

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Всесвітня декларація про вищу освіту XXI століття. – Париж, 09.10.1998 р.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2007 р. № 1158 «Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року».
3. Наказ МОНмолодьспорту України № 422 від 01.06.2011 р. «Щодо Положення про організацію наукової, науково-технічної діяльності у закладах III і VI рівнів акредитації».

УДК 621.00.25

Агальцов Г.Н.

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРНЫХ МАШИН, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Розглядаються гірничі машини, які працюють при великих динамічних навантаженнях в контексті захисту обслуговуючого персоналу від шуму та вібрацій.

THE PROGRAM-TARGET APPROACH TO SAFETY OF THE MINING MACHINES, WORKING AT DYNAMIC LOADINGS

The program-target approach concerning the mining machines, working at the big dynamic loadings, in a context of protection of attendants from noise and vibrations is considered.

1 Предисловие

Программно-целевой подход используется на протяжении многих лет в большинстве развитых стран мира. В их числе Канада, Япония, Южная Корея, Австрия, Германия, Франция, Финляндия, США и пр. [1] Механизмы, форма программно-целевых инструментов в этих странах сильно отличаются и во многом зависят от исторически сложившихся социально-экономических условий.

В широком понимании программно-целевой метод – это способ решения крупных и сложных проблем посредством выработки и проведения системы ориентированных на цели программных мер, достижение которых обеспечивает решение возникших проблем. Этому методу свойственно рассмотрение совокупности целей и целевых задач, образующих многоуровневую, иерархически построенную целевую систему. Эта система охватывает все целевые элементы, достижение которых требуется для решения программной проблемы, рассматриваемой во всех её аспектах.

Программно-целевое управление инновационной деятельностью в Европейском Союзе (ЕС) получило широкое распространение с конца 80-х – начала 90-х годов прошлого века [2, 3, 4, 5].

В Японии целевые программы рассматриваются в основном как средство стимулирования новых наукоёмких отраслей, таких как электроника, робототехника, информационные системы [6].

В Канаде программно-целевой метод также играет значительную роль в системе государственного стимулирования инновационной деятельности [1].

В свете выше сказанного представляет большой интерес применение программно-целевого подхода к оценке и обеспечению безопасности сложных динамических систем, в частности горно-обогатительного оборудования.

2 Техногенные угрозы

Наличие в Украине развитой тяжёлой горно-металлургической промышленности, сверхвысокая её концентрация в отдельных регионах, большие промышленные комплексы, большинство из которых потенциально опасны, концентрация на

них агрегатов и установок большой и сверхбольшой мощности – вибрационных грохотов, дробилок, мельниц, вентиляторов, смесителей, окомкователей и других машин, большое количество энергетических объектов, использование в производстве значительных количеств потенциально опасных веществ – всё это увеличивает вероятность возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций, которые содержат в себе угрозу для человека, экономики и окружающей среды.

Безопасность техногенной сферы в целом имеет два взаимодополняющих и взаимовлияющих аспекта [7-12]: техногенная безопасность определяет степень защищённости человека, объектов и окружающей среды от угроз, исходящих от созданных и функционирующих сложных технических систем при возникновении и развитии аварийных и катастрофических ситуаций; технологическая безопасность определяет степень защищённости человека, общества, объектов и окружающей среды от угроз, связанных с необоснованным созданием или не созданием технических систем, технологических процессов и материалов, обеспечивающих достижение основных национальных интересов страны.

Характер и масштабы возможных угроз и опасностей в XXI веке приобретают всё более комплексный взаимоувязанный характер. Предполагают необходимость разработки и внедрения новых методологий, способов и мер по противодействию им. Поэтому единственно верным подходом к решению проблем безопасности является комплексный, системный программно-целевой подход.

Опыт последнего десятилетия показывает наличие негативной тенденции роста числа чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, неуклонного возрастания как масштабов прямого ущерба от ЧС, так и затрат на их ликвидацию.

Проблема обеспечения безопасности в настоящее время становится не только научно-технической, но и во всё большей степени социально-экономической проблемой. Безопасность с этой точки зрения необходимо рассматривать не как свойство промышленного объекта, а как защищённость человека и окружающей среды от вредных воздействий техносферы в целом, т.е. исследовать всю многоаспектность влияния на окружающую среду сложных динамических систем.

