

УДК 622.878

Б.А. ГУЗЬ, канд. техн. наук, доц., С.И. НЕЙМИРКО, ассистент
Криворожский национальный университет

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПЕРЕНОСНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПЕРФОРАТОРОВ ПРИ УЧЕТЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВИБРАЦИОННОЙ И ШУМОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

С использованием общих методов квалитметрии разработана методика оценки технического уровня и качества переносных пневматических перфораторов при улучшении вибрационных и шумовых характеристик изделий. Приведены результаты такой оценки.

Ключевые слова: перфораторы переносные пневматические, показатели качества, вибрационные и шумовые характеристики

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Технический уровень переносных пневматических перфораторов определяется совокупностью показателей, в состав которых входят показатели вибробезопасности и шумобезопасности, которые задаются через технические характеристики вибрации и шума, устанавливаемые в государственных стандартах и технических условиях. Несоответствие данных показателей нормативным требованиям обуславливает необходимость проведения работ по их улучшению.

Анализ исследований и публикаций. Информацию об уровнях вибрации и шума переносных перфораторов дают вибрационные и шумовые характеристики, которые определяются стандартными методами. Указанные характеристики установлены в настоящее время стандартом Российской Федерации: ГОСТ Р 51246-99. "Перфораторы пневматические переносные. Технические требования и методы испытаний". Ранее данные характеристики устанавливались стандартом СССР: ГОСТ 10750-80. "Перфораторы пневматические переносные. Технические условия".

ГОСТ Р 51246-99 устанавливает величины вибрационной характеристики в уровнях виброскорости в месте постоянного контакта руки оператора с рукояткой виброгасящего устройства перфоратора, которые не должны превышать 117 дБ в октавных полосах частот 8-1000 Гц. Вибрационная характеристика изделия превышает предельно допустимую, поскольку при такой величине уровня виброскорости допустимое время эксплуатации перфоратора составляет 76 мин при фактическом времени эксплуатации до четырех часов в смену.

Шумовые характеристики перфораторов по ГОСТ Р 51246-99 и ГОСТ 10750-80 приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни допустимой звуковой мощности и уровня звука перфораторов		Уровень звуковой мощности, дБ, в среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								Уровень звука, дБ А
Стандарт	Тип перфоратора	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ГОСТ Р 51246-99	Все типы	106	108	109	111	108	109	112	111	109
ГОСТ 10750-80	ПП36	110	112	113	115	112	113	116	115	111
	ПП50									111
	ПП54									112
	ПП63									113

Отличия в уровнях звука перфораторов по новому и старому стандартам обусловлены только изменением метода определения шумовых характеристик: в новом стандарте измерения проводятся с применением имитатора нагрузки, т.е. без буровой штанги. Применение такого метода испытаний обосновывают особенностью производства данного типа горной машины, поскольку с формальных позиций буровая штанга является отдельным изделием, изготавливаемым на предприятии-потребителе. Данный подход позволил производителям перфораторов формально снизить уровень звука изделий на 2-4 дБ А, что не изменило фактические величины уровней звука перфораторов при бурении. Поэтому уровни звука перфораторов по ГОСТ 10750-80 являются более объективными величинами, которые и следует использовать при оценке показателей технического уровня и качества изделий. Величины уровней звука по ука-

занному стандарту в среднем соответствуют действующим величинам уровней звука переносных пневматических перфораторов в условиях эксплуатации.

Шумовые характеристики перфораторов должны соответствовать предельно допустимым шумовым характеристикам, которые устанавливаются, исходя из требований обеспечения на рабочих местах допустимых уровней шума в соответствии с нормативной величиной эквивалентного уровня звука 80 дБ А без применения средств индивидуальной защиты. Для перфораторов превышения допустимых уровней шума составляют 25-29 дБ А.

Таким образом, вибрационные и шумовые характеристики переносных перфораторов не соответствуют нормативным значениям, согласно действующим стандартам они являются временными, технически достижимыми характеристиками, что требует проведения работ по их улучшению.

