

## Использование программного продукта для выполнения расчета ожидаемой шумности

Гришина С. Ю.<sup>1\*</sup>, Курцев Г. М.<sup>2</sup>, Путечев А. Д.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Магистрант, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. д. Ф. Устинова, Россия, г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Профессор, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. д. Ф. Устинова, Россия, г. Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Студент, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. д. Ф. Устинова, Россия, г. Санкт-Петербург

### Аннотация

В данной статье рассматривается программа для расчета ожидаемой шумности. Цель данной статьи – обоснование использования программы. Были приведены некоторые формулы, используемые при расчете ожидаемой шумности от нескольких источников излучения шума. Дана схема проникновения долей шума от источников через основные каналы в кабину строительно-дорожных машин, формирующие акустическое поле в кабине. Кратко описаны работа программы и её написание. Составлена блок-схема, представляющая совокупность этапов работы алгоритма, в котором отдельные шаги изображаются в виде блоков различной формы.

**Ключевые слова:** шум, кабина строительно-дорожных машин, акустическое поле, программа, расчет ожидаемой шумности.

### *The use of the software for calculation of the expected noise*

*Grishina S.Y.<sup>1</sup>, Kurzev G.M.<sup>2</sup>, Putechev A.D.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Graduate student, Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg, Russia*

<sup>2</sup> *Professor, Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg, Russia*

<sup>3</sup> *Student, Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg, Russia*

### **Abstract**

*This article presents a program for the calculation of the expected noise. The purpose of this article is the justification for using this program. Formulas were given for calculating the expected noise from several sources of noise emission. Transmission of noise part from sources through main channels to cabin of construction machine is presented by scheme. It generates the acoustic field in the cabin. The program is described briefly. The block-scheme represents the set of steps of the algorithm. Individual steps are depicted as blocks of various shapes.*

**Keywords:** *noise, cabin of construction machine, acoustic field, program, calculating the expected noise.*

### **Введение**

Шум в строительно-дорожной технике неблагоприятен для рабочего и является причиной снижения производительности труда. Для анализа воздействия шума на водителя строительно-дорожной машины (далее – СДМ) необходимо сформировать математическую модель и рассчитать шум, проникающий в кабину. Расчет ожидаемой шумности в кабине является трудоемким и долгим процессом. Поэтому для облегчения

---

\*E-mail: gsy62@mail.ru (Гришина С.Ю.)

выполнения расчета была разработана программа, основанная на аналитической модели определения ожидаемой шумности.

## 1. Расчетная модель

### 1.1 Акустическая схема проникновения шума в кабину СДМ

На рисунке 1 представлен образец строительно-дорожной техники, на котором схематично обозначены пути проникновения шума в кабину водителя от основных источников излучения.

