются сложности в изготовлении, наладке и эксплуатации таких сирен.

Оригинальная конструкция сирены для создания случайного шума предложена сотрудниками Саутгемптонского университета [2].

Модуляция воздушного потока здесь производится с помощью стальной ленты с отверстиями, расположенными по остаточному циклическому квадратичному цепному коду. Протягивая с большой скоростью ленту, прерывают воздушный поток, вследствие чего возникают звуковые колебания, уровень которых достигает 165 дБ. К недостаткам конструкции можно отнести сложность эксплуатации стальной ленты.

Таким образом, в настоящее время создано довольно много стендов для испытания изделий на акустическую прочность. По частотным характеристикам эти установки могут быть разделены на два класса – дискретные и широкополосные. Причем, вторые, как уже отмечалось, наилучшим образом воспроизводят натурные условия.

В более позднее время целый ряд исследований за рубежом [3] и в Украине [4] также были посвящены созданию и описанию сирен.

Целью исследований является аналитическое обоснование возможностей формирования акустической обстановки при полетной эксплуатации аппаратов на стенде, в наземных условиях.

3. Генератор мощного аэродинамического шума на основе роторной сирены

Работу однороторной сирены проиллюстрируем на примере известной ее технической реализации. Механическая модель представляет собой два соосных диска с радиальными окнами, один из которых – ротор – подвижный, а другой – статор – неподвижен и жестко крепится к корпусу сирены. Поток воздуха под давлением поступает в камеру сирены, а затем, проходя через окна статора, прерывается вращающимся ротором и создает звуковые колебания среды (рис. 3).

Принимая размеры дисков малыми по сравнению с длиной волны, считаем акустический процесс подчиняющимся линейным уравнениям.

При принятой геометрии окон функция модуляции воздушного потока $f(t)$ будет практически повторять геометрию окон ротора и, поэтому, может быть представлена в данном случае в виде периодической quasi трапецеидальной функции с периодом $T=2\pi/\omega$ (рис. 4). Здесь ω – угловая скорость вращения ротора в c^{-1} . Длительность единичного импульса (t_0+t_1) определяется равенством $(t_0+t_1)=T/m$, где m – число равных участков, на которые разбивается окружность ротора. Таким образом, продолжительность единичного импульса будет определять минимальный размер окна ротора.

Вообще говоря, форма функции модуляции может быть несколько иной и определяется в каждом конкретном случае экспериментально, так как здесь, помимо прочего, немаловажную роль играют и параметры компрессорной системы. Так, например, функция модуляции может иметь вид коммутированной синусоиды, треугольной формы, сопряженных дуг парабол и других, более сложных, конфигураций.

С другой стороны, при работе сирены возможен одновременный расход воздуха через несколько окон, что отразится на уровне давления струи, поэтому, обеспечив, например, двойной или тройной запас, можно достичь требуемого постоянства давления нагнетаемого компрессором потока среды.

Чтобы обеспечить стохастический характер распределения окон по окружности диска ротора, они наносятся по остаточному циклическому квадратичному цепному коду, вследствие чего, на некоторых участках окна могут находиться рядом, а на других – вообще отсутствовать. На тех участках, где окна нанесены, значение функции модуляции определяется выражением $f(t)=\lambda_k f_0$ ($0 \leq \lambda_k \leq 1$, k – номер участка), там, где окна отсутствуют – функция модуляции равна нулю.

Чтобы получить требуемую форму функции модуляции достаточно обеспечить давление в набегающей струе не более 2...3 атм., так как дальнейший прирост уровня давления не оказывает решающего