В исследованиях по безопасности встала проблема поиска приемлемого (оптимального) уровня риска. Решение этой проблемы ведётся на основе реализации принципа, в основе которого лежит требование достижения такого уровня безопасности, которого только можно достигнуть с учётом социальных и экономических соображений развития государства.

3 Применение программно-целевых методов для обеспечения безопасности сложных человеко-машинных систем

Объектом исследования и обеспечения безопасности, как правило, является сложная динамическая система (СДС). Такая система представляет собой совокупность взаимодействующих между собой компонентов и является (в силу свойства эмерджентности) качественно новым образованием. В этом состоит суть основополагающего принципа теории систем и системной динамики [13]. СДС является общим случаем как для технологических процессов без людей, так и для тех, которые не используют технику. Кроме того, она включает в себя всех носителей предпосылок к авариям – ошибок человека, отказов техники и неблагоприятных воздействий среды, при этом среди них есть и источник опасности (обычно – машина), и потенциальная жертва (чаще всего – человек).

Проблема обеспечения безопасности сложных динамических систем (СДС) следует рассматривать комплексно и системно. Комплексная безопасность – это комплексный и системный подход по анализу, оценке и разработке мер по повышению безопасности общества, человека и территорий от всех видов опасностей и угроз природного, техногенного, военного, террористического и глобального характера. Для решения этих задач сначала надо научиться обеспечивать безопасность СДС на стадии их разработки на основе прогнозирования возможных негативных воздействий на человека, техносферу, их не только ближайших, но и отдалённых последствий.

Одной из главных задач обеспечения безопасности, наряду с идентификацией, оценкой и прогнозом опасностей и угроз, должна стать выработка предложений и механизмов по управлению стратегическими рисками.

Применяемые в настоящее время научно-технические и организационно-методические решения к обеспечению безопасности СДС, имеют, как правило, разноотраслевую специфику (пожарную, конструктивную, экологическую безопасность, инженерные средства защиты от несанкционированных воздействий, ограничение доступа и т.д.), носят фрагментарный характер и на сегодняшний день уже неадекватны возрастающим опасностям.

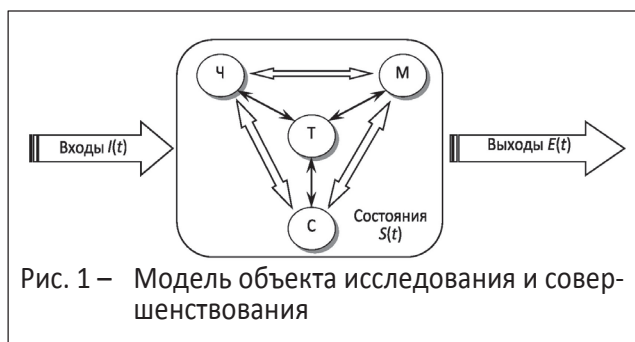
Отечественный опыт нормирования рисков практически отсутствует. Зарубежный опыт в этом вопросе также небольшой. Поэтому вопросы прогнозирования и предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС), анализа рисков, нормировании уровня риска и управления рисками, являются актуальными и требуют дальнейшей проработки. Наиболее эффективным представляется решение таких вопросов с помощью разработки Комплексной целевой программы. Стратегической целью такой Программы является обеспечение безопасности и доведением комплексной безопасности до уровня приемлемого риска.

Управлению комплексной безопасностью должна предшествовать разработка моделей экономической ответственности для оптимизации уровня приемлемого риска и проведение сопоставительного анализа рисков.

Эффективно введение новых механизмов, стимулирующих стремление к достижению показателей безопасной эксплуатации объектов. В первую очередь такие механизмы должны реализовываться при оценке опасности воздействий на СДС и оценке соответствия объектов требованиям безопасности. Эффективным способом современного управления строительством и эксплуатацией основных фондов является страхование рисков.

Необходимость и возможность применения таких подходов к обеспечению безопасности СДС обоснована в [13-15].

В самом обобщённом виде модель такой системы представлена на рис. 1 [13] и включает работающих (человека – Ч), технологическое оборудование (машину – М), рабочую среду (среду – С), взаимодействующих между собой по заданной технологии и установленной организации работ (технологии – Т). Кроме перечисленных основных компонентов системы её модель включает также связи между ними и с окружающей систему средой. Эти связи изображены на рисунке в виде стрелок, а границы, отделяющие рассматриваемую человеко-машинную



систему от внешней среды, показаны линией в форме прямоугольника с закруглёнными углами.