Оценить эффективность мероприятий по улучшению вибрационных и шумовых характеристик перфораторов можно общими методами квалитметрии, применяемыми для количественной оценки качества продукции. Для оценки уровня качества используются дифференциальный, комплексный и смешанный методы, а определение значений показателей качества проводится измерительным, регистрационным, расчетным и органолептическим методами [1]. Методика и результаты оценки уровней качества горных машин расчетным методом приведена в работе [2]. В этом методе параметры весомости показателей назначения, надежности и эргономических показателей определялись методом эквивалентных соотношений, исходя из критерия увеличения выработки на горную машину на 1%, а для нахождения параметров весомости показателей экономного использования материалов и энергии использовался метод стоимостных регрессивных зависимостей.

Постановка задачи. Необходимой составляющей работ по улучшению вибрационных и шумовых характеристик перфораторов является количественная оценка комплексного показателя их технического уровня и качества при реализации мероприятий по снижению вибрации и шума. Точность такой оценки определяет и принятие решений по целесообразности реализации средств и методов снижения вибрации и шума изделий.

Изложение материала и результаты. Оценку основных составляющих технического уровня перфораторов одним показателем обеспечивает комплексный метод. С этой целью применяется средний взвешенный арифметический показатель [3], определяемый по формуле

$$U = \sum_{i=1}^n m_i K_i,$$

где K_i - относительный i -й показатель качества продукции; m_i - коэффициент весомости i -го показателя; n - число показателей.

Входящая в приведенное выражение величина K_i определяется по формулам: $K_i = \Pi_i / \Pi_{i0}$; $K_i = \Pi_{i0} / \Pi_i$, где Π_i - значение i -го показателя качества продукции, а Π_{i0} - значение i -го базового показателя.

Коэффициенты весомости находятся по формуле [4]

$$m_i = M_i / \sum_{i=1}^n M_i, \quad (1)$$

где M_i - параметры весомости.

Параметры весомости определяются из выражения

$$M_i = \frac{\lg(1 + \Delta \xi_i / \xi_i)}{\lg(1 + \Delta \Pi_i / \Pi_i)},$$

где ξ_i и $\Delta \xi_i$ - величина количества продукции и ее изменение; $\Delta \Pi_i$ - величина соответствующего показателя качества и его изменение.

В работе [2] параметры весомости показателей назначения находились из соотношения между сменной нормой выработки на горную машину и показателем назначения, расчет этого параметра для скорости бурения переносным перфоратором выполнялся согласно методике, приведенной в [4]. Оценка параметров весомости эргономических показателей (вибрационных и шумовых характеристик) также проводилась по величине изменения показателя назначения.

Для этого уровни виброскорости и звука выражались через допустимое время работы перфоратора в соответствии с санитарными нормами, которое включалось в зависимость для сменной нормы выработки, а затем использовалось соотношение между сменной нормой выра-

ботки и допустимым временем работы. При такой оценке приведенная в [4] формула для сменной нормы выработки была преобразована к виду [2]

$$H_{\epsilon} = \frac{T_{\text{дон}}^{\text{см}} l \eta_u}{(1/v_{\epsilon} + T_{\delta}) \ln k_{np} k_o + T_{\text{пз.з}}} \text{ м},$$

где $T_{\text{дон}}^{\text{см}}$ - допустимое по санитарным нормам время на бурение и забуривание в смену, мин; l - глубина шпуров, м; η_u - коэффициент использования шпуров; v_{ϵ} - средняя скорость бурения шпура, м/мин; T_{δ} - суммарный норматив времени на вспомогательные операции по бурению 1 м шпура, мин; n - число шпуров в забое; k_{np} - коэффициент перебура шпуров; k_o - коэффициент, учитывающий тип подающего устройства; $T_{\text{пз.з}}$ - продолжительность подготовительно-заключительных операций на цикл бурения в забое, мин.

