

УДК 677:628.517.2

## ОЦЕНКА ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН В ЦЕХОВЫХ УСЛОВИЯХ (НА ПРИМЕРЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ)

© О.Н. Поболь<sup>1</sup>, Г.И. Фирсов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности, Москва, Россия

<sup>2</sup>Институт машиноведения им А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия

**Аннотация.** Для целей оценки соответствия шумовых характеристик машин требованиям санитарных норм предложено использовать обобщенные предельно допустимые шумовые характеристики (ПДШХ), которые задают предельно допустимые характеристики для близких по типу машин, объединенных в группы с учетом характерной плотности их установки и условий эксплуатации. Для уточненного определения ПДШХ целесообразно использовать методику, учитывающую звукопоглощение и рассеяние шума поверхностью машин, плотность тел рассеяния в поперечном сечении производственного помещения и его акустические и геометрические характеристики.

**Ключевые слова:** Обобщенные предельно допустимые шумовые характеристики, спектр уровней звуковой мощности, уровень звукового давления, уровень звука, стандартный метод измерений, эквивалентная площадь звукопоглощения.

Характеристики шумового режима в производствах и уровни звукового давления в заданных точках при работе машин не могут однозначно характеризовать их звуковую активность, поскольку зависят от акустических характеристик производственных помещений и соседних машин, плотности их установки и эксплуатационных условий. [1-3], Основной стандартной шумовой характеристикой машин, позволяющей объективно оценить их шум и выполнять расчеты шумового режима, является спектр уровней звуковой мощности  $L_P$  в октавных полосах частот. В качестве дополнительных сюда включаются: скорректированный уровень звуковой мощности (УЗМ)  $L_{PA}$ , уровни звукового давления в октавных полосах  $L$  и уровень звука  $L_A$ , измеренные в контрольных точках (обычно на расстоянии 1 м от контура машины  $L_{d1A}$ ). Эти характеристики удобны для выполнения экспресс-оценок и при невозможности определения спектра УЗМ. Подробное описание действующих в настоящее время отечественных и международных стандартов по изменению и нормированию шумовых характеристик машин приведен в работе [4].

Точность измерений шумовых характеристик принято характеризовать величинами средних квадратических отклонений (СКО) результатов измерений уровней шума. Все методы определения шумовых характеристик машин по гарантируемой точности измерений могут быть обобщенно отнесены к трем группам.

1. Точные методы измерений свободного и отраженного поля в заглушенных и реверберационных камерах (СКО соответственно в пределах 1,5 дБ и 1,5-2 дБ). Выполняются в специальных акустических камерах с объемом, превышающим объем машин в 100-200 раз.

2. Технические методы измерений в свободном и отраженном звуковом поле (с использованием образцового источника шума), а также измерений на расстоянии 1 м от наружного контура машины, осуществляемые в обычных производственных помещениях

(СКО соответственно в пределах 2-3 дБ и 4-5 дБ). Первые два метода предъявляют особые требования к измерительным помещениям, а последний метод считается ориентировочным.

3. Специальные методы измерений для крупногабаритных машин — методы двух и трех огибающих поверхностей и интенсивности, требующие использования специальной аппаратуры. Имеющиеся в литературе сведения о погрешностях измерения звуковой мощности крупногабаритных машин весьма противоречивы, при этом отмечается, что точность часто определяется конкретными условиями измерений. Для некоторых типов машин эти методы обеспечивают повышенную точность, близкую к методам первой группы, однако в ряде случаев допускают большие погрешности (СКО до 7 дБ), связанные с некорректным учетом влияния ближнего звукового поля и отраженного звука [5 - 8].

Рассмотрим уточненный метод определения уровней звуковой мощности машин в производственных условиях, впервые предложенный в работах [1, 9]. Шумовые характеристики вычисляются по результатам измерений уровней звукового давления (УЗД) в контрольных точках на измерительной поверхности. Для машин с наибольшими габаритными размерами  $l_{max}$ , в пределах 1 м наиболее целесообразно применение точного метода измерений в заглушенной камере. Октавные уровни звуковой мощности (УЗМ) определяются по результатам измерений УЗД в точках на сферической или полусферической (в случае камеры с отражающим полом) поверхности радиуса  $r \geq 2l_{max}$   $L_p = L_m + 10 \lg (S/S_0)$ , где  $L_m$  - средний УЗД на измерительной поверхности в данной октаве, дБ;  $S$  - площадь измерительной поверхности, м<sup>2</sup>;  $S_0 = 1$  м<sup>2</sup>.