В модели объекта использованы следующие векторные обозначения: $I(t)$ – входные и ограничивающие воздействия на систему (заданные функции, установленные интервалы времени, выделенные ресурсы, требуемые условия работ), $S(t)$ – состояния самой системы (безопасное, опасное, предаварийное, послеаварийное), $E(t)$ – выходные воздействия системы на внешнюю среду (полезные и вредные результаты функционирования). Названные состояния и векторные характеристики определяются структурой системы, включающей выше перечисленные элементы с их взаимосвязями, которые также рассматриваются переменными во времени.

В качестве «человека» подразумевается персонал, непосредственно занятый выполнением работ, «машины» – технологическое оборудование, иногда с предметом труда, обеспечивающее изменение его свойств или состояния. Под «рабочей средой» понимается зона (область пространства, иногда с предметом труда), в пределах которой совершается проведение операции или процесса в целом, «технологией» – совокупность приёмов и методов, используемых для изменения свойств или состояния предмета труда и включающих организационно-технические мероприятия по обеспечению его безопасности.

Внешней (для рассматриваемой СДС) средой является все то, что непосредственно не входит в неё, но может влиять на процесс функционирования системы или изменяться под её воздействием.

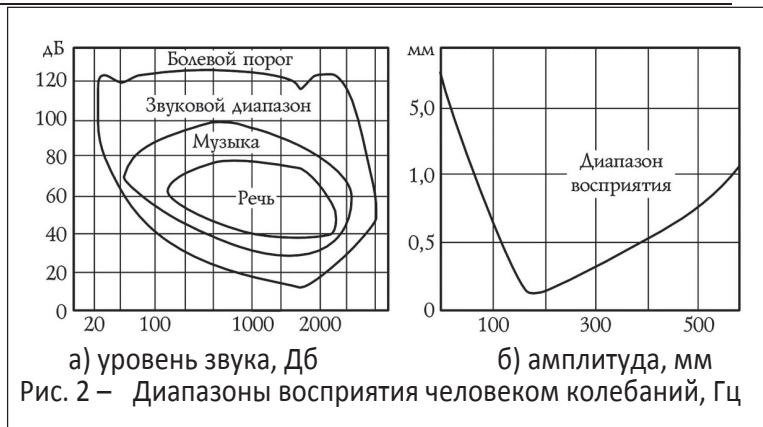
Необходимость выделения из окружающей («человека» и «машину») среды так называемых «близкого окружения» – рабочей среды и «дальнего окружения» – внешней среды обусловлена различной степенью их влияния на функционирование сложной системы.

Понятие техногенной опасности – одно из самых фундаментальных и сложных, так как содержит в себе другие нечётко определённые категории. Полное определение используемых терминов проводится с учётом конкретных условий, целей и требований нормативных документов. Методология предупреждения аварий в сложных динамических системах есть сочетание определённой концепции безопасности и вытекающих из неё принципов, руководствуясь которыми можно проектировать, строить, и эксплуатировать сложные системы, которые будут безопасными.

Учитывая взаимосвязь реальных явлений, значительную сложность представляет выделение из всего множества тех внешних по отношению к человеку и технике факторов, влияние которых на процесс возникновения аварийности и травматизма наиболее значительно. Самым оправданным способом решения этой задачи может служить обращение к результатам соответствующих исследований или статистическим данным, отражающим объективные законы природы, а также рекомендациям руководящих документов: требования системы стандартов безопасности труда [13-23].

Вибрация и шумовое загрязнение. Интенсификация процессов переработки горной массы для последующего её обогащения требует использования тяжёлых вибрационных машин – вибропитатели, грохоты, мельницы самоизмельчения, смесители, окомкователи-смесители, дробилки и т.д. Использование же машин ударного действия с увеличенными динамическими нагрузками приводит к значительному повышению не только вибрации, но и шума в помещениях дробильных фабрик современных горно-обогатительных металлургических комбинатов.

Технический прогресс в производстве в первую очередь связан с ростом интенсивности действия неблагоприятных факторов – рост вибраций, шума, ударных нагрузок. Так, отставание показателей динамического качества машин при росте их производительности привело к тому, что 70 % рабочих мест не удовлетворяют требованиям санитарно-гигиенических норм по шуму и вибрациям.



По количеству заболеваний, связанных с вибрацией, добывающие отрасли занимают одно из ведущих мест, а виброзаболеваемость прогрессирует среди многих видов профессиональных заболеваний. Поэтому разработка и внедрения средств по снижению вибрационной нагрузки имеет большое социальное значение.

