

## ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

*О.Н. Поболь<sup>1</sup>, д.т.н., проф., Г.В. Суслов<sup>2</sup>, бакалавр, Г.И. Фирсов<sup>3</sup>, с.н.с.*

<sup>1</sup>*Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского*

<sup>2</sup>*Московский энергетический институт (технический университет)*

<sup>3</sup>*Институт машиноведения им А.А.Благонравова РАН*

*101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4, тел. (495) 624-00-72*

*E-mail: firsovgi@mail.ru*

**Аннотация:** Для целей оценки соответствия шумовых характеристик машин требованиям санитарных норм предложено использовать обобщенные предельно допустимые шумовые характеристики, 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 этих характеристик целесообразно использовать методику, учитывающую звукопоглощение и рассеяние шума поверхностью машин, плотность тел рассеяния в поперечном сечении производственного помещения и его акустические и геометрические характеристики.

**Abstract:** For the purposes of assessing the compliance of noise characteristics of machines with the requirements of sanitary standards, it is suggested to use generalized maximum permissible noise characteristics that set the maximum permissible characteristics for similar machines, grouped together, taking into account the characteristic density of their installation and operating conditions. For an accurate definition of these characteristics, it is advisable to use a technique that takes into account the sound absorption and noise scattering by the machine surface, the density of scattering bodies in the cross section of the production room and its acoustic and geometric characteristics.

Производственный шум в цехах текстильной промышленности является в настоящее время основным экологическим фактором: превышение санитарных норм составляет 10-20 дБА, при этом большая часть оборудования имеет двадцати-сорокалетний срок службы. При модернизации промышленности закупку и оснащение новыми машинами, организацию производства и планирование шумозащиты необходимо выполнять с учетом соответствия шумовых характеристик машин требованиям санитарных норм.

Для оценки воздействия шума машин на работающих в производстве и эффективности технических средств и организационных мероприятий по шумозащите необходимо знание характеристик шумового режима в цехах предприятий - октавных спектров уровней звукового давления (УЗД) и уровней звука на рабочих местах.

На рис. 1 приведены обобщенные результаты исследований шумового режима в цехах основных производств текстильной и легкой промышленности. При этом данные для полосы 31,5 Гц не показаны, поскольку уровни шума в этой полосе всегда ниже допустимых по санитарным нормам. Заштрихованные зоны изображают обобщенные поля шумовых режимов, где ограничительные кривые 1 и 2 соответствуют наивысшим и наименьшим значениям УЗД на рабочих местах. Пунктирная линия на диаграммах изображает значения допустимых уровней шума по санитарным нормам, которые устанавливают классификацию шумов, характеристики и допустимые уровни, требования к их измерению.

Шум в цехах по характеру в целом постоянный широкополосный, с равномерным распределением уровней по частотам. Большинство машин обувного производства создают при работе непостоянный шум, прерывистый или импульсный. Превышение нормативных уровней наблюдается для всех производств и достигает наивысших значений в высокочастотном диапазоне (выше 500 Гц). При допустимом по нормам уровне звука 80 дБА средние значения уровней звука на рабочих местах колеблются в диапазоне 83-97 дБА. В основных производствах в настоящее время практически отсутствуют цеха, в которых уровни шума в пределах норм, хотя в производствах текстильной и легкой промышленности занято около 10% всех работающих в промышленности России.

Отечественные производства по шумности подразделяются на 3 класса: высокошумные, с превышением норм более 10дБА (прядильное, крутильное, ткацкое, приготовительно-прядильное, предпрядильное, обувное, кожевенное); среднешумные, с превышением норм до 10 дБА (приготовительно-ткацкое, отделочное, трикотажное, швейное, приготовительно-прядильное с новыми машинами); малошумные, без превышения санитарных норм и с незначительным их превышением (отделочное, приготовительно-ткацкое с новыми машинами, трикотажное м новыми машинами, швейное с оверлоками).