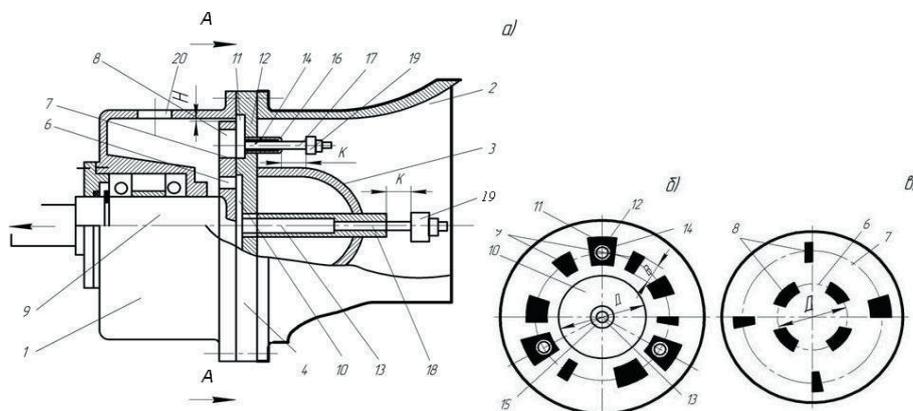


Рис. 3. Пневматическая однороторная сирена

влияния на скорость воздуха в выхлопной струе, определяющей, в основном, звуковую мощность.

Предположим для простоты, что функция модуляции $f(t)$ является четной и периодической, т.е. $f(t)=f(t+T)$.

В этом случае она может быть представлена в виде разложения в тригонометрический ряд

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega t) \tag{1}$$

с коэффициентами

$$\frac{a_0}{2} = f_0 \frac{t_0+t_1}{2T}; \quad a_n = f_0 \frac{t_0+t_1}{2T} \frac{\sin(\pi n \frac{t_0-t_1}{2T}) \sin(\pi n \frac{t_0+t_1}{2T})}{\pi n \frac{t_0-t_1}{2T} \pi n \frac{t_0+t_1}{2T}},$$

где n – номер гармоники; f_0 – высота импульса; $\pi = 3,14$.

Не рассматривая те участки, где функция модуляции равна нулю, т.е. $f(t)=0$ и, просуммировав по участкам с импульсами, получим

$$\frac{a_0}{2} = \sum_{k=1}^p \lambda_k f_0 \frac{t_0+t_1}{2T};$$

$$\frac{a_0}{2} = \sum_{k=1}^p \lambda_k f_0 \frac{t_0+t_1}{2T} \frac{\sin(\pi n \frac{t_0-t_1}{2T}) \sin(\pi n \frac{t_0+t_1}{2T})}{\pi n \frac{t_0-t_1}{2T} \pi n \frac{t_0+t_1}{2T}},$$

где p – число единичных импульсов в течение периода T , поэтому $1 < p \leq m$; сумма $\sum_{k=1}^p /$ означает, что значения параметра k берутся не подряд, а только для участков с импульсами, т.е. $f(t)=\lambda_k f_0$; t_1 – время формирования фронта импульса.

Таким образом, функция модуляции будет иметь вид:

$$f(t) = \sum_{k=1}^p \lambda_k f_0 \frac{t_0+t_1}{2T} + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^p \lambda_k f_0 \frac{t_0+t_1}{2T} \frac{\sin(\pi n \frac{t_0-t_1}{2T}) \sin(\pi n \frac{t_0+t_1}{2T})}{\pi n \frac{t_0-t_1}{2T} \pi n \frac{t_0+t_1}{2T}} \cos n\omega t. \tag{2}$$

Формула (2) справедлива для случая, когда на статоре имеется только одно окно. Если на статоре будет нанесено s окон одинакового размера, равноудаленных от центра диска статора и сдвинутых относительно базовой оси на угол ϕ_i (рис. 5), то функция модуляции всего потока среды, проходящего через сирену, будет равна сумме функций модуляции всех окон (рис. 6, рис. 7).

С учетом указанного, формула (1) преобразуется к виду:

$$f(t-t_i) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega(t-t_i), \quad (3)$$

где $t_i = \phi_i / \omega$.

Таким образом, суммарная функция модуляции, с учетом (3), будет определяться выражением

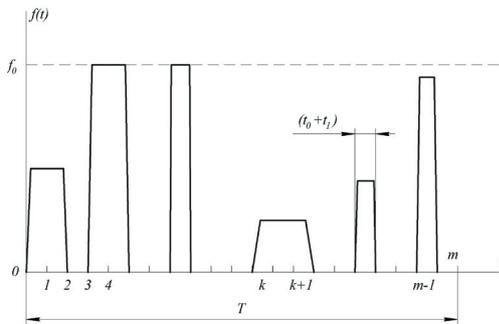


Рис. 4. Функция модуляции однороторной пневматической сирены

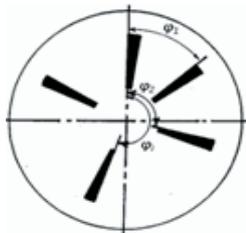


Рис. 5. Расположение окон на диске статора

$$f_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^s \left[\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega(t-t_i) \right], \quad (4)$$

где s – количество окон.