Как правило, именно вибрация является основной причиной разрушения машин и конструкций, зданий и сооружений; она уменьшает надёжность машин, нарушает режим их работы. Вибрация и шум оказывают вредное воздействие на человека-оператора, обслуживающего такую технику. Вибрационная патология стоит на втором месте (после пылевых) среди профессиональных заболеваний.

Установлено, что незначительные амплитуды колебаний увеличивают мускульную силу, а шумы естественной природы успокаивают человека, в то же время инфразвуковые колебания и звуки высокой интенсивности, равно как и вибрации, так называемых критических частот могут ухудшать его самочувствие, приводить к снижению качества функционирования техники. Типичное воздействие на человека колебаний разной частоты отображены на рис. 2 и таблице 1.

Таблица 1 – Резонансные и критические для человека частоты

Частота, Гц	Положение (орган) тела	Вредные симптомы колебаний
4-6 (4-9)	Стоящий человек	Ухудшение самочувствия
20 (13-20)	Голова человека	Нарушение функции речи
6-8	Челюсти рта	Затруднение речи
8	Гортань горла	Сбой дыхания, щиприёмная
3	Брюшная полость	Позывы к извержениям
4 (4-10)	Желудок	Сбои пищеварения
12 (10-18)	Тазовые органы	Нарушение функционирования

В экспериментах установлено [18], что резонансные свойства человеческого тела существенно зависят от позы и его положения (рис. 3). На базе полученных данных строится статистически представительная математическая модель человеческого тела, учитывающая антропометрические особенности. С её помощью изучаются резонансные свойства тела, что позволяет в конечном итоге дать рекомендации по эффективной виброзащите в диапазоне опасных частот. На основе таких исследований были разработаны нормы допустимых вибраций и созданы государственные стандарты на методы технических испытаний.

Исследованиями установлено [24], что механические колебания определённой частоты и амплитуды крайне нежелательны для организма человека. Существенное значение имеет и направление распространения вибрации. Следует отметить, что вертикальные колебания в первую очередь наиболее ощущаются челове-

ком, который стоит, а горизонтальные – теми, кто лежит. При этом колебания с частотой $\nu = 1-10$ Гц могут совсем не ощущаться при ускорении $a = 10 \text{ мм/с}^2$, могут ощущаться без неприятностей или могут создавать дискомфорт при $a = 400 \text{ мм/с}^2$ и становятся опасными для здоровья при $a \geq 1000 \text{ мм/с}^2$. По данным некоторых исследователей [18] главная роль в восприятии человеком колебаний принадлежит амплитуде скорости при частотах $\nu > 15$ Гц и малых амплитудах (до $0,02 \text{ мм}$), а