При анализе данных рис. 1 следует иметь в виду, что величины, соответствующие средним значениям уровней спектральных полей шумовых режимов и ниже, относятся к новому и модернизированному отечественному оборудованию, разработанному в последнее пятнадцатилетие и имеющему шумовые характеристики на 8-15 дБ ниже, чем выпущенные ранее. В настоящее время оборудование текстильной и легкой промышленности - высокошумное и среднешумное; свыше 50% установленного оборудования находится в эксплуатации более 20-25 лет.

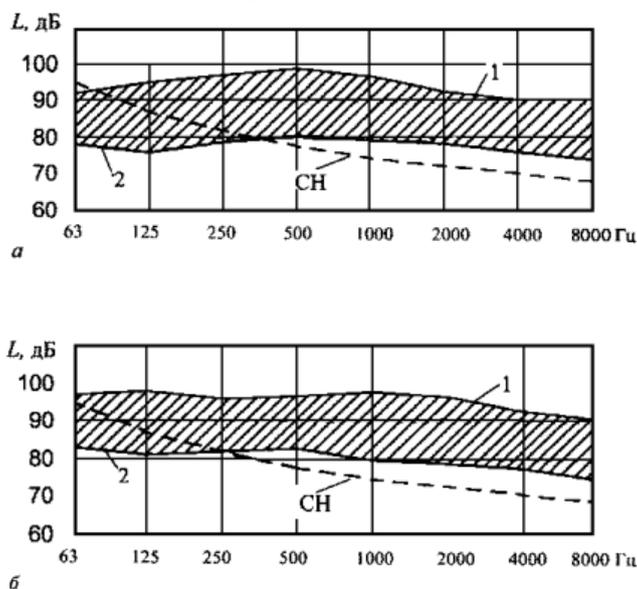


Рис. 1. Обобщенные диаграммы шумового режима основных производств:  
*а - прядильное и крутильное; б - ткацкое*

Современные машины и оборудование ведущих зарубежных фирм за счет использования высоких технологий и различных методов шумозащиты в основном обеспечивают требования норм или превышают их в пределах 5-7 дБА. Установка в цехах новейших типов машин решает проблему шума или переводит их в более низкий класс шумности.

Санитарные нормы из условий безопасности определяют допустимые уровни звукового давления (УЗД) на рабочих местах в цехе при работе всех машин, независимо от их типа и технологических режимов. При этом шум в значительной мере зависит от акустических характеристик производственных помещений (отраженный звук).

Для контроля шумовых характеристик машин в условиях их производства и эксплуатации, а также для определения технического уровня и использования при работах по их шумозащите устанавливаются технические нормы шума для конкретных типов машин. Эти характеристики учитывают только прямое шумоизлучение машины.

Характеристики, регламентируемые техническими нормами из условия обеспечения требований санитарных норм для данного вида оборудования при типовой установке и эксплуатации, называются предельно допустимыми шумовыми характеристиками (ПДШХ). Основной нормативной характеристикой является предельно допустимый уровень звуковой мощности. ПДШХ определяются для отдельных типов машин с учетом конкретных условий их эксплуатации по стандартам, где установлены нормативные параметры и методы их определения для стационарных машин.

Для целей акустического проектирования машин и предварительной оценки соответствия их шумовых характеристик требованиям санитарных норм целесообразно использовать обобщенные ПДШХ, которые задают предельно допустимые характеристики для близких по типу машин, объединенных в группы с учетом характерной плотности их установки и условий эксплуатации. Такой метод технического нормирования был разработан впервые в мировой практике для машин и оборудования текстильной и легкой промышленности и принят в свое время за основу международного стандарта СТ СЭВ 400-76 [3].

В качестве нормативных принимаются следующие характеристики:

- допустимый скорректированный уровень звуковой мощности (УЗМ) машины  $[L_{PA}]$  в дБА;
  - допустимые УЗМ машины в октавных полосах частот  $[L_P]$  в дБ;
  - допустимый уровень звука на расстоянии 1 м от контура машины  $[L_{d1A}]$  в дБА;
  - допустимый эквивалентный уровень звука  $[L_A]$  в контрольных точках (на рабочем месте) в дБА.
- Характеристика  $[L_{PA}]$  является основной, а характеристики  $[L_{d1A}]$  и  $[L_A]$  назначаются для машин с колеблющимся во времени и импульсным шумом.