Для машин с габаритными размерами более 1 м, куда относятся практически все машины текстильной и легкой промышленности с размерами до 20 м и более, возникают проблемы, связанные с обеспечением требуемой точности измерений. Строительство для измерений специальных акустических камер невозможно по экономическим соображениям, а сами испытания технологического оборудования, включающие определение шумовых характеристик, выполняются в процессе эксплуатации в производственных цехах, при высокой плотности установки машин. На результаты измерений влияют акустические свойства производственного помещения и соседних машин, а также особенности звукового поля самой машины: тип излучателей, их расположение в объеме машины и наличие ближнего поля излучения. Использование для определения УЗМ таких машин метода интенсивности затруднительно ввиду его сложности и требует проведения дополнительных исследований с целью оценки обеспечиваемой точности. Единственным приемлемым по простоте и доступности в условиях эксплуатации методом определения УЗМ крупногабаритных машин является стандартный метод измерений на расстоянии 1 м от наружного контура, однако точность этого метода, допускающего максимальные СКО до 4-5 дБ, не позволяет использовать его без дополнительной корректировки применительно к оборудованию отрасли. На его основе разработан уточненный метод определения УЗМ машин на расстоянии 1 м в условиях эксплуатации [1, 9], учитывающий тип и расположение излучателей в объеме машин, конструктивные особенности машин, что учтено в расположении контрольных (измерительных) точек на измерительной поверхности, имеющей форму параллелепипеда. Форма измерительной поверхности в виде параллелепипеда, отстоящего от наружного контура машины на расстоянии  $d = 1$  м, и схема расположения измерительных точек на этой поверхности приняты из удобства измерений с учетом конструктивных особенностей оборудования отрасли. Измерительные точки располагаются равномерно на измерительной поверхности на двух измерительных линиях на высоте  $0,9 \pm 0,2$  м и  $1,5 \pm 0,2$  м.

Площадь измерительной поверхности определяется по формуле

$$S = 4(a + b + c) \frac{ab + ac + bc}{a + b + c + d},$$

где  $a = 0,5l_1 + 1$ ,  $b = 0,5l_2 + 1$ ,  $c = 0,5l_3 + 1$  - характерные размеры поверхности в м,  $l_1, l_2, l_3$ , - основные габаритные размеры машины в м.

УЗМ машин по уточненному методу измерений на расстоянии 1 м от наружного контура определяется по формуле  $L_P = L_m + 10 \lg(S/S_0) - K$ , где  $K$  - коррекция на отраженный звук и характер звукового поля,  $L_m = 10 \lg\left(\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m 10^{0,1L_i}\right)$ ,  $L_i$  - УЗД в  $i$ -той измерительной точке,  $m$  — общее число измерительных точек,

$$K = 10 \lg(\psi + 4S/B) \quad (1)$$

$\psi = \psi_1\psi_2$  - коэффициент учета увеличения УЗД в измерительных точках из-за неравномерного расположения локальных источников шума в объеме машины ( $\psi_1$ ) и их ближнего звукового поля ( $\psi_2$ ),  $B$  - акустическая постоянная цеха с площадью ограждающих поверхностей  $S_V$ ,  $B = aS_V / (1 - a)$ ,  $a$  - среднее значение коэффициента звукопоглощения цеха в расчетной полосе частот (характеризует долю поглощенной ограждениями и машинами звуковой энергии).

Второе слагаемое в уравнении (1) учитывает влияние на результаты измерений отраженного звука при условии диффузности (однородности и изотропности) звукового поля в измерительной зоне. Для определения коррекции  $K$  необходимо прежде всего знание характеристик звукового поля в проходах между машинами. Большинство цехов на старых фабриках являются соразмерными (отношение длины 1 к ширине  $b$  и высоте  $h$  не превосходит для них соответственно 5 и 4), в то время как на предприятиях постройки последних десятилетий они относятся к плоским (отношение длины к ширине и высоте значительно превосходят 5).

