

обеспечивающих плоский прямой удар. Такими являются сопряжения втулка направляющая – поршень ударник и гранбукса - штанга. Для передачи телом перфоратора ударного импульса и повышения энергии удара, необходимо обеспечить минимальный зазор в подвижных соединениях не менее H/f , что обеспечит свободное прохождение ударного импульса по деталям и исключит появление перекосов.

В перфораторах ударно-поворотного действия каждая деталь передает импульс в направлении действия удара (продольная безвихревая волна) и перпендикулярно ей (поперечная сдвиговая волна сжатия). В зависимости от частоты и энергии генерируемых волн возникают деформации деталей в продольном и поперечном направлениях, которые изменяют во времени зазоры и натяги и значительно отличаются от посадок полученных при сборке. Поперечные волны деформаций и мгновенные изменения поперечных (диаметральных) размеров деталей под действием продольных волн вызывают соударение микронеровностей сопряженных поверхностей, что приводит к изменению мгновенных удельных давлений на фрикционном контакте. Уменьшенные посадки в сопряжениях приводят к микроударам (схватыванию) и образованию на поверхностях закаленных и отпущенных зон, которые выкрашиваются в процессе эксплуатации и снижают шероховатость поверхностей. Коэффициенты трения в соединениях перфораторов переменные, и величина их в 3-4 раза меньше, чем в машинах, не имеющих ударных нагрузок [2].

В результате ударного бурения образуется пыль и шлам, которые попадают в перфоратор через выхлопные отверстия и по зазорам между буром и гранбуксой, ускоряя абразивный износ деталей. Содержащаяся в горных породах и атмосфере влага ускоряет процесс коррозии металлов, в результате чего снижается механическая прочность машин, ускоряется процесс старения материалов.

Вследствие износа изменяется форма и размеры деталей, и их относительное расположение в машине. Это приводит к образованию недопустимых по величине зазоров, эксцентриситетов и перекосов. Изменение характера сопряжений вызывает дополнительные деформации деталей и снижает их усталостную прочность, которая приводит к появлению трещин, выкрашиванию и поломке. Таким образом, детали перфораторов работают в тяжелых условиях, подвержены циклическим знакопеременным нагрузкам, испытывают абразивный и коррозионный износы.

Выводы и направление дальнейших исследований. Вопросы повышения долговечности и качества перфораторов требуют решения ряда проблем от выбора современных прочных материалов и определения оптимальной точности сопряжений до разработки новых способов упрочнения и антикоррозионных покрытий деталей.

Сложность процессов, происходящих в машинах передающих ударный импульс, несовершенные методы расчетов точности сопряжений, неотработанные технологические процессы изготовления деталей, отсутствие наработок с использованием современных материалов и новых методов упрочнения поверхностного слоя деталей не обеспечивают высокое качество отечественной буровой техники. Сказанное обуславливает актуальность проведения дальнейших исследований в данном направлении.

Список литературы

1. **Бевагоен И.А., Бойко А.И.** Повышение точности и долговечности бурильных машин. – М.: Недра, 1986.-213с.
2. **Бевагоен И.А., Хуторной П.С.** Влияние зазора между поршнем и сопряженными с ним трущимися деталями на эксплуатационные характеристики перфораторов: Сб. научных трудов. – КГРИ: Горгостехиздат, 1961. – 237 с.
3. **Бевагоен И.А.** и др. Исследование точности изготовления и обоснование посадок для сопряжений перфораторов с целью повышения надёжности и долговечности. Отчёты по научно-исследовательской работе. – Кривой Рог: КГРИ, 1969. – 380 с.
4. **Артамонова Д.А.** Исследование точности сопряжений переносных перфораторов. Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Кривой Рог: КГРИ, 1995. – 110 с.

Рукопись поступила в редакцию 20.01.12

УДК 622.878

Б.А. ГУЗЬ, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ И КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ МАШИН ПРИ УЛУЧШЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЯ ШУМОБЕЗОПАСНОСТИ

С использованием общих методов квалиметрии разработана методика оценки технического уровня и качества подземных горных машин при улучшении шумовых характеристик изделий. Приведены результаты такой оценки для переносных пневматических перфораторов.

Ключевые слова: горные машины, показатели качества, шумовые характеристики.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Технический уровень подземных горных машин определяется совокупностью показателей, в состав которых входит показатель шумобезопасности, который задается через технические характеристики шума (шумовые характеристики), устанавливаемые в государственных стандартах и технических условиях на конкретные типы изделий. Несоответствие данного показателя нормативным требованиям обуславливает необходимость проведения работ по улучшению шумовых характеристик горных машин.