Величины обобщенных ПДШХ находятся из уравнения [4]:

$$[L_{PA}] = 80 + \tilde{X} + \tilde{Y}, \quad [L_P] = [L] + \tilde{X} + \tilde{Y}, \quad [L_{d1A}] = [L_{PA}] - 10 \lg(\tilde{S} / S_0),$$

где  $\tilde{X}, \tilde{Y}$  - средние значения параметра плотности установки машин X и параметра одновременности работы машин в цехе Y для рассматриваемой группы машин,  $\tilde{S}$  - средняя площадь измерительной поверхности для машин группы,  $S_0 = 1 \text{ м}^2$  - базовое значение площади для расчета в дБ.

Таблица 1

Обобщенные ПДШХ для основных типов текстильных машин

Виды машин и коэффициент использования $K_m$	Габариты $l_1; l_2; l_3$ , м	Плотность установки $q$ , шт/м <sup>2</sup>	$[L_{PA}]$ , дБА	$[L_P]$ , дБ в октавных полосах в Гц							
				63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Ткацкие станки $K_m = 0,8-0,9$	2,0 - 3,2 1,0 - 2,0 1,0 - 1,9	0,10 – 0,15	84	99	91	86	82	79	77	75	72
	3,2 - 5,2 1,0 - 3,5 1,2 - 1,8	0,03 – 0,10	90	105	97	92	88	85	83	81	79
Прядильные и крутильные машины $K_m = 0,9-1,0$	10 - 20 0,6 - 1,3 1,6 - 2,4	0,01 – 0,04	90	105	97	92	88	85	83	81	79
Ленточные машины $K_m = 0,9-1,0$	1,4 - 3,2 1,2 - 7,6 1,5 - 1,8	0,06 – 0,08	85	100	92	87	83	80	78	76	73
Трикотажные кругловязальные $K_m = 0,9-1,0$	0,5 - 1,6 0,6 1,2 - 1,3	0,29 – 0,34	80	95	87	82	78	75	73	71	69
Промышленные швейные машины $K_m = 0,15-0,4$	0,9 - 1,1 0,5 - 0,6 0,8	0,20 – 0,40	82	97	89	84	80	77	75	73	70

В табл. 1 приведены обобщенные ПДШХ для основных типов текстильных машин.

Технические нормы шума установлены для групп машин, сформированных по технологическим признакам. Исходным является выбор диапазона изменения габаритных размеров, плотности установки и коэффициента использования машин для группы, который обеспечивает колебания расчетных параметров относительно  $[L_{PA}]$  и  $[L_P]$  в пределах  $\pm 1$  дБ. В связи с этим ткацкие станки независимо от типа разделены по размерам и плотности установки на две группы, а прядильные и крутильные объединены в одну группу. Остальные машины составили по одной группе в пределах своих типоразмеров.

Методика оценки шумовых характеристик технологических машин в производственных цехах [5,7] основана на диффузионно-энергетической теории распространения вибрации по конструкции машины и в производственном помещении. Полученное соотношение для уровней звукового давления на рабочих местах в цехе позволяет оценить эффективность облицовки и штучных звукопоглотителей (например, кулисного типа, развешиваемых под потолком или непосредственно над машинами) в цехах, которая с учетом поглощения и рассеяния шума оборудования и кулисами может быть

рассчитана по уравнению  $\Delta L_{3П} = 10 \lg \frac{\alpha_1^* + k \alpha_2^*}{\alpha_1 + k \alpha_2}$ , где  $\alpha_1$  и  $\alpha_1^*$  - средние значения коэффициентов

звукопоглощения (КЗП) ограждений цеха в расчетном частотном диапазоне до и после установки облицовки;  $\alpha_2, k$  и  $\alpha_2^*, k^*$  - соответствующие средние значения КЗП оборудования и относительной

плотности тел рассеяния до и после установки кулис (в последнем случае  $\alpha_2^*$  есть средний КЗП для оборудования и кулис).