Исследованы спады УЗД в проходах между машинами на разных расстояниях  $z$  от точечного образцового источника (паспортные значения СКО для источника в измерительных частотных полосах в пределах 0,7 дБ) как для соразмерных, так и для плоских цехов основных производств. Измерения проводились в прядильном ( $25 \times 22 \times 6$  м,  $a = 0,3$ ), ткацком ( $40 \times 30 \times 4,5$  м,  $a = 0,23$ ), чесальном ( $60 \times 30 \times 4,5$  м,  $a = 0,24$ ) и крутильном ( $95 \times 70 \times 5$  м,  $a = 0,26$ ) цехах. Результаты измерений спадов УЗД сопоставлялись с расчетными значениями спадов уровней, определенными в соответствии с классической теорией Сэбина для диффузного отраженного звукового поля в соразмерных помещениях по уравнению

$$L = L_P - 10 \lg(2\pi r^2/S_0) + 10 \lg(1 + 8\pi r^2/B), \quad (2)$$

где  $L_P$  - УЗМ образцового источника шума, дБ.

Как показали исследования, отраженное звуковое поле в зоне измерений для всех цехов является диффузным: спад УЗД в проходах подчиняется уравнению (2). Справедливость этого заключения подтверждается совпадением результатов определения УЗМ однотипных машин по уточненному методу на расстоянии 1 м от наружного контура как в соразмерных, так и в плоских цехах.

Коэффициент  $\psi_1$  для машин найден с учетом данных локализации и идентификации источников шума в объеме машины - в полосах измерений преобладают некогерентные

точечные излучатели и линейные системы точечных излучателей. Оценка величины коэффициента  $\psi_1$  сводится к нахождению средней плотности звуковой энергии  $w$  прямого излучения на измерительной поверхности  $S$  при известной мощности источника  $P_0$

$$\psi_1 = P/P_0 = wcS/P_0, \quad (3)$$

где  $P$  - измеренная звуковая мощность, Вт;  $c$  - скорость звука в воздухе, м/с.

При излучении в полусферу плотность энергии в точке на расстоянии  $r$  находится из соотношений:

- для локального точечного источника на измерительных линиях

$$w_i = P_0/2\pi r^2 c, \quad (4)$$

где  $w_i$  - плотность звуковой энергии в  $i$ -ой точке, Вт с/м<sup>3</sup>;

- для линейного источника длины  $l$  в точках  $D_1$  и  $D_2$ , на измерительных линиях  $AB$ ,  $CE$ ,  $AC$ ,  $BE$ , параллельных и перпендикулярных источнику

$$\begin{aligned} w_{D_1} &= \frac{P_0}{2\pi cl} \int_d^{d+l} \frac{dx}{(x-a)^2 + d^2} = \frac{P_0}{2\pi cl} \left( \operatorname{arctg} \frac{d+l-a}{d} - \operatorname{arctg} \frac{d-a}{d} \right) = \\ &= \frac{P_0}{2\pi cl} (\operatorname{arctg} \theta_2 - \operatorname{arctg} \theta_1), \end{aligned} \quad (5)$$

$$w_{D_2} = \frac{P_0}{2\pi cl} (\operatorname{arctg} \theta_4 - \operatorname{arctg} \theta_3),$$

где  $d$  - расстояние от измерительной линии до источника, м;  $a$  и  $a_1$  - соответственно координаты элемента излучателя и измерительной точки  $D_1$  в прямоугольной системе координат, м;  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$  - угловые координаты измерительных точек  $D_1$  и  $D_2$  относительно концов линейного источника, рад.

Прядильные, крутильные, ровничные, мотальные, плоские трикотажные и подобные им длинные машины представляют собой систему параллельных линейных излучателей, состоящих из некогерентных точечных. Ленточные машины, ткацкие станки, круглые трикотажные, швейные и большая часть обувных машин можно рассматривать как точечные излучатели или системы точечных и линейных излучателей.

Из компьютерных расчетов для основных типов машин текстильной и легкой промышленности, при рассмотрении их в виде указанных моделей, в соответствии с уравнениями (3) - (5) найдены значения  $\psi_1 = 1,35 - 1,53$ , средние значения  $\psi_{1cp} = 1,4$ .

Величина коэффициента  $\psi_2$ , учитывающего влияние в зоне измерений ближнего поля машины, может быть найдена из отношения, аналогичного (3)

$$\psi_2 = P_1/P_0 \quad (6)$$

где  $P_1$  - мощность источника в ближнем поле, определяемая по результатам измерения УЗД на измерительной поверхности площади  $S$ , Вт;  $P_0$  - истинная звуковая мощность источника, определяемая интенсивностью его излучения  $I$  в измерительных точках.

Величины, входящие в уравнение (3.21), определяются с помощью зависимостей  $P_0 = \iint_S IdS = \iint_S pvdS$ ,  $P_1 = \frac{1}{\rho c} \iint_S p^2 dS$ , где  $p$ ,  $v$  - звуковое давление в измерительной точке и виброскорость звуковой волны на элементарной площадке  $dS$  поверхности излучения  $S$ , м/с.