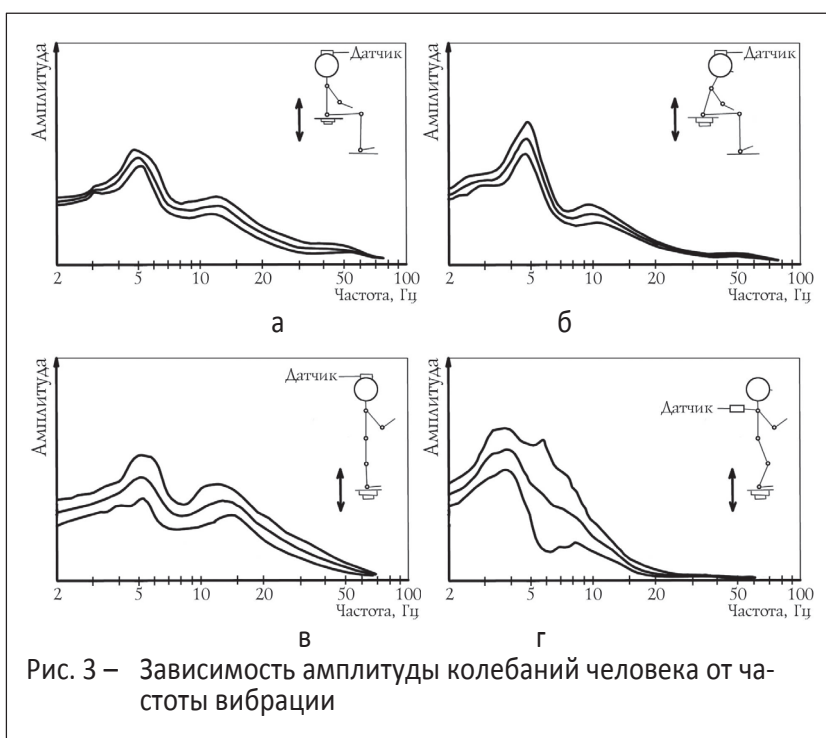


Рис. 3 – Зависимость амплитуды колебаний человека от частоты вибрации

также амплитуде ускорений при малых частотах ($\nu < 15$ Гц) и больших амплитудах. Так, например, если вибрация частотой свыше 15 Гц воздействует на человека вдоль его туловища в направлении вертикальной оси, то снижается острота зрения, а способность следить за колебательными движениями утрачивается уже на частотах 1-2 Гц и почти исчезает при 4 Гц. При частоте 3-3,5 Гц возникают неприятные ощущения за счёт периодических перемещений внутренних органов (резонансное состояние). При частотах от 4 до 10 Гц искажается речь человека. Если вибрация действует в горизонтальной плоскости по оси, перпендикулярной позвоночнику, то резонансная частота тела (около 1,5 Гц) обусловлена сгибанием позвоночника и жёсткостью тазобедренных суставов. Для головы сидящего человека зона резонанса располагается в интервале между 20-30 Гц (в этом диапазоне амплитуда виброускорения головы может втрое превышать амплитуду колебаний плеч). На современных транспортных средствах в диапазоне частот 0-15 Гц ускорение горизонтальных вибраций достигает $0,4g$, боковых – $0,3g$. В этих условиях колебания головы более чем вдвое превышают колебания сидения, причём вибрация транспортных средств в направлении горизонтальной плоскости оказались значительно опаснее, чем вибрация, действующая в направлении вертикальной оси.

К факторам производственной среды, усугубляющим вредное воздействие вибраций на организм, относятся чрезмерные мышечные нагрузки, неблагоприятные микроклиматические условия, особенно пониженная температура, шум высокой интенсивности, психоэмоциональный стресс. Охлаждение и смачивание рук значительно повышают риск развития вибрационной болезни за счёт усиления сосудистых реакций. При совместном действии шума и вибрации наблюдается взаимное усиление эффекта в результате его суммации, а возможно, и потенцирования.

Усугубляющее влияние сопутствующих факторов учитывается при расчёте показателей вероятности вибрационной болезни. В табл. 2 [13] приведены значения расчётных коэффициентов K повышения риска вибрационной болезни в зависимости от уровня сопутствующего шума, температуры окружающей среды и категории тяжести работ. Изменение коэффициентов K для шума и температуры находятся в

линейной зависимости от значения изменяемого фактора, и поэтому промежуточные значения подсчитывают по экспериментальным формулам [13]:

$$K_{ш} = (L_{ш} - 80)0,025 + 1, \quad K_{т0} = (20 - T_0)0,08 + 1,$$

где $K_{ш}$ – коэффициент влияния шума;
 $K_{т0}$ – коэффициент влияния температуры.

Таблица 2 – Коэффициенты повышения риска вибрационной болезни $K_{ш}$

Уровень звука, дБА		80	90	100	110	120
$K_{ш}$		1	1,25	1,5	1,75	2
Изменения уровня на 1 дБА соответствует $K_{ш} = 0,025$						
Температура воздуха рабочей зоны, °С	+20	+10	0	-10	-20	-30
$K_{т0}$	1	1,8	2,6	3,4	4,2	5
Изменение температуры воздуха 1°С соответствует $K_{т0} = 0,8$						
Категория тяжести труда	I	II	III	IV		
$K_{тяж}$	1	1,2	1,5	2		

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием [19-23]. Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

При гигиенической оценке вибраций нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости v (и их логарифмические уровни L_v) или виброускорения для локальных вибраций в октавных полосах частот, а для общей вибрации – в октавных или треть октавных полосах. Допускается интегральная оценка вибрации во всем частотном диапазоне нормируемого параметра, а также по дозе вибрации D с учётом времени воздействия. Допустимые значения L_v представлены в табл. 3 [19].