При применении звукопоглощающей облицовки в данном уравнении изменяется коэффициент  $\alpha_1$ , а при установке кулис - коэффициенты  $\alpha_2$  и  $k$ . Расчеты показывают, что установка звукопоглощающих облицовок и кулис в основных цехах предприятий текстильной и легкой промышленности обеспечивает снижение уровней шума на рабочих местах на 3-8 дБ во всем звуковом диапазоне, что хорошо согласуется с данными многих экспериментов [1].

Расчет шумового режима в производственных помещениях предприятий проводится по уравнению [6]:

$$L = L_P - X - Y, \quad (1)$$

в котором  $X = -10 \lg [2qS_0 / (\beta_1 + 2k\beta_2)]$ ,  $Y = -10 \lg K_M$ ,  $L_P$  - уровень звуковой мощности (УЗМ) машины, дБ;  $X$  - параметр плотности установки машин, дБ;  $Y$  - параметр одновременности работы машин в цехе, дБ,  $S_0 = 1 \text{ м}^2$ ;  $q = m/S_n$  - плотность установки машин, шт/м<sup>2</sup>;  $m$  - количество машин,  $S_n$  - поверхность пола,  $k = \sum_{i=1}^m S_i / S'$  - относительная плотность тел рассеяния в поперечном сечении цеха

для  $m_i$  машин с площадью поперечного сечения  $S_i$  при площади поперечного сечения цеха  $S'$ ;  $\beta_1$  и  $\beta_2$  - средние значения КЗП ограждений цеха и машин;  $K_M$  - коэффициент одновременности работы машин. В данном случае расчет возможен при известном значении скорректированного УЗМ  $L_{PA}$  для данного типа машин. В случае, если эта величина не известна вообще или известна для иного скоростного режима эксплуатации, скорректированный УЗМ  $L_{PA}$  для машины определяется по эмпирической формуле

$$L_{PA} = L_{PA_0} + A \lg \frac{n}{n_0} + B \frac{l_1 l_2 l_3}{l_{10} l_{20} l_{30}}, \quad (2)$$

где  $n$  - частота вращения главного вала машины;  $l_1, l_2, l_3$  - габаритные размеры машины; индекс 0 выделяет параметры прототипа. Значения расчетных параметров прототипа принимаются по табл. 2, составленной на основе усреднения результатов массовых измерений шумовых характеристик машин текстильной и легкой промышленности (в таблице приведены данные для ряда основных типов машин). Если отличие от прототипа только в скорости, последнее слагаемое в уравнении (2) не учитывается.

Таблица 2

Технические и акустические характеристики машин

Тип машины	Частота вращения $n_0$ в мин <sup>-1</sup>	Габариты $l_{10} \times l_{20} \times l_{30}$ , м	$L_{PA_0}$ , дБА	$A$	$B$
Ткацкие микрочелночные	235	3,6×1,8×1,1	104	10	4
Прядильные и крутильные	10000	10×0,9×2,0	103	20	7
Ленточные гребенные для шерсти и синтетики	1250	1,6×1,3×1,5	100	56	-
Основовязальные плоские	1000	3,3×1,3×2,0	96	40	-
Швейные промышленные челночного стежка	5000	1,0×0,6×0,8	90	10	-

Расчеты уровней звука на рабочих местах в цехах предприятий текстильной и легкой промышленности, выполненные как для плоских, так и для соразмерных помещений, подтвердили высокую точность разработанной методики - при доверительной вероятности отклонения от измеренных значений уровней звука не превосходят 1,2 дБА. Полученные по описанной методике расчетные значения уровней звука на рабочих местах позволяют объективно оценить шумовые характеристики

машин применительно к конкретным условиям эксплуатации и осуществлять альтернативный выбор отраслевого оборудования с учетом лимитирующего экологического фактора.