Величина $T_{\text{дон}}^{\text{см}}$ находилась из выражения: $T_{\text{дон}}^{\text{см}} = T_{\text{дон}} / \psi_{\epsilon}$, где ψ_{ϵ} - относительная доля затрат времени на бурение и забуривание в суммарном времени на выполнение всех операций при продвижении забоя [2].

Допустимое время работы перфоратора в пересчете на 8-часовую смену при воздействии вибрации определяется при допустимой величине уровня виброскорости на виброзащитном устройстве 109 дБ, соответствующей санитарной норме для октавной полосы 31,5 Гц, которая является определяющей при работе переносных перфораторов

$$T_{\text{дон}} = 480 / 10^{0,1(L_v - 109)} \text{ мин},$$

где L_v - действующее значение уровня виброскорости на виброзащитном устройстве.

Для шума допустимое время работы в пересчете на 8-часовую смену при допустимой величине уровня звука 80 дБ А определяется по формуле

$$T_{\text{дон}} = 480 / 10^{0,1(L_A - 80)} \text{ мин},$$

где L_A - уровень звука на рабочем месте при работе перфоратора, дБ А.

Согласно результатам вычислений по формуле (2) величины параметров весомости показателей вибрационной и шумовой безопасности не зависят от исходного уровня виброскорости или уровня звука базового образца. В общем случае это справедливо, если на изменение рассматриваемых показателей не накладывается каких-либо ограничений. Однако уровни виброскорости и звука ограничены как по максимальной величине, так и нормативными значениями, по достижению которых эти показатели не должны входить в состав оцениваемых показателей технического уровня и качества продукции. При учете этих ограничений по мере приближения показателей базового образца к нормативным значениям величина параметров весомости должна уменьшаться.

Поэтому в методику определения параметров весомости согласно [2] были внесены изменения, суть которых сводится к нахождению максимальных величин параметров для гранично-допустимых уровней виброскорости и звука, а при соответствии уровней базового образца нормативным требованиям параметры весомости равняются нулю. При этом принимается, что параметры весомости изменяются в данном диапазоне граничных величин по линейной зависимости.

Тогда параметры весомости M_{ϵ} и M_u вибрационных и шумовых характеристик определяются линейной интерполяцией

$$M_{\epsilon} = M_{\epsilon}^{\text{max}} (L_v - 109) / (L_v^{\text{max}} - 109); M_u = M_u^{\text{max}} (L_A - 80) / (L_A^{\text{max}} - 80), \quad (2)$$

где L_v^{max} и L_A^{max} - максимальные уровни виброскорости и звука при работе машины, дБ и дБ А, а $M_{\epsilon}^{\text{max}}$ и M_u^{max} - параметры весомости, соответствующие максимальным уровням L_v^{max} и L_A^{max} .

Максимальные значения параметров $M_{\epsilon}^{\text{max}}$ и M_u^{max} определяются согласно [2]. Максимальный уровень виброскорости L_v^{max} для локальной вибрации установлен санитарными нормами: величины виброскорости могут превышать нормативные значения не более чем в 4 раза, а при больших превышениях эксплуатация машины запрещается. Для октавной полосы с частотой 31,5 Гц это соответствует уровню виброскорости 121 дБ.

Для шума максимальная величина уровня звука принята равной 120 дБ А, что соответствует нижней границе слухового порога болевого ощущения [5].

Расчет параметров весомости для перфоратора ПП50В1 проводился с учетом указанных

максимальных значений уровней шума и вибрации. Согласно результатам проведенной оценки, величины параметров M_e^{\max} и M_{ui}^{\max} близки к единице.

При нахождении параметров весомости по формулам (2) определяемые величины существенно зависят от выбора исходных величин уровней L_v и L_A . Для перфоратора ПП50В1 величина L_v принималась равной 115 дБ, что соответствует превышению допустимых величин виброскорости на частоте 31,5 Гц в два раза, имеющему место при забурировании и бурении по твердым породам. В этом случае величина параметра: $M_e=0,42$. Для вибрационной характеристики перфоратора по ГОСТ Р 51246-99 (117 дБ) величина параметра составляет 0,67.