Для мощностей сферического излучателя порядка  $u$  получены выражения [4]

$$P_0 = \frac{8\rho ckr_0^3}{|kr_0 H_{n+1/2}^{(2)}(kr_0) - nH_{n+1/2}^{(2)}(kr_0)|^2} v_{r_0}^2, \quad (7)$$

$$P_1 = \frac{\pi kr_1}{2} |H_{n+1/2}^{(2)}(kr_1)|^2 \frac{8\rho ckr_0^3}{|kr_0 H_{n+1/2}^{(2)}(kr_0) - nH_{n+1/2}^{(2)}(kr_0)|^2} v_{r_0}^2, \quad (8)$$

$$H_{n+1/2}^{(2)}(z) = \left(\frac{2}{\pi z}\right)^{1/2} j^{n+1} e^{jz} \sum_{l=0}^n \frac{(n+l)!}{l!(n-l)!} \frac{1}{(2/z)^l},$$

где  $\rho$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $k = \omega/c$  - волновое число, м<sup>-1</sup>;  $r_0$  - радиус сферического излучателя, м;  $H_{n+1/2}^{(2)}(z)$  - функция Ганкеля аргумента ( $z$ ) для излучателя порядка  $n$ ;  $r_1$  - расстояние от центра источника до измерительной точки, м;  $j = \sqrt{-1}$ ;  $l = 1, 2, 3, \dots$

После подстановки уравнений (7) и (8) в формулу (6) выражение для коэффициента  $\psi_2$ , приобретает вид:

$$\psi_2 = \frac{2}{nkr_1 |H_{n+1/2}^{(2)}(kr_1)|^2}. \quad (9)$$

Выполненные по уравнению (9) расчеты дают следующие значения коэффициента ближнего поля:

- при  $n = 0$  (точечный сферический излучатель)  $\psi_2 = 1$  при любых  $r$ , во всем частотном диапазоне;
- при  $n = 1$  (дипольный излучатель)  $\psi_2 = 1$  при  $r_l \geq 1$  м в частотном диапазоне при  $f > 500$  Гц;
- при  $n = 2$  величина  $\psi_2 \approx 1$  при  $r_l \geq 1$  м в частотном диапазоне при  $f > 1000$  Гц.

Результаты расчетов дают основание для заключения, что для машин текстильной и легкой промышленности с преобладанием излучателей порядков  $n = 0$  и  $n = 1$  для измерительной зоны на расстоянии от основных излучателей  $r_l \geq 1$  м в представляющем практический интерес частотном диапазоне значения коэффициента ближнего поля можно принимать  $\psi_2 = 1$ .

Тогда значение коэффициента  $\psi$  в уравнении (1) составит в среднем  $\psi = \psi_1 \psi_2 = 1,4$ , а само уравнение (1) для расчета: коэффициента коррекции будет иметь вид

$$K = 10 \lg(1,4 + 4S/B) \quad (10)$$

Следовательно, найденная при измерениях по стандартному методу на расстоянии 1 м, в котором принято значение коэффициента  $\psi = 1$ , звуковая мощность машин оказывается завышенной в среднем на 40%, а в ряде случаев и более 50%, по причине неравномерности

расположения основных источников шума в объеме машины. В уточненном методе эта систематическая погрешность исключена.

Величина коэффициента коррекции  $K$  для производственных помещений в зависимости от отношения его объема  $V$  к площади измерительной поверхности  $S$  установлена на основе статистической обработки результатов массовых измерений и расчетов акустической постоянной помещений (после измерений в них времени реверберации)  $B = A/(1 - \alpha)$ , где  $\alpha$  - средние значения коэффициентов звукопоглощения в расчетных полосах частот.

Эквивалентная площадь звукопоглощения  $A$  производственных помещений определялась при этом по экспериментальным значениям времени реверберации по стандартной методике. Для плоских цехов звукопоглощение  $A$  рассчитывалось также по формуле  $A = \alpha S_V$  с учетом значений КЗП  $\alpha$  для однотипных соразмерных цехов - расчетные и экспериментальные значения практически равнозначны (разница в пределах 4%).

При практических расчетах средние значения коэффициента коррекции  $K$ , найденные для производственных помещений отрасли по уравнению (10) с учетом данных массовых измерений их акустических характеристик, принимаются согласно табл. 1 в зависимости от отношения объема помещения к площади  $S$  измерительной поверхности.