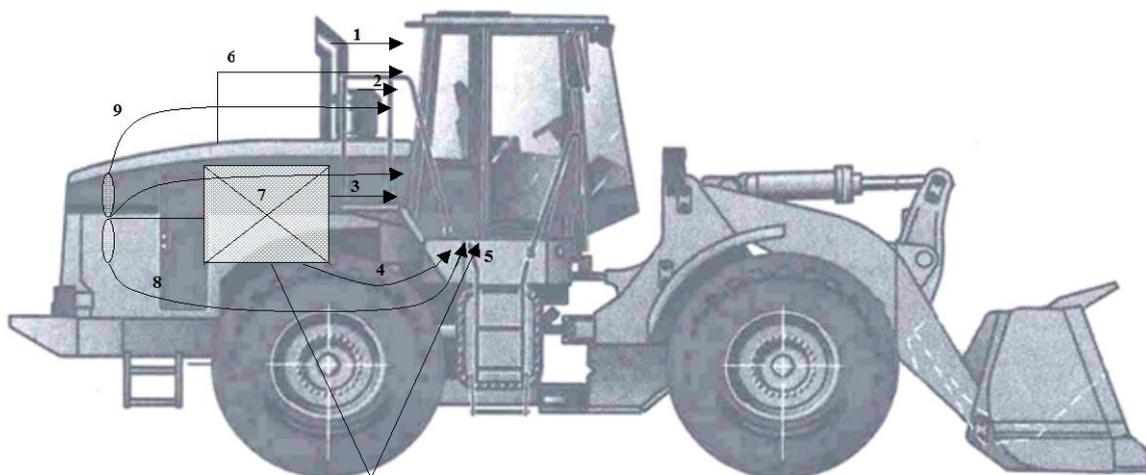


Рис. 1. Условная акустическая схема проникновения шума в кабину СДМ

1 – шум выпуска, проникающий на рабочее место оператора через панели ограждения кабины; 2 – шум всасывания, проникающий на рабочее место оператора через панели ограждения кабины; 3 – шум двигателя, проникающий на рабочее место через перегородку между моторным отсеком и кабиной; 4 – шум двигателя, проникающий на рабочее место через пол кабины непосредственно; 5 – шум двигателя, проникающий на рабочее место через нижний открытый проём в капоте и далее через пол кабины; 6 – шум двигателя, проникающий на рабочее место через ограждения капота и далее через панели кабины, за исключением пола и перегородки; 7 – шум вентилятора системы охлаждения, проникающий на рабочее место через радиатор охлаждения и далее через перегородку между моторным отсеком и кабиной; 8 – шум вентилятора, системы охлаждения, проникающий на рабочее место через радиатор охлаждения и далее через пол кабины; 9 – шум вентилятора, проникающий на рабочее место через ограждения капота и далее через панели кабины, за исключением пола и перегородки

### 1.2 Формулы, используемые в программе при расчете ожидаемой шумности

Шум выпуска, проникающий на рабочее место оператора через панели ограждений кабины, с учетом дифракционных явлений, за исключением перегородки между моторным отсеком и кабиной и пола, определен по формуле [1]:

$$L_{\text{вып}}^{\text{каб}} = L_{w_{\text{вып}}} - 20 \lg R_{\text{вып}} - 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{каб}i}}{\sum_{i=1}^n S_{\text{каб}i} \cdot 10^{-0,1(3H_{\text{каб}i} + t_{\text{диф}}^{\text{каб}})}} + 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{каб}i}}{A_{\text{каб}}} + \text{ПН}_{\text{вып.}} - \beta_{\text{вып.}} - x + 6, \text{дБ} \quad (1)$$

где  $L_{w_{\text{вып}}}$  – звуковая мощность, излучаемая выпуском, дБ;

$R_{\text{вып}}$  - расстояние от среза выпускной трубы до ближайшей панели кабины, м;  
 $S_{\text{каб}i}$  - площадь  $i$ -го ограждения, через которые шум выпуска проникает в кабину,  $\text{м}^2$ ;

$n$  - число элементов ограждения кабины, шт.;

$ZI_{\text{каб}i}$  - звукоизоляция  $i$ -го элемента кабины, дБ;

$t_{\text{дифр}i}^{\text{каб}}$  - добавка к звукоизоляции  $i$ -го ограждения кабины в зависимости от расположения ее панелей к выпуску, дБ,  $t_{\text{дифр}i}^{\text{каб}}=5$  дБ – для потолка и боковых панелей,  $t_{\text{дифр}i}^{\text{каб}}=8$  дБ – для задней панели по отношению к выпуску;

$A_{\text{каб}}$  - звукопоглощение кабины,  $A_{\text{каб}} = \bar{\alpha}_{\text{каб}} \cdot S_{\text{каб.общ}}$ ,  $\text{м}^2$ ;

$\bar{\alpha}_{\text{каб}}$  - средний коэффициент звукопоглощения кабины;

$S_{\text{каб.общ}}$  - общая площадь внутренних ограждений кабины,  $\text{м}^2$ ;

$ПН_{\text{вып}}$  - показатель направленности выпуска, дБ;

$\beta_{\text{вып}}$  - добавка, учитывающая расположение выпускной трубы по отношению к кабине погрузчика, дБ;

$x$  - числовая добавка, которая при  $\Omega = \pi$  равна 5 дБ, при  $\Omega = 2\pi$  - 8 дБ,  $\Omega = 4\pi$  - 11 дБ, ( $\Omega$  - пространственный угол излучения источников, при излучении в открытое пространство он составляет  $4\pi$ , в полупространство  $2\pi$ , в двухгранный угол -  $\pi$ ).