Еще более существенное увеличение параметра весомости будет иметь место, если в качестве базы сравнения выбрать перфоратор УТ28 китайского производства, оснащенный рукояткой, жестко соединенной с корпусом. Уровни виброскорости на корпусе близкого по конструкции перфоратора ПР25МВ, выпускавшегося в СССР в 60-х годах прошлого века, превышали санитарную норму в 10 раз (129 дБ) [6]. По приведенной методике указанную величину уровня нельзя использовать для оценки параметра весомости, такое изделие запрещено к эксплуатации согласно требованиям санитарных норм. Однако если принять, что величина $L_v^{\max} = L_v$, то параметр весомости $M_e=1$.

Величина параметра весомости M_{ui} составила 0,775 при исходном уровне звука базового образца 111 дБ А согласно табл. 1. Такая величина уровня звука имеет место при бурении шпуров в горных выработках большого сечения, но в выработках малого сечения уровень звука может возрасти до 114 дБ А. При такой величине уровня звука параметр весомости $M_{ui}=0,85$.

Из изложенного следует, что оценка технического уровня и качества переносных пневматических перфораторов требует тщательного подбора исходных данных, как при выборе базовых образцов, так и при установлении величин показателей, используемых в расчетах.

Остальные величины параметров весомости приведены в работе [2]. Результаты расчета коэффициентов весомости по формуле (1) сведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты весомости показателей технического уровня перфоратора ПП50В1

Категория показателей	Наименование	Величина коэффициента
назначение	скорость бурения	0,24
надежность	80%-ный установленный ресурс	0,29
экономное использование материалов и энергии	масса	0,105
	расход воздуха	0,025
эргономические	уровни звуковой мощности	0,22
	логарифмический уровень виброскорости	0,12

Оценка улучшения комплексного показателя технического уровня и качества при снижении вибрации и шума осуществляется по величине прироста соответствующих показателей. Формула для нахождения прироста показателя при снижении шума приведена в работе [2]. Для вибрации соответствующая формула имеет вид

$$\Delta U_e = m_e \frac{T_{\text{дон}} - T_{\text{дон}}^{\delta}}{T_{\text{раб}} - T_{\text{дон}}^{\delta}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где m_e - коэффициент весомости для вибрации; $T_{\text{дон}}$ и $T_{\text{дон}}^{\delta}$ - допустимое время работы перфоратора в смену при воздействии вибрации для нового и базового образца, мин; $T_{\text{раб}}$ - фактическое время работы в смену, мин.

Если найденная величина $T_{\text{дон}} > T_{\text{раб}}$, то в формулу (3) подставляется величина $T_{\text{дон}} = T_{\text{раб}}$.

Анализ зависимости прироста показателя шума ΔU_{ui} от уровня звука перфораторов приведен в работе [2]. Прирост показателя возрастает при уменьшении времени работы перфоратора в смену и при снижении исходного уровня звука базового образца. Зависимость величины ΔU_{ui} от уровня звука L_A является существенно нелинейной, а максимальный рост показателя достигается при снижении шума до нормативных требований.

Зависимость величины прироста показателя вибрации ΔU_e от уровня виброскорости L_v на рукоятке перфоратора ПП50В1 для времени работы 240 мин в смену показана на рис. 1.

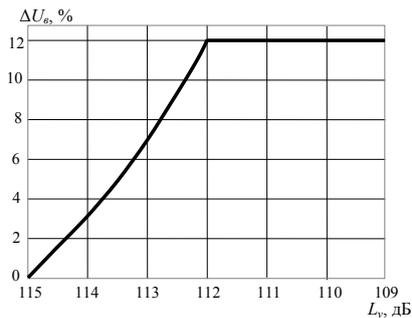


Рис. 1. Изменение комплексного показателя технического уровня перфоратора ПП50В1 при снижении вибрации

Приведенная зависимость также является нелинейной, поскольку входящие в (3) величины $T_{дон}$ и $T_{дон}^{\delta}$ определяются по формуле, содержащей степенную функцию, однако нелинейность кривой незначительна ввиду достаточно большого значения времени $T_{дон}^{\delta}$, составляющего 120 мин.