Таблица 1

Интервалы изменения акустических параметров	Отношение $V/S$ для обычных цехов, м	Отношение $V/S$ для цехов с сильно отражающими звук поверхностями без технологических звукопоглотителей, м	Коэффициент коррекции $K$ , дБ
1	20 - 50	50 - 100	4,5
2	50 - 90	100 - 200	3,5
3	90 - 300	200 - 600	2,5
4	Свыше 300	Свыше 600	1,5

Значения УЗМ, определенные для машин отрасли по описанной выше методике, лежат в основном в диапазоне 70-110 дБ (табл. 2).

Анализ точности определения УЗМ машин описанным выше уточненным методом измерений на расстоянии 1 м от наружного контура выполнен в сравнении с точным методом в заглушенной камере, техническими методами - в свободном звуковом поле и в реверберационном помещении, а также ориентировочным методом. Были определены УЗМ основных типов машин отрасли с габаритными размерами от 1 до 20 м. Измерения выполнялись как для одной машины, так и для групп однотипных машин при работе на одинаковых скоростях.

Как показали результаты исследований, погрешности средств измерений при использовании прецизионной аппаратуры практически не влияют на результаты и потому средние отклонения можно определять без дополнительной коррекции.

Доверительные границы результатов измерений для одной машины в случае достаточно высокой доверительной вероятности  $\beta \leq 0,98$  и при числе измерительных точек не менее 8 для среднегабаритных машин (типа ткацких и швейных) и 16 для крупногабаритных (типа прядильных) определяются уравнением  $a_{B,H} = L_m \pm s$ , где  $s$  - СКО результатов измерений УЗД.

Таблица 2

Типы машин	Уровни звуковой мощности $L_p$ в дБ в октавных полосах с номинальными частотами в Гц								Кор. УЗМ $L_{PA}$ в дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Ткацкий микрочелн. типа СТБ-2-216	92	94	93	97	95	92	90	89	96
Прядильная кольцевая типа П-76-ШГ2	93	100	100	100	98	98	91	93	103
Ленточная гребен. типа ЛМШ-220-1К	85	89	90	94	94	94	90	88	97
Трикотажная кругловязальн. типа КЛ-6	74	84	89	88	83	80	83	81	88
Швейная челночная 97 класса	74	85	87	85	86	87	85	82	90

Проведенные исследования показали, что результаты определения УЗМ машин по методам I, II, III следует считать равнозначными как по абсолютным значениям измеренных параметров (разница УЗМ в основном не превосходит 1 дБ), так и по точности их определения. СКО для этих методов составляют в среднем 1,5 - 2,5 дБ и лежат в пределах, допускаемых стандартами для технических методов измерений.

Установлено, что для обеспечения необходимой точности измерений по уточненному методу (I) для среднегабаритных машин размерами в пределах 7 м (ткацкие станки, ленточные, швейные и др. машины) число измерительных точек должно быть не менее 8, для машин с габаритными размерами более 7 м (крутильные, прядильные, ровничные и др.) должно быть не менее 16 измерительных точек. Измерительные точки рекомендуется располагать на двух горизонтальных уровнях на расстоянии 2 - 4 м в продольном направлении и 1 - 3 м в поперечном направлении относительно оси машины.

Метод IV (сравнения с образцовым источником шума) относительно методов I, II, III дает на частотах октавных полос с номинальной частотой 64, 125 и 250 Гц значения УЗМ, заниженные на 2 - 7 дБ. Это объясняется расположением образцового источника вблизи машины (по условиям контрольных испытаний расположить источник на месте машины невозможно), когда наличие ограждающих поверхностей в зоне его расположения приводит к увеличению звуковой мощности  $P_0$  источника до величины  $P$  вследствие появления мнимого источника равной мощности на частотах, где величина критерия  $2kl > 1$  (где  $k =$

$\omega/c$  - волновое число,  $l$  - расстояние до отражающей поверхности)  $P = P_0 \left( 1 + \frac{\sin 2kl}{2kl} \right)$ .

Погрешность измерений в этом случае составляет

$$\delta = 10 \lg \left( 1 + \sum_{i=1}^m \frac{\sin 2kl}{2kl} \right), \quad (11)$$

где  $c$  - скорость звука в воздухе, м/с;  $m$  - число отражающих поверхностей;  $i = 1, 2, 3, \dots$

Расчетные значения  $\delta$  по формуле (11) для октавных полос 63, 125 и 250 Гц при расстоянии до отражающей плоскости  $l = 0,2 - 0,3$  м составляют соответственно в среднем 3, 2,3 и 1,7 дБ, а при наличии двух отражающих поверхностей - 5, 4 и 2,2 дБ.