Анализ исследований и публикаций. Информацию об уровнях шума машин и оборудования в стандартах и технических условиях на изделия дают шумовые характеристики, которые определяются стандартными методами. Основными видами шумовых характеристик горных машин являются октавные уровни звуковой мощности и уровни звукового давления и звука в контрольных точках, одна из которых находится на рабочем месте оператора.

Виды шумовых характеристик основных типов горных машин, устанавливаемые государственными стандартами, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Шумовые характеристики подземных горных машин		
Тип оборудования	Вид шумовой характеристики	Нормативный документ
Перфораторы пневматические переносные	Уровни звуковой мощности в октавных полосах частот и уровень звука	ГОСТ Р 51246-99
Перфораторы пневматические колонковые	То же	ГОСТ Р 52443-2005
Установки бурильные шахтные	Уровни звукового давления в октавных полосах частот	ГОСТ 26699-98
Лебедки скреперные подземные	То же	ГОСТ 15035-80
Машины погрузочные шахтные	—“—”	ГОСТ 26917-2000

Шумовые характеристики горных машин должны соответствовать предельно допустимым шумовым характеристикам (ПДШХ), 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.

Практически на всех типах горных машин шумовые характеристики превышают ПДШХ. Наибольшие превышения имеют место при бурении шпуров пневматическими бурильными машинами. Для перфораторов и бурильных установок указанные превышения составляют 22-29 дБА. На пневматических станках глубокого бурения, погрузочных машинах непрерывного действия, скреперных лебедках большой мощности и других типах машин превышения ПДШХ достигают 16-19 дБА.

Несоответствие шумовых характеристик горных машин ПДШХ приводит к снижению производительности труда при их эксплуатации, что наносит ущерб экономике горных предприятий. По данным разных авторов обеспечение нормативных требований по шуму на рабочих местах дает увеличение производительности труда за смену до 30 % [1], а снижение шума на каждые 10 дБА обеспечивает уменьшение экономических затрат на устранение его негативного воздействия в размере около 7 % от годовой заработной платы на одного работающего [2].

Оценить эффективность мероприятий по улучшению шумовых характеристик горных машин 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, расчётным и органолептическим методами [3].

Постановка задачи. Необходимой составляющей работ по улучшению шумовых характеристик горных машин является количественная оценка комплексного показателя их технического уровня и качества при реализации мероприятий по снижению шума. Проведение такой оценки требует разработки методики расчета комплексного показателя для горных машин на основе общих методов количественной оценки качества продукции.

Изложение материала и результаты. Объединение в одном показателе результатов оценки основных составляющих технического уровня горных машин обеспечивает комплексный метод. С этой целью применен средний взвешенный арифметический показатель [4], который определяется формулой

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

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

$$K_i = P_i / P_{i0}; K_i = P_{i0} / P_i,$$

где P_i - значение i -го показателя качества продукции, а P_{i0} - значение i -го базового показателя.

Коэффициенты весомости находятся по формуле [4]

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

где M_i - параметры весомости.

Параметры весомости определяются из выражения

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

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

В общем случае показатели технического уровня выбираются из совокупности показателей, характеризующих важнейшие потребительские параметры изделий. Для подземных горных машин выбор показателей упрощается, поскольку они установлены нормативным документом [5]. Основными показателями технического уровня горных машин являются показатели назначения, надежности, экономного использования материалов и энергии и эргономические показатели.

Параметры весомости показателей технического уровня и качества можно найти расчетным методом [4]. Этот метод включает составляющие: метод стоимостных регрессивных зависимостей, метод предельных и номинальных величин, метод эквивалентных соотношений, экспертный метод.

Анализ указанных составляющих расчетного метода показал, что параметры весомости показателей назначения, надежности и эргономических показателей горных машин можно определить методом эквивалентных соотношений, исходя из критерия увеличения выработки на горную машину на 1 %, а для нахождения параметров весомости показателей экономного использования материалов и энергии целесообразно использовать метод стоимостных регрессивных зависимостей.

Параметры весомости показателей назначения находятся из соотношения между сменной нормой выработки на горную машину и показателем назначения, а для параметров надежности используется соотношение между годовым объемом работ и временем эксплуатации.

В состав эргономических показателей горных машин входят шумовые характеристики (показатель шумобезопасности) и вибрационные характеристики (показатель вибробезопасности). Согласно нормативному документу [4] в тех случаях, когда удастся определить зависимость между одним из основных показателей назначения изделия и эргономическими показателями, их оценка проводится по величине изменения показателя назначения.