При снижении уровня виброшвидкости от 115 до 114 дБ прирост показателя составляет 3,1%, а от 113 до 112 дБ – 4,9%. Максимальный рост показателя (на 12%) достигается при снижении уровня виброшвидкости до нормативных требований по эквивалентной величине (112 дБ).

Переносной перфоратор ПП50В1, для которого проведена оценка показателя технического уровня, оснащен лучшим в настоящее время по эффективности виброзащитным устройством ПП50В1.340. При выборе в качестве базового образца других конструкций перфораторов рост показателя вибробезопасности будет более существенным. При снижении уровня виброшвидкости на рукоятке со 117 дБ (вибрационная характеристика по ГОСТ Р 51246-99) до нормативных требований рост показателя составит 18%, а для китайского перфоратора УТ28 максимально возможное улучшение показателя равняется 25%.

В практике конструирования переносных пневматических перфораторов принято, что минимальное увеличение скорости бурения, при котором целесообразно проводить модернизацию изделия, составляет не менее 20%. По приведенной методике оценки комплексного показателя технического уровня это соответствует приросту показателя скорости бурения на 4,8%.

Такая же величина прироста показателей обеспечивается при снижении уровня виброшвидкости на виброзащитном устройстве на 1,5 дБ, что вполне осуществимо. Согласно данным работы [7], применение модернизированного виброзащитного устройства на базе рукоятки ПП50В1.340 с дополнительным динамическим виброгасителем может обеспечить снижение уровней виброшвидкости до нормативных величин.

Технические возможности снижения шума перфораторов в настоящее время составляют 3-5 дБ А, что соответствует росту величины $\Delta U_{ш}$ на 0,1-0,2%, поэтому на данном этапе такие средства следует применять в сочетании с улучшением других составляющих комплексного показателя изделий. В последующем, при получении более существенных величин снижения шума, указанные средства могут применяться и самостоятельно.

Таким образом, разработанная методика оценки технического уровня и качества перфораторов позволяет определить вклад составляющих вибро- и шумобезопасности в комплексный показатель. Результаты выполненной оценки подтверждают необходимость и целесообразность проведения работ по улучшению вибрационных и шумовых характеристик изделий.

Увеличение комплексного показателя технического уровня и качества при снижении вибрации и шума является фактором повышения конкурентоспособности переносных пневматических перфораторов на мировых рынках сбыта в современных экономических условиях.

Список литературы

1. Прохоров Ю.К. Управление качеством: учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМ. – 2007. – 144 с.
2. Гузь Б.А. Повышение технического уровня и качества подземных горных машин при улучшении показателя шумобезопасности/ Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. пр. – Кривий Ріг: КНУ. – 2012. – Вип. 30. – С. 141-146.
3. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции: РД 50-149-79. – М.: Издательство стандартов. – 1979. – 124 с.
4. Справочник по техническому нормированию подземных горных работ шахт Криворожского бассейна / В.Н. Ладожинский, П.В. Саламатов, С.И. Прадюх и др. – М.: Недра. – 1974. – 344 с.
5. Физический энциклопедический словарь/ Гл. ред. А.М. Прохоров. Ред. коллегия Д.М. Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С. Боровик-Романов и др. – М.: Сов. энцикл. – 1983. – 928 с.
6. Животовский А.А., Афанасьев В.Д. Защита от вибраций и шума на предприятиях горнорудной промышленности. – М.: Недра. – 1982. – 183 с.
7. Неймирко С.И. Теоретическое исследование виброзащитного устройства переносного пневматического перфоратора на базе динамического гасителя колебаний/ Вісник Криворізького технічного університету: зб. наук. пр. – Кривий Ріг: КТУ. – 2010. – Вип. 25. – С. 179-182.

Рукопис подано до редакції 02.04.13