Шум вентилятора системы охлаждения, проникающий на рабочее место через радиатор охлаждения и далее через перегородку между моторным отсеком и кабиной, определен по формуле [3]:

$$L_{\text{вент.пер}}^{\text{каб}} = L_{\text{вент}} + 10 \lg \left( \frac{\chi_{\text{кап.вент.}}}{S_{\text{кап.вент.общ}}} + \frac{4\psi_{\text{кап.вент.}}}{B_{\text{кап.вент.}}} \right) - ZI_{\text{рад}} + 10 \lg \frac{S_{\text{рад}}}{S_{\text{кап.вент.}}} - 10 \lg B_{\text{кап.дв.}} + \quad (2)$$

$$- ZI_{\text{пер.}} + 10 \lg \frac{S_{\text{пер}}}{S_{\text{кап.дв.}}} - 10 \lg A_{\text{каб}} + 6, \text{дБ}$$

где  $L_{\text{вент.}}$  - звуковая мощность, излучаемая вентилятором системы охлаждения, дБ;

$\chi_{\text{кап.вент.}}$  - коэффициент, учитывающий влияние ближнего звукового поля вентилятора;

$S_{\text{кап.вент.общ}}$  - общая площадь внутренних ограждений панелей капота вентилятора,  $\text{м}^2$ ;

$\psi_{\text{кап.вент.}}$  - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля под капотом вентилятора;

$B_{\text{кап.вент.}}$  - постоянная капота вентилятора,  $\text{м}^2$ ;

$$B_{\text{кап.вент.}} = \frac{A_{\text{кап.вент.}}}{(1 - \bar{\alpha}_{\text{кап.вент.}})};$$

$A_{\text{кап.вент.}}$  - эквивалентная площадь звукопоглощения,  $\text{м}^2$ ;

$A_{\text{кап.вент.}} = \bar{\alpha}_{\text{кап.вент.}} \cdot S_{\text{кап.вент.общ}}$ ;

$\bar{\alpha}_{\text{кап.вент.}}$  - средний коэффициент звукопоглощения под капотом вентилятора;

$S_{\text{кап.вент.}}$  - площадь ограждений капота вентилятора, через которые проникает звук,  $\text{м}^2$ ;

$ZI_{рад}$  - звукоизоляция радиатора системы охлаждения, дБ;

$S_{рад}$  - площадь радиатора, м<sup>2</sup>;

$B_{кап.дв.}$  - постоянная капота двигателя, м<sup>2</sup>;

$B_{кап.дв.} = \frac{A_{кап.дв.}}{(1 - \bar{\alpha}_{кап.дв.})}$ ;  $A_{кап.дв.}$  - звукопоглощение капота двигателя, м<sup>2</sup>;

$ZI_{пер}$  - звукоизоляция перегородки, через которую звук проникает в кабину от двигателя, дБ;

$S_{пер.}$  - площадь перегородки между кабиной и моторным отсеком, через которую проникает звук в кабину от двигателя, м<sup>2</sup>;

$S_{кап.дв.}$  - площадь ограждений капота двигателя, через которые проникает звук, м<sup>2</sup>;

$A_{каб}$  - формулу (1).

Шум двигателя, проникающий на рабочее место через пол кабины непосредственно, определен по формуле [3]:

$$L_{дв.пол}^{каб} = L_{wдв} + 10 \lg \left( \frac{\chi_{кап.дв.}}{S_{кап.дв.общ.}} + \frac{4\Psi_{кап.дв.}}{B_{кап.дв.}} \right) + 10 \lg \frac{S_{кан.}}{S_{кап.дв.}} - 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^k S_{полi}}{\sum_{i=1}^k S_{полi} \cdot 10^{-0,13ZI_{полi}}} + 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^k S_{полi}}{A_{каб.}} + 1, дБ \quad (3)$$

где  $S_{кан.}$  - площадь сечения канала, по которому звук от двигателя проходит под полом кабины, м<sup>2</sup>;

$S_{полi}$  - площадь i-го элемента пола со звукоизоляцией  $ZI_{полi}$ , через которые звук проникает в кабину, м<sup>2</sup>;

$k$  - число элементов с различной величиной звукоизоляции;

$L_{wдв}$  - звуковая мощность, излучаемая двигателем, дБ;

$\chi_{кап.дв.}$ ,  $S_{кап.дв.общ.}$ ,  $\Psi_{кап.дв.}$ ,  $B_{кап.дв.}$ ,  $S_{каб.дв.}$  - см. формулу (2),

а  $A_{каб}$  - формулу (1).