Для этого уровни шума и величины виброскорости выражались через допустимое время работы горной машины в соответствии с санитарными нормами, которое включалось в зависимость для сменной нормы выработки, а затем использовалось соотношение между сменной нормой выработки и допустимым временем работы.

Для постоянного шума допустимое время работы в пересчете на восьмичасовую смену при допустимой величине уровня звука 80 дБА определяется по формуле, мин

$$T_{дон} = 480 / 10^{0,1(L_A - 80)}, \quad (2)$$

где L_A - уровень звука при работе машины, дБА.

Допустимое время работы в смену при воздействии вибрации определяется формулой, мин

$$T_{дон} = 480 (v_n / v_T)^2,$$

где v_n и v_T - соответственно нормативное и действующее значение вибрации.

Составляющая комплексного показателя технического уровня горной машины, обусловленная изменением показателя шумобезопасности, определяется допустимым временем работы в смену для базового и нового образца. При этом допустимое время работы для нового образца ограничивается предельной величиной, соответствующей санитарной норме, и не может превышать фактической величины времени работы в смену. При таком ограничении указанная составляющая определится выражением

$$U_{ш} = m_{ш} \left(1 + \frac{T_{доп} - T_{доп}^{\delta}}{T_{раб} - T_{доп}^{\delta}} \right), \quad (3)$$

где $T_{доп}$ и $T_{доп}^{\delta}$ - допустимое время работы машины в смену для нового и базового образца, мин;
 $T_{раб}$ - фактическое время работы в смену, мин.

Если при снижении шума найденная величина $T_{доп} > T_{раб}$, то в формулу (3) подставляется величина $T_{доп} = T_{раб}$.

Прирост величины показателя технического уровня при снижении шума определится из (3)

$$\Delta U_{ш} = m_{ш} \frac{T_{доп} - T_{доп}^{\delta}}{T_{раб} - T_{доп}^{\delta}} \cdot 100 \%. \quad (4)$$

Далее рассматривается нахождение комплексного показателя технического уровня горной машины на примере переносного пневматического перфоратора. В отраслевом нормативном документе [6] в качестве основных показателей технического уровня установлены энергия ударов и частота ударов (показатели назначения), 80%-ный установленный ресурс (показатель надежности), удельная масса и удельный расход воздуха (показатели экономного использования материалов и энергии), уровни звуковой мощности в октавных полосах частот и логарифмический уровень виброскорости (эргономические показатели).

Для оценки показателя назначения использовалось соотношение между сменной нормой выработки на перфоратор и скоростью бурения. С этой целью классификационные показатели энергии удара и частоты ударов заменялись на функциональный показатель скорости бурения.

Сменная норма выработки на бурение шпуров при прохождении горных выработок в метрах продвижения забоя определяется формулой, м [7]

$$H_{с} = \frac{(T_{см} - T_{н.з} - T_{л.н})l\eta_{ш}}{(T_{о} + T_{\delta})lnk_{np}k_{о} + T_{пз.з}}, \quad (5)$$

где $H_{с}$ - сменная норма выработки по рабочему процессу на одного рабочего; $T_{см}$ - установленная продолжительность рабочего дня, мин; $T_{н.з}$ - суммарный норматив времени на подготовительно-заключительные операции, которые относятся к смене, мин; $T_{л.н}$ - норматив времени на личные потребности, мин; $T_{о}$ - норматив времени на бурение 1 м шпура, мин; T_{δ} - суммарный норматив времени на вспомогательные операции по бурению 1 м шпура, мин; l - глубина шпуров, м; $\eta_{ш}$ - коэффициент использования шпуров; n - число шпуров в забое; k_{np} - коэффициент перебура шпуров; $k_{о}$ - коэффициент, учитывающий тип подающего устройства; $T_{пз.з}$ - продолжительность подготовительно-заключительных операций на цикл бурения в забое, мин.

Норматив времени на вспомогательные операции T_{δ} определяется формулой, мин/м

$$T_{\delta} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4,$$

где t_1 - время на замену коронок; t_2 - время на забуривание шпура; t_3 - время на переход к бурению следующего шпура; t_4 - время на продувку шпура.