Полученные по ориентировочному методу V значения УЗМ испытанных машин превышают соответствующие значения по методам I, II, III на 1-4 дБ вследствие неучета расположения локальных излучателей шума в объеме машины и неравномерности распределения измерительных точек на измерительной поверхности. Величины СКО для методов IV и V составляют в среднем 2,5- 3 5 дБ, т.е. эти методы значительно уступают по точности методам I, II, III.

Разница между УЗМ по уточненному методу I для одной машины и группы однотипных машин в среднем не превышает 2 дБ и лежит в пределах СКО для одной машины. СКО для групп из 5 и более среднегабаритных машин (с размерами в пределах 7 м) составляют  $s_1 = 4,9 - 6,7$  дБ и для групп из 3 и более крупногабаритных машин равны  $s_2 = 4,2 - 5,4$  дБ и определяют современный технический уровень машиностроения. В случае проведения контрольных испытаний на одной машине измерительные значения УЗМ следует увеличивать на акустический допуск  $\Delta = 0,4$  с, который для среднегабаритных машин следует принимать  $\Delta_1 = 3$  дБ и для крупногабаритных  $\Delta_2 = 2$  дБ.

Для обеспечения по этому методу необходимой точности в пределах акустического допуска  $\Delta = 2 - 3$  дБ должно быть испытано не менее 3 крупногабаритных и 5 среднегабаритных однотипных машин.

Выполненные исследования точности измерений звуковой мощности машин в условиях эксплуатации с помощью уточненного метода I позволяют гарантировать акустический допуск в пределах 2-3 дБ, в то время как априори эта величина в соответствии со стандартом по статистической обработке результатов определения и контроля уровней шума машин принимается не менее 5 дБ.

Таким образом, разработанный уточненный метод I определения уровней звуковой мощности машин в производственных условиях, учитывающий конструктивные особенности машин отрасли, их установку при испытаниях и усредненные акустические характеристики типовых производственных помещений предприятий, обеспечивает необходимую для проведения контрольных испытаний точность, равнозначную стандартным техническим методам и приближающуюся к точному методу измерений в заглушенной камере.

## Литература

1. Поболь О.Н. Шум в текстильной промышленности и методы его снижения. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – с.
2. Pobol O.N., Panov S.N., Firsov G.I., The Ecological Acoustics of Machines: System Simulation and Machine Control in the Technosphere // Fourth International Congress on Sound and Vibration (St.Petersburg, 24-27 June 1996): Proceedings / Ed. by M.J.Crocker and N.I.Ivanov. Vol. 2. - St.Petersburg: 1996. - P. 1107 - 1114.
3. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Проблемы технического нормирования шумовых характеристик текстильных машин и управление шумовым режимом в производственных цехах // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. Специальный выпуск: Безопасность. Технологии. Управление. 2007. Том 1. - Самара: Самарский научный центр РАН, 2007. - С.277-280.
4. Tsukernikov I.E. Russian and international standards in the field of machinery noise. State and activity perspectives // Proc. of Fourth Int. Congress on sound and vibration. Vol. 2. - SPb.: 1996. – P.709-712.



5. Jacobsen F. A critical examination some of the field indicators that have been proposed in connection with sound power determination using the intensive technique // Proc. of Fourth Int. Congress on sound and vibration. Vol. 2. - SPb.: 1996. – P.1889-1896.

6. Hübner G. Qualification procedures for free-field condition for sound-power determination of sound sources and methods for the determination on the appropriate environmental corrections // Journal of Sound and Vibration. – 1977. – Vol. 61, No. 2. – P. 456-464.

7. Hübner G. Sound intensity measurement method-errors in determinant the sound field power levels of machines and its correlation with sound field indicators // Proc. Inter-nois-87. – Beijing^ 1987. – P. 1227-1230.

8. Kurze U.I. Gerauschemissionsmessungen an grossen Maschinen // Z. Lärmbedämpfung. – 1992. – Bd. 39, No. 5. – S. 129-134.

9. Поболь О.Н. Определение уровней звуковой мощности машин в условиях эксплуатации // Измерительная техника. – 1983. - № 1. – С. 71-73.

*Поступила: 13.10.10.*