## 2. Программа

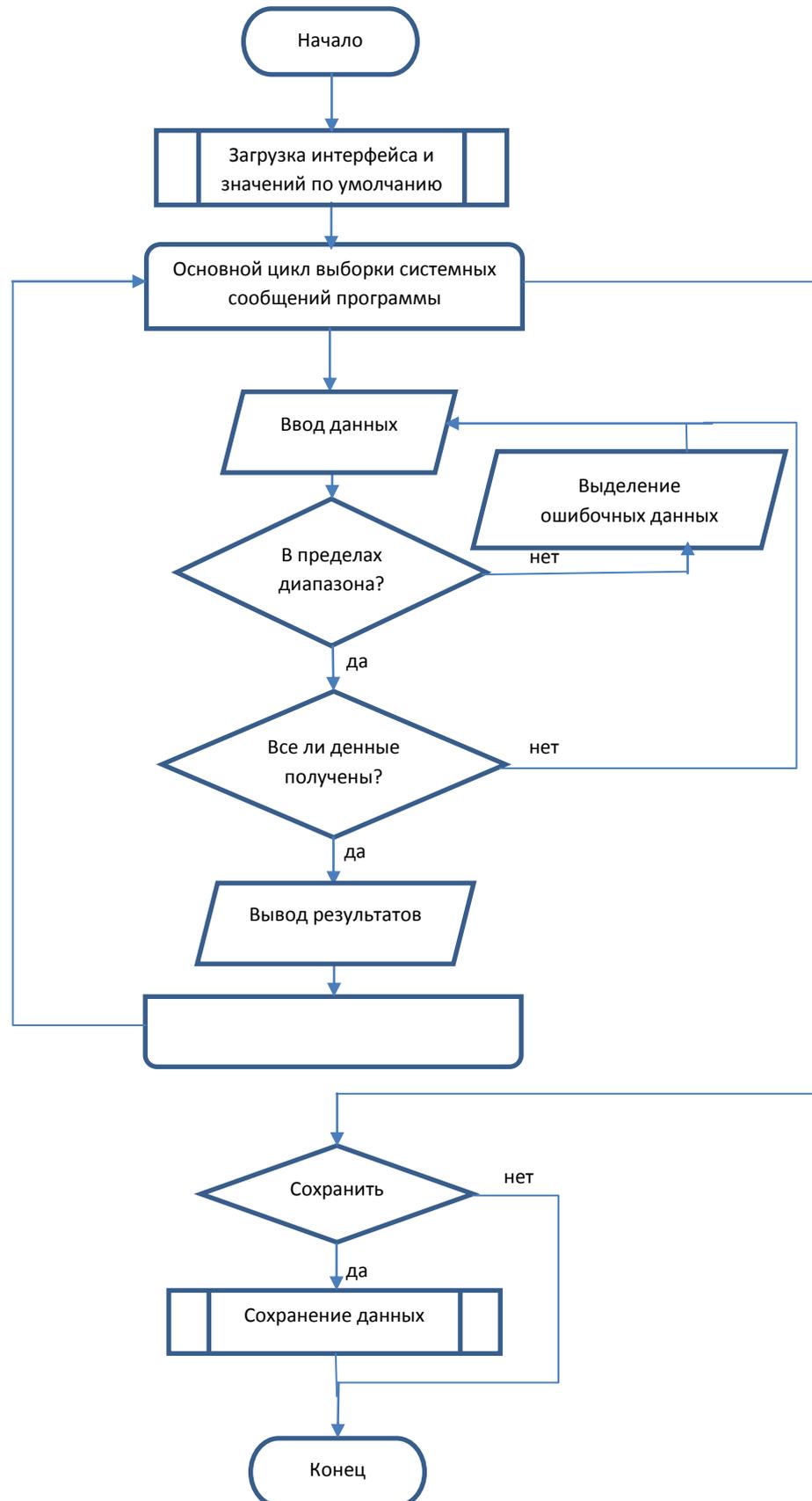
### 2.1 Описание программы

Программа предназначена для автоматического расчета шума, проникающего отдельными каналами в кабину для всех октавных полос частот. Все данные заносятся в таблицу, либо в конкретную формулу при наведении на переменную курсора мышки. После подтверждения ввода происходит проверка попадания данных в указанный диапазон. Если для текущей формулы все данные были введены в нужном диапазоне, высчитывается результат, который заносится в конечную таблицу. Когда все данные введены, таблица получается заполненной, по которой можно увидеть конечный результат. Их можно сохранить в файл, который легко открыть в блокноте. В нем содержатся исходные данные, а также таблица с результатами, чтобы не запускать программу для просмотра результатов многократно. Для изменения данных, существует возможность изменить их в блокноте, и, запустив программу заново, получить новый результат.

Программа написана на языке C++ в среде разработки DevC++ v4.9. Весь интерфейс, оболочка программы и алгоритм обработки данных были написаны

вручную без использования каких-либо встроенных обработчиков и стандартных объектов Windows.