Скорость бурения шпура переносным перфоратором определится выражением $v_{\delta} = 1/T_{о}$, где v_{δ} - средняя скорость бурения шпура, м/мин. Тогда формула (5) примет вид, м

$$H_{с} = \frac{(T_{см} - T_{н.з} - T_{л.н})l\eta_{ш}}{(1/v_{\delta} + T_{\delta})lnk_{np}k_{о} + T_{пз.з}}. \quad (6)$$

Вычисления параметра показателя скорости бурения выполнены для следующих параметров горной выработки: размер выработки 4,6-5,5 м; прочность пород по шкале М.М. Протодеяконова - 10-11. Скорость бурения в расчете $v_{\delta} = 0,11$ м/мин. Остальные величины, входящие в формулу (6), взяты из справочных данных [7].

Величина параметра весомости показателя назначения составила: $M_1 = 0,797$. Необходимо отметить, что параметр весомости показателя скорости бурения будет всегда меньше единицы, поскольку в формулу (6) входят затраты времени на вспомогательные операции, которые от скорости бурения не зависят.

Допустимое время работы перфоратора в смену $T_{доп}$, найденное по формуле (2), соответствует затратам времени на бурение и забуривание. Относительная доля указанных затрат времени $\psi_{с}$ в суммарном времени на выполнение всех операций при продвижении забоя найдется из знаменателя формулы (6). Тогда время на выполнение всех операций для найденной величины $T_{доп}$ составит: $T_{доп}^{с} = T_{доп} / \psi_{с}$. Формула (6) для нормы выработки примет вид, м

$$H_6 = \frac{T_{\text{дон}}^{\text{см}} l \eta_6}{(1/v_6 + T_0) \ln k_{\text{np}} k_o + T_{\text{пз.з}}} \quad (7)$$

Вычисленная с использованием приведенной формулы величина параметра весомости показателя шумобезопасности: $M_2 = 1$.

Величина параметра весомости показателя вибробезопасности определялась аналогично. Поскольку для вибрации допустимое время работы, как и для шума, определяется затратами времени на бурение и забуривание, то параметр весомости имеет ту же величину: $M_3 = 1$.

Для нахождения величины параметра весомости показателя надежности использовалось соотношение между годовым объемом работ и временем эксплуатации. При увеличении времени эксплуатации на 1 % годового объем работ возрастает на такую же величину, соответственно, параметр весомости: $M_4 = 1$.

Для показателей экономного использования материалов и энергии в целях исключения двойного учета показателей назначения удельная масса перфоратора и удельный расход воздуха, отнесенные к ударной мощности перфоратора, заменялись показателями массы и расхода воздуха. При нахождении величин параметров весомости методом стоимостных регрессивных зависимостей для показателя массы использовались соотношения между массой перфоратора и ценой изделия, а для показателя расхода воздуха - между расходом сжатого воздуха и годовыми эксплуатационными затратами. Определение параметров весомости методом стоимостных регрессивных зависимостей требует использования данных, для которых цена соответствует необходимым затратам на их производство и эксплуатацию [4]. Поэтому для определения параметров весомости использованы данные в уровнях цен 1990 г. Величины параметров весомости составили: масса перфоратора - $M_5 = 0,361$; расход воздуха - $M_6 = 0,086$.

Результаты расчета коэффициентов весомости приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициенты весомости показателей технического уровня перфораторов		
Категория показателей	Наименование	Величина коэффициента
Назначение	скорость бурения	0,188
Надежность	80%-й установленный ресурс	0,236
Экономное использование материалов и энергии	масса	0,084
	расход воздуха	0,02
эргономические	уровни звуковой мощности	0,236
	логарифмический уровень виброскорости	0,236

Оценка комплексного показателя технического уровня и качества по формуле (1) показывает, что для показателей назначения, надежности и экономного использования материалов и энергии комплексный показатель линейно возрастает при их улучшении. Так, увеличение скорости бурения в два раза соответствует росту комплексного показателя на 18,8 %.

Зависимость прироста комплексного показателя технического уровня и качества при снижении шума является нелинейной, поскольку входящие в (4) величины $T_{\text{дон}}$ и $T_{\text{дон}}^0$ находятся по формуле (2), содержащей степенную функцию. Соответствующие зависимости величины прироста показателя $\Delta U_{\text{ш}}$ от уровня шума для времени работы перфоратора 180 и 120 мин в смену показаны на рис. 1.

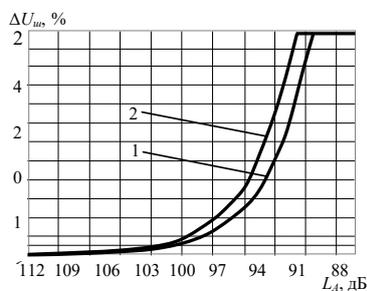


Рис. 1. Изменение комплексного показателя технического уровня перфоратора при снижении шума: 1 - $T_{\text{раб}} = 180$ мин; 2 - $T_{\text{раб}} = 120$ мин

При времени работы 120 мин в смену увеличению указанной величины на 0,5% соответствует снижение шума на 10 дБА, а на 5 % - на 19 дБА (кривая 2). Максимальный рост показателя (на 23,6 %) достигается при снижении шума до нормативных требований.