При разработке комплекса мероприятий по шумозащите расчетные значения уровней звука  $L$  по зависимости (1) следует увеличить на 3 дБА с учетом установленного акустического допуска для машин отрасли, найденного в результате статистической обработки результатов массовых измерений шумовых характеристик и оценивающего возможный разброс уровней звуковой мощности машин в процессе их производства, обусловленный современным уровнем машиностроения.

С целью рационального выбора наиболее эффективного варианта шумоглушения с учетом экономических факторов необходима разработка методик определения экономической эффективности использования нового оборудования с улучшенными шумовыми характеристиками [4]. В результате исследований, выполненных для различных отраслей промышленности, установлено значительное влияние производственного шума на работоспособность. Шум вызывает утомление, ухудшает внимание, отражается на скорости двигательных реакций и координации движений, что в конечном итоге приводит к снижению производительности труда, а также уменьшению сопротивляемости простудным и другим заболеваниям. Интенсивность отрицательного воздействия на человека определяется уровнем шума, его спектральным составом, длительностью действия [2].

На основании обобщения результатов исследований, проведенных на ряде предприятий, установлено, что снижение уровней шума на 1 дБА при выполнении операций, требующих сосредоточения внимания, приводит к повышению производительности труда до 1%. Для производственных процессов в текстильной и легкой промышленности с достаточным запасом можно принять, что снижение уровней на 1 дБА в интервале превышения санитарных норм (80 дБА) приводит к сокращению затрат труда на выполнение ручных операций 0,45%, в более низком интервале сокращение составляет 0,3%. Такое же влияние оказывает снижение уровней шума на производительность труда рабочих всех профессий, находящихся в зоне повышенного шума. На работах, требующих повышенного внимания, увеличение уровня шума с 70 до 90 дБ приводит к снижению производительности на 20%. Снижение шума на 10 дБ в производствах текстильной и легкой промышленности приводит к повышению производительности труда в среднем на 5%, а на работах, требующих повышенного внимания, до 10% [1].

Изменение уровней производственного шума оказывает влияние на коэффициент полезного времени работы оборудования (при этом простои оборудования связаны с выполнением рабочих операций, дополняющих работу машин) и на производительность труда рабочих в цехах, где установлено оборудование. Коэффициент сокращения трудоемкости в результате снижения уровней звукового давления на рабочих местах определяется по формуле  $k_{тр} = \gamma(L_1 - L_2)/100$ , где  $\gamma$  - сокращение трудозатрат при снижении уровня звука на 1 дБА, %;  $L_1$  - уровень звука на рабочих местах, оснащенных базовым оборудованием, дБА;  $L_2$  - уровень звука на рабочих местах, оснащенных новыми машинами, дБА. Производительность труда за счет сокращения трудозатрат повышается на величину  $\beta$ , определяемую из уравнения  $\beta = 1/(1 - k_{тр})$ . Снижение трудоемкости изготовления продукции вследствие снижения шума позволяет получить экономию заработной платы основных и вспомогательных рабочих, условия работы которых изменились в результате снижения шума.

Как показывают расчеты, при установке звукопоглощающей облицовки в цехе экономический эффект от снижения шума в производствах отрасли превосходит в 1,5 - 2 раза затраты на шумозащиту. Таким образом, проведение строительно-архитектурных мероприятий по снижению шума в промышленности при сроке окупаемости в 3 - 5 лет экономически целесообразно.

Вместе с тем проблемы шума машин, как и другие экологические проблемы современной техногенной цивилизации, является не столько техническими, сколько нравственными и геополитическими [10]. Найденные научно-технические решения и накопленный практический опыт в области шумозащиты позволяют решить любую конкретную задачу и сделать любое производство малозумным. Другое дело, что при отсутствии экологической ориентации структуры управления техносферы и общества в целом, приоритете узко экономической целесообразности технических решений перед экологической, при распределении имеющихся ресурсов для реализации соответствующих проектов недостает материальных средств.