В окончательном виде функция модуляции может быть представлена выражением

$$f_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^s \left\{ \frac{pf_0}{2m} + \frac{4mpf_0}{\pi|(m\omega t_0 - \pi)|} \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} \sin\left(\frac{m\omega t_0 - \pi}{2m}\right) \sin\left(\pi \frac{n}{2m}\right) \cos n\omega(t-t_i) \right\}, \quad (5)$$

Обозначив

$$\frac{4mpf_0}{\pi|(m\omega t_0 - \pi)|} \sum_{i=1}^s \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} \sin\left(\frac{m\omega t_0 - \pi}{2m}\right) \sin\left(\pi \frac{n}{2m}\right) \cos n\phi_i = B_n;$$

$$\frac{4mpf_0}{\pi|(m\omega t_0 - \pi)|} \sum_{i=1}^s \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} \sin\left(\frac{m\omega t_0 - \pi}{2m}\right) \sin\left(\pi \frac{n}{2m}\right) \sin n\phi_i = C_n, \quad (6)$$

можем вычислить амплитуды A_n гармоник спектра, применив известное равенство Парсеваля

$$A_n = [B_n^2 + C_n^2]^{\frac{1}{2}} = \frac{4mpf_0}{\pi|(m\omega t_0 - \pi)|} \left\{ \left[\sum_{i=1}^s \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} \sin\left(\frac{m\omega t_0 - \pi}{2m}\right) \sin\left(\pi \frac{n}{2m}\right) \cos n\phi_i \right]^2 + \left[\sum_{i=1}^s \sum_{n=1}^{\infty} n^{-2} \sin\left(\frac{m\omega t_0 - \pi}{2m}\right) \sin\left(\pi \frac{n}{2m}\right) \sin n\phi_i \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (7)$$

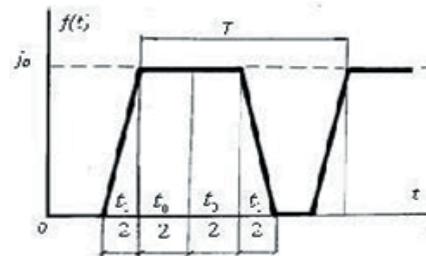


Рис. 6. Функция модуляции однороторной пневматической сирены

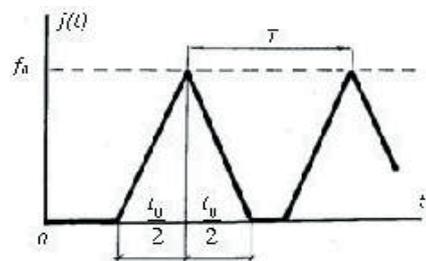


Рис. 7. Функция модуляции однороторной сирены

Определим спектр однороторной сирены, предположив для конкретности, что на статоре равномерно, через $\pi/4$ рад, нанесены 8 одинаковых радиальных окон, размеры которых равны наименьшему окну ротора по ширине и наибольшему – по высоте (рис. 8). Число мест m на роторе примем равным, например, 59.

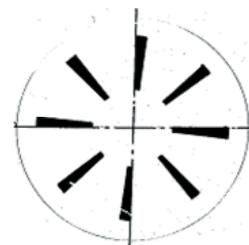


Рис. 8. Статор пневматической сирены роторного типа

Окружность диска ротора разбиваем на 59 равных частей (число мест $m=59$). В промежутке чисел $0...59$ вычисляем квадраты простых чисел, а затем определяем остатки от вычитания из них чисел m . В соответствии с остаточным циклическим квадратичным цепным кодом, это обеспечит случайный характер распределения окон на диске ротора. Проведя указанную процедуру,

определяем, что окна на диске ротора находятся на 1, 3, 4, 5, 7, 9, 12, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 35, 36, 41, 45, 46, 48, 49, 51, 53 и 57 интервалах (рис.9). Таким образом, число окон на роторе равно 15.