Для других типов горных машин параметры весомости показателей надежности и эргономических показателей также будут равны единице, а величины коэффициентов весомости определяются величинами параметров весомости показателей экономного использования материалов и энергии и, также, показателей назначения.

Установление величин коэффициентов весомости требует проведения соответствующих расчетов для конкретных конструкций горных машин, при этом параметры весомости показателей назначения будут близкими к соответствующим величинам для переносных перфорато-

ров. С учетом относительно небольшой массы и расхода воздуха, потребляемого перфораторами, весомость показателей экономного использования материалов и энергии для данных машин имеет наименьшую величину. Поэтому для перфораторов увеличение комплексного показателя технического уровня и качества при снижении шума до нормативной величины является наибольшим, или при доведении показателя шумобезопасности горных машин до нормативных требований максимальное увеличение комплексного показателя может достигать 25%.

Реализация такого увеличения показателя возможна при использовании наиболее эффективных средств улучшения шумовых характеристик горных машин, прежде всего звукоизолирующих кабин. Другие средства должны обеспечивать снижение шума не менее чем на 10 дБА, а при меньших величинах снижения шума повышение технического уровня и качества горных машин обеспечивается при улучшении показателя шумобезопасности в сочетании с другими составляющими комплексного показателя изделий.

Таким образом, улучшение шумовых характеристик подземных горных машин обеспечивает повышение их технического уровня до 25 %. Увеличение комплексного показателя технического уровня и качества является фактором повышения конкурентоспособности горной техники на мировых рынках сбыта в современных экономических условиях.

Список литературы

1. Лукьянов В.Г. Взрывные работы: учебник для вузов / В.Г. Лукьянов, В.И. Комащенко, В.А. Шмурыгин. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. - 402 с.
2. Борьба с шумом на производстве: справочник / под общ. ред. Е.Я. Юдина. - М.: Машиностроение, 1985. - 400 с.
3. Прохоров Ю.К. Управление качеством: учебное пособие / Ю.К. Прохоров. - СПб: СПбГУИТМ, 2007. - 144 с.
4. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции: РД 50-149-79. - М.: Издательство стандартов, 1979. - 124 с.
5. Методика оценки технического уровня и качества. Оборудование горношахтное: ОСТ 24.008.62-83. - Минтяжмаш СССР, 1984. - 58 с.
6. Перфораторы пневматические, установки бурильные переносные и пневмоподдержки. Номенклатура показателей: ОСТ 24.071.03-84. - М.: Минтяжмаш СССР, 1984. - 10 с.
7. 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.

Рукопись поступила в редакцию 02.02.12

УДК 651.82.681.324

В.М. НАЗАРЕНКО, докт.техн.наук, проф., С.М. ШОЛОХ, канд.техн.наук
ДВНЗ «Криворізький технічний університет»

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТОМ РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ШИХТИ НА КАР'ЄРІ ЗАЛІЗОРУДНОГО ГЗК

Наведено параметри та функції проекту розроблення інформаційно-аналітичної системи забезпечення якості шихти на кар'єрі залізрудного ГЗК.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Метою проекту розробки інформаційно-аналітичної системи забезпечення якості сировини на залізрудному комбінаті є удосконалення системи забезпечення якості шихти на пунктах розвантаження - найкращої за якісними показниками (мінімум відхилення від планових показників) з найменшою вартістю (мінімум витрат на транспортування руди) при виконанні планових показників роботи вантажного обладнання (вихід екскаваторів на проектні контури). Для виконання мети проекту відбувається формування інформаційно-аналітичних моделей з визначення параметрів роботи вантажно-транспортного комплексу кар'єру; управління роботою кар'єру на базі розроблених моделей здійснюється виробничим відділом кар'єру гірничо-збагачувального комбінату (ГЗК) та диспетчером, які використовують геологічну, маркшейдерську та технічну інформацію. Проект обмежений в часі інтервалом, який потрібен для адаптації розроблених моделей до умов роботи певного гірничо-збагачувального комбінату.

Аналіз досліджень та публікацій. Проект як система діяльності існує стільки часу, скільки його потрібно для отримання кінцевого результату – стабільної роботи інформаційно-