Таблица 3 – Гигиенические нормы вибраций по [19] (извлечение)

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая транспортная											
вертикальная		123	114	108	107	107	107	–	–	–	–
горизонтальная	122	117	116	116	116	116	116	–	–	–	–
Транспортно-технологическая	–	117	108	102	101	101	101	–	–	–	–
Технологическая	–	108	99	93	92	92	92	–	–	–	–
В производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию	–	100	91	85	84	84	84	–	–	–	–
В служебных помещениях, здравпунктах, конструкторских бюро, лабораториях	–	91	82	76	75	75	75	–	–	–	–
Локальная вибрация	–	–	–	115	109	109	109	109	109	109	109

Для общей и локальной вибрации зависимость допустимого значения виброскорости v_t (м/с) от времени фактического воздействия вибрации, не превышающего 480 мин, определяется по формуле:

$$v_t = v_{480} \sqrt{480/T},$$

где v_{480} – допустимое значение виброскорости для длительности воздействия 480 мин, м/с.

Максимальное значение v_t для локальной вибрации не должно превышать значений, определяемых для $T = 30$ мин, а для общей вибрации при $T = 10$ мин.

При регулярных перерывах воздействия локальной вибрации в течение рабочей смены допустимые значения уровня виброскорости следует увеличивать на значения, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Суммарное время перерыва при воздействии вибрации в течение 1 ч работы, мин	До 20	Св.20 до 30	Св.30 до 40	Св. 40
Увеличение уровня виброскорости ΔL_v , дБ	0	6	9	12

Шумовое загрязнение. Шум оказывает воздействие на физическое и психологическое состояние человека. При повышении уровня шума у человека возникают: временное или постоянное ухудшение слуха, возбуждение нервной системы, развитие сердечно-сосудистых заболеваний, гипертония и т.п. В качестве единицы измерения используется уровень шума в децибелах (дБ) с коррекцией по шкале «А» стандартного шумомера при логарифмическом осреднении за годовое (ночное) время. Различают две категории шума и источников шума: 1 – проникающие в помещение звуки, источники которых находятся вне рассматриваемого объекта недвижимости; к числу таких источников шума относятся транспорт, шумящие агрегаты и установки производственных предприятий, а также внешние шумы (школьные дворы, спортивные площадки и т.п.); 2 – звуки, проникающие в отдельные помещения рассматриваемого объекта недвижимости от источников, находящихся в том же здании (шум лифтов и другого инженерного оборудования здания и т.п.).

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакции, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчиков, мостовых кранов и т.п.), что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

Критерием профессионального снижения слуха принят показатель средней арифметической величины снижения слуха в речевом диапазоне, равный 11 дБ и более. Помимо патологии органа слуха при воздействии шума наблюдаются отклонения в состоянии вестибулярной функции, а также общие неспецифические изменения в организме; рабочие жалуются на головные боли, головокружение, боли в сердце, повышение артериального давления, боли в области желудка и желчного пузыря, изменение кислотности желудочного сока. Шум вызывает снижение функции защитных систем.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены в [23, 25]. Документы дают классификацию шумов по спектру на широкополосные и тональные, а по временным характеристикам – на постоянные и непостоянные. Для нормирования постоянных шумов применяют допустимые уровни звукового давления (УЗД) в девяти октавных полосах частот в зависимости от вида производственной деятельности. Для ориентировочной оценки в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах допускается принимать уровень звука (дБ А), определяемый по шкале А шумомера с коррекцией низкочастотной составляющей по закону чувствительности органов слуха и приближением результатов объективных измерений к субъективному восприятию.

Шум с уровнем звукового давления до 30-35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40-70 дБ в условиях среды обитания создаёт значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия и при длительном действии, может быть причиной неврозов. Воздействие шума уровнем свыше 75 дБ может привести к потере слуха – профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонки, контузия, а при ещё более высоких (более 160 дБ) и смерть.

В тех случаях, когда потоки масс и/или энергий от источника негативного воздействия в среду обитания могут нарастать стремительно и достигать чрезмерно высоких значений (например, при авариях), в качестве критерия безопасности принимают допустимую вероятность (риск) возникновения подобного события.

Риск – вероятность реализации негативного воздействия в зоне пребывания человека.

Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций применительно к техническим объектам и технологиям оценивают на основе статистических данных или теоретических исследований. При использовании статистических данных величину риска определяют по формуле.

$$R = (N_{чс} / N_o) \leq R_{доп},$$

где R – риск;

$N_{чс}$ – число чрезвычайных событий в год;

N_o – общее число событий в год;

$R_{доп}$ – допустимый риск.

В настоящее время сложились представления о величинах приемлемого (допустимого) и неприемлемого риска. Неприемлемый риск имеет вероятность реализации негативного воздействия более 10^{-3} , приемлемый – менее 10^{-6} . При значениях риска от 10^{-3} до 10^{-6} принято различать переходную область значений риска.