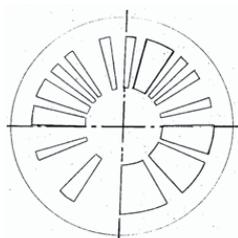


Рис. 9. Ротор пневматической сирены $t=59$

Введем обозначение

$$A_n^0 = \frac{\pi A_n |(m\omega t_0 - \pi)|}{4\pi r f_0}$$

и определим спектральный состав генерируемого сиреной шума для следующих числовых значений параметров: $\omega = 300 \text{ c}^{-1}$ ($n=3 \cdot 10^3$ об/мин), $\phi_1 = 0$, $(t_0+t_1) = 1,77401 \cdot 10^{-4} \text{ с}$. Рассмотрим вначале более простой случай, когда $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_p = 1$, то есть высота всех окон ротора одинакова.

Спектр сирены, как показывает численный анализ, при числе мест $m=59$ имеет неравномерную частотную характеристику с несколькими «пиками» (рис.10). Очевидно, что средняя мощность процесса здесь распределяется неравномерно по частоте. Так, две полосы спектра – $n = 25 \dots 35$ и $n = 50 \dots 55$ имеют амплитуды в два раза больше, чем у спектральных составляющих $n = 35 \dots 50$ и $n = 55 \dots 65$, и в 3..4 раза больше остальных составляющих спектра. Что же касается форм с но-

мерами выше 95, то они практически отсутствуют в спектре сирены.

Таким образом, использование такой сирены весьма ограничено, т.к. позволяет исследовать влияние на испытываемые изделия в основном низких форм ($n \leq 70$) акустического излучения.

Принятые механическая и математическая модели однородной сирены, как видно, подтверждают возможность генерирования акустического воздействия выбранной технической реализацией.

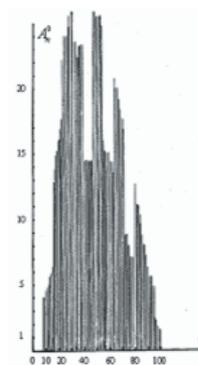


Рис. 10. Спектр сирены при числе мест $t=59$

4. Выводы

Построенная математическая модель генерируемого роторной сиреной аэродинамического шума позволяет в дальнейшем обеспечить не только стохастический характер излучения, но и решать вопросы оптимизации распределения энергии процесса по частотам. В частности, формировать узкополосный спектр или «белый шум».

Литература

1. А.с. 2285565 СССР МКИ 74 d, 2. Однороторная сирена [Текст]/ Матохнюк Л.Е., Кашталяш Ю.А. (СССР). - №425164; заявл. 12.02.68; опубл. 10.12.68, Бюл. №31. -1с.
2. Parks, P.C., "Random" Siren Using Cicle Chain Codes. Вяльцев, В.В. Хоргуани В.Г. P.C Parks, С.А. Mercer // Reports 5 Congres International D'Acoustique, 1965, vol. 54. – P. 1072-1076.
3. Allen, С.Н. A powerful high frequency siren [Текст]/ – С.Н. Allen, J.A. Rudneck // JASA, - 1947. -19, № 5. – P. 874 – 879.
4. Вяльцев, В.В. Мощная низкочастотная звуковая сирена [Текст]/ В.В. Вяльцев, В.Г. Хоргуани // Акуст. Журн. - 1961. – 7. Вып. 3. – С. 377 – 378
5. Карачун, В.В. Некоторые вопросы расчета сирен [Текст]/ В.В. Карачун// Пробл. Прочности. – 1990. -№6. –С.123-124.

Abstract

The article considers the analytical apparatus to explain the potential of rotor-type dynamic siren in the formation at test bench, under surface and acoustic conditions of aircraft operation. It is underlined that due to the rotor-type siren it is possible to correct the structure of spectrum of generated aerodynamical noise as well as to solve the optimization problems. The stochastic structure of conditions on location is realized through the installation of the rotor and stator of the siren on the basis of the properties of residual cyclic quadric chain code that allows the creation of necessary modulation function. The conducted calculations of rotor siren parameters demonstrate the advantages of the method for the solution of stipulated problems. The mathematical models show the prospects of rotor siren in the function of the generator of aerodynamical noise. The results of research could be applied in aviation and space engineering for the creation of corresponding test benches. The application of results and recommendations of the research will permit to bring nearer the operation of surface test benches to the flight conditions

Keywords: stochastic structure of acoustic radiation, rotor-type siren, chain code