Литература.

1. Поболь О.Н. Основы акустической экологии и шумозащита машин. М.: ЗАО «Информ-Знание», 2002. - 272 с.

2. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Проблемы управления шумовым режимом в цехах и оценивание шумовых характеристик текстильных машин // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. - СПб.: Изд-во РГГМУ, 2006. - С.75-76.
3. Поболь О.Н. Определение уровней звуковой мощности машин в условиях эксплуатации // Измерительная техника. - 1983. - № 10. - С.71-73.
4. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Управление шумовым режимом в производственных цехах // Экология и жизнь. - Пенза: Приволжский Дом знаний, 2005. - С.148-151.
5. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Оценка шумовых характеристик машин в цеховых условиях (на примере текстильной и легкой промышленности) // Вестник научно-технического развития. - № 12(40). - 2010. - С.12-20.
6. Поболь О.Н., Сулов Г.В., Фирсов Г.И. Проблемы акустического проектирования и конструктивно-технологические методы снижения акустической активности машин текстильной и легкой промышленности // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения. Сборник трудов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - С.157-162.
7. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Проблемы и методы оценки шумовых характеристик машин в цеховых условиях // Актуальные проблемы современного машиностроения. Сборник трудов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 427-432.
8. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Уточненный метод оценки виброакустического поля в цехах при модернизации производства // Инновационные технологии и экономика в машиностроении. Сборник трудов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. С. 380-384.
9. Madbuhі N.H. Noise exposure as related to productivity, disciplinary actions, absenteeism and accidents among textile workers // Journal of Sound and Vibration. - 1978. - Vol. 60, No.3. - P.313-318.
10. Поболь О.Н., Фирсов Г.И. Экология и техносфера: проблемы и перспективы. I. // Современные проблемы науки и образования. - 2006. - № 6. - С.74-75.

#### **УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ВИНОГРАДА С ЦЕЛЮ СОЗДАНИЯ СРЕДСТВ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ**

*В.И. Воробьева, к.т.н, ст.преп., Ю.Ф. Фатеев, к.х.н. доц., И.Н. Трус, к.т.н., ст. преп.*

*Национальный технический университет Украины*

*«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

*03056, г. Киев, Украина, пр. Победы 37, копр.4*

*E-mail: inna.trus.m@gmail.com*

Аннотация Использование летучих ингибиторов является наиболее эффективным и технологическим методом защиты от атмосферной коррозии (АК) оборудования, которое является сложным по конфигурации. Несмотря на широкий ассортимент летучих ингибиторов атмосферной коррозии (ЛИАК), их состав не всегда соответствует условиями экологической безопасности их использования, поэтому разработка и поиск безопасного ЛИАК на основе сырья растительного происхождения является весьма актуальным. Показано, что изопропанольный экстракт летучих соединений продуктов переработки винограда - гребни винограда в условиях периодической конденсации влаги обеспечивает эффективную защиту углеродистой стали 3 от атмосферной коррозии в качестве летучего ингибитора. Изучена, природа образования защитных пленок на поверхности стали, механизм действия этих пленок на процесс торможения скорости коррозии стали.

Abstract The use of volatile inhibitors is the most effective and technological method of protection against atmospheric corrosion (AC) of the equipment which is complex in configuration and different in metals composition and size. Despite the long list of volatile inhibitors of atmospheric corrosion (VIAC), their composition is not always consistent with the security conditions of their use, therefore, the development and the search for environmentally safe VIAC on the basis of non-toxic vegetable origin is an urgent problem. In the previous work it was shown that the isopropanolic extract of volatile compounds of the grapes crest in the conditions of periodic moisture condensation provided effective protection of carbon Steel 3 from atmospheric corrosion. It addition to it, the nature of formation of protective films on the steel surface, the mechanism of action of these films on the process of inhibition of the steel corrosion rate and on the private electrode reactions have not been studied.