### 2.2 Блок схема программы



### 2.3. Пример расчета с помощью программы

Был произведен пробный расчет для шума выпуска, проникающего на рабочее место оператора через панели ограждений кабины, с учетом дифракционных явлений, за исключением перегородки между моторным отсеком и кабиной и пола на октавной полосе частот 1000 Гц.

На рис. 2 приведен пример ввода данных в программу, а на рис. 3 вывод данных в итоговую таблицу, которая отображает расчет уровней звукового давления от источника излучения выпуска и через основные каналы проникновения шума.

Октавная полоса частот: 1000

$S_{\text{каб.общ.}}$	3	$S_{\text{кап.вент.}}$		$ЗИ_{\text{кап.вент.}}$		$ЗИ_{\text{рад.}}$		$t_{\text{каб.диф.}i}$	4	$\bar{\alpha}_{\text{кап.дв.}}$	
$S_{\text{кап.вент.}}$		$S_{\text{кап.дв.}}$		$ЗИ_{\text{кап.дв.}}$		$ПН_{\text{вып.}}$	1	$t_{\text{кап.вент.}}$		$\bar{\alpha}_{\text{каб.}}$	0.5
$S_{\text{кап.дв.}}$		$S_{\text{пол.}i}$	1	$ЗИ_{\text{пол.}i}$		$ПН_{\text{всас.}}$		$t_{\text{кап.}i}$		$R_{\text{вып.}}$	0.65
$S_{\text{кан.}}$		$S_{\text{рад.}}$		$ЗИ_{\text{каб.}i}$	1.2	$\beta_{\text{вып.}}$	1	$h_{\text{дв.}}$		$R_{\text{всас.}}$	
$S_{\text{пер.}}$		$S_{\text{пр.}}$		$ЗИ_{\text{пер.}}$		$\beta_{\text{всас.}}$	0	$\bar{\alpha}_3$		$R_{\text{дв.}}$	
$x$		$x_2$	11	$x_3$		$S_{\text{кап.дв.}}$	1.5			$x_1$	
$S_{\text{кап.дв.общ.}}$		$L_{\text{в гидр.}}$		$L_{\text{в вып.}}$	97.8	$L_{\text{в всас.}}$		$L_{\text{в дв.}}$		$L_{\text{в вент.}}$	

$$L_{\text{вып.}}^{\text{каб.}} = L_{\text{в вып.}} - 20 \lg R_{\text{вып.}} - 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{каб.}i}}{\sum_{i=1}^n S_{\text{каб.}i} * 10^{-0.1 (ЗИ_{\text{каб.}i} + t_{\text{диф.}i}^{\text{каб.}})} + 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{каб.}i}}{A_{\text{каб.}}} + ПН_{\text{вып.}} - \beta_{\text{вып.}} - x_2 + 6, \text{ дБ}$$

Рис. 2. Ввод данных

Октавная полоса частот:	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Таблица	Несохраненные данные*
$L_{\text{каб. сум.}}$										
$L_{\text{каб гидр.}}$										
$L_{\text{каб вып.}}$										
$L_{\text{каб всас.}}$										
$L_{\text{каб дв. пер.}}$										
$L_{\text{каб дв. пол.}}$										
$L_{\text{каб дв. пр.}}$										
$L_{\text{каб дв. кап.}}$										
$L_{\text{каб вент. пер.}}$										
$L_{\text{каб вент. пол.}}$										
$L_{\text{каб вент. кап.}}$										
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0	0	91.3417	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$L_{\text{каб. сум. общ.}}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 3. Таблица конечных данных в октавных полосах частот

### Вывод

Данная программа позволяет рассчитывать уровни звукового давления и уровни звука в октавных полосах частот от всех источников излучения и через основные каналы проникновения шума в кабину СДМ. Так же программа производит расчет суммарных уровней звукового давления и уровней звука, с помощью которых можно произвести ориентировочную оценку звукового поля в кабине.

**Список литературы**

1. Балишанская Л. Г., Дроздова Л. Ф., Иванов Н. И. и др. Техническая акустика транспортных машин: Справочник. – СПб.: Политехника, 1992. – 365с.: ил.
2. ГОСТ 19.701-90 “Схемы алгоритмов программ, данных и систем”.
3. Шашурин А. Е. Снижение внутреннего шума звукоизолирующими кабинами (на примере строительно-дорожной техники): Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. – СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, 2010.