Одним из направлений решения проблемы защиты обслуживающего персонала, машин, оборудования, фундаментов и строительных конструкций от действия вибрационных нагрузок большой интенсивности, в том числе при низкочастотных спектрах их действия есть разработка принципов выбора параметров виброзащитных систем с использованием резиновых и резинометаллических элементов при конструировании таких систем.

Критерии вибробезопасности обслуживающего персонала. Особенно важной стоит проблема защиты человека – оператора, машин, приборов, аппаратуры, зданий и сооружений от действия вибраций и звукового давления для предприятия горно-обогатительной промышленности, где проблема вибрационной болезни и тугоухости стоит очень остро.

Качественные и количественные критерии и показатели неблагоприятного воздействия вибрации на человека-оператора в процессе труда устанавливаются санитарными нормами, правилами и другими нормативными документами [19-23].

В соответствии с ними вводятся следующие критерии оценки неблагоприятного воздействия вибрации:

- критерий «безопасность», обеспечивающий нарушение здоровья оператора, оцениваемого по объективным показателям с учётом риска возникновения предусмотренных медицинской классификацией профессиональной болезни и патологий, а также исключающий возможность возникновения травмоопасных или аварийных ситуаций из-за воздействия вибрации;

- критерий «граница снижения производительности труда», обеспечивающий поддержание нормативной производительности труда – оператора, не снижающейся из-за развития усталости под воздействием вибрации;
- критерий «комфорт», обеспечивающий оператору ощущение комфортности условий труда при полном отсутствии мешающего действия вибрации.

Соответствие устанавливаемых критериев категориям вибрации указано в табл. 6 [22].

Таблица 6 – Категории вибрации и соответствующие им критерии оценки

Категории вибрации, критерий оценки	Характеристика условий труда	Пример источников вибрации
1 безопасность	Транспортная вибрация, воздействующая на операторов подвижных самоходных и прицепных машин и транспортных средств при их движении по местности, агрофонам и дорогам, в том числе при их строительстве	Тракторы сельскохозяйственные и промышленные машины для обработки почвы, уборки и посева сельскохозяйственных культур: автомобили, строительно-дорожные машины, в том числе бульдозеры, скреперы, грейдеры, катки, снегоочистители и т.п.; самоходный горно-шахтный транспорт
2 граница снижения производительности труда	Транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на операторов машин с ограниченной подвижностью, перемещающихся только по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок	Экскаваторы, краны промышленные и строительные, машины для загрузки мартеновских печей; горные комбайны; шахтные погрузочные машины; самоходные бурильные каретки; путевые машины, бетоноукладчики; напольный производственный транспорт.
3 тип «а» граница снижения производительности труда	Технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации	Станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, насосные агрегаты, вентиляторы, буровые станки, оборудование промышленности стройматериалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности, стационарное оборудование сельскохозяйственного производства.
3 тип «в» комфорт	Вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом	Диспетчерские, заводоуправления, конструкторские бюро, лаборатории, учебные помещения, вычислительные центры, конторские помещения, здравпункты и т.д.

Вибрационная безопасность обеспечивается следующими системными методами:

- системой технических, технологических и организационных решений и мероприятий по созданию машин и оборудования с низкой вибрационной активностью;
- системой проектных и технологических решений производственных процессов и элементов производственной среды, снижающих вибрационную нагрузку на оператора;
- системой организации труда и профилактических мероприятий на предприятиях, ослабляющих неблагоприятное воздействие вибрации на человека – оператора;

В качестве факторов, влияющих на степень и характер неблагоприятного воздействия вибрации, должны учитываться:

- риски (вероятности) проявления различных патологий вплоть до профессиональной вибрационной болезни;
- показатели физической нагрузки и нервно-эмоционального напряжения;
- влияние сопутствующих факторов, усугубляющих воздействия вибрации (охлаждение, влажность, шум, химические вещества и т.п.);
- длительность и прерывистость воздействия вибрации; длительность рабочей смены.

Показатели вибрационной нагрузки на оператора должны формироваться из следующих параметров: виброускорение (виброскорость); диапазон частот; время воздействия вибрации.

Нормируемыми показателями вибрационной нагрузки на оператора на рабочих местах в процессе труда являются одночисловые параметры (корректированное по частоте значение контролируемого параметра, доза вибрации, эквивалентное корректированное значение контролируемого параметра) или спектр вибрации, установленные санитарными нормами.

4 Качественный риск-анализ вибрационных воздействий

Технические риски, как правило, связаны с вероятностью возникновения производственного травматизма, профзаболеваний операторов, аварий в результате несовершенностей оборудования, технологий, их вредного воздействия на человека-оператора. Целью риск-анализа является устранение недопустимых рисков, сведение их до уровня приемлемых (до санитарных норм).

Управление рисками представляет собой процесс с чётко определёнными этапами.

- 1) Определение и идентификация вида риска.
- 2) Анализ риска событий, обстоятельств с описанием наиболее существенных рисков.
- 3) Оценка рисков – количественная оценка выявленных рисков, вероятности их появления и размер возможных последствий.
- 4) Ранжирование и отбор рисков – определение степени их важности.
- 5) Способы минимизации и предотвращения риска.
- 6) Мониторинг рискованных позиций.

Особую роль играет информация в процессе качественного и количественного анализа риска.

Количественный анализ риска может проводиться тремя методами - статистическим, экспертным и аналоговым. Статистические и аналоговые методы можно использовать при наличии определённой выборки аналогичных случаев, которая не всегда имеется. Экспертный метод базируется на опросах специалистов (экспертов), при этом используют бальную шкалу измерений вероятности риска и его последствий.

На практике, как правило, используют приближенные методы оценки потенциальных последствий травмирования, профзаболеваний и вероятности таких событий [26].

Оценка риска проводится по формуле (Британский стандарт BS-8800)

$$R = P \cdot S,$$

- где R – профессиональный риск;
 P – вероятность угрозы;
 S – тяжесть последствий.

Если принять, *A* – высокая вероятность, *B* – средняя вероятность, *C* – малая вероятность, а тяжесть последствий:

I – авария, гибель потерпевшего;

II – тяжёлая травма;

III – лёгкая травма, то категории риска будут (см. табл. 7): 5 – очень высокий; 4 – высокий; 3 – средний; 2 – малый; 1 – очень малый.

Из табл. 7 видно, что уровень риска увеличивается пропорционально вероятности события и тяжести последствий. На основе этой таблицы можно устанавливать категории риска и при необходимости принимать предупредительные меры (см. табл. 8).

Таблица 7 – Категории риска

Вероятность событий	A	B	C
Тяжесть последствий	Высокая	Средняя	Малая
I Большие	5 Очень высокий риск	4 Высокий риск	3 Средний риск
II Средние	4 Высокий риск	3 Средний риск	2 Малый риск
III Малые	3 Средний риск	2 Малый риск	1 Очень малый риск

Таблица 8 – Уровни профессионального риска

Оценка категории профессионального риска	Допустимость риска	Необходимые мероприятия
5 Очень высокий риск	Не допустимый	Работа не может быть выполнена без уменьшения риска до допустимого
4 Высокий риск	Не допустимый	Работа не может быть выполнена без уменьшения риска до допустимого
3 Средний риск	Допустимый	Необходимо предпринять меры к уменьшению профессионального риска
2 Малый риск	Допустимый	Необходимо предпринять меры к уменьшению профессионального риска. Не допустить его повышение
1 Очень малый риск	Допустимый	Мероприятия не нужны

Определённые таким образом категории риска дают основание для проведения соответствующих мероприятий по уменьшению профессионального риска до допустимого (приемлемого) риска. Таким образом, можно осуществить управление риском профессионального вибротравматизма в цехах горно-обогатительных фабрик, где работают тяжёлые вибрационные машины – окомкователи, грохоты, смесители и др. В связи с интеграцией Украины в ЕС и переходом на европейские стандарты по безопасности труда. Международный стандарт OHSAS-18001 (система управления безопасностью и охраной здоровья персонала) требует проведения оценки риска на рабочих местах и по видам работ. Карта оценки риска [26] может быть приложением к картам условий труда, которые сейчас используются практически для определения льгот и компенсаций работникам (персоналу). Такая карта оценки риска может стать механизмом повышения безопасности на рабочих местах и при проведении работ на предприятиях с повышенным риском техногенных аварий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горемыкина Л.Е. Тенденции инновационных процессов в ведущих индустриальных странах. – М.: РАН, Институт системного анализа, 1993. – 32 с.
2. Гранберг А.Г. Региональное развитие: опыт России и Европейского Союза. – М.: Экономика, 2000. – 316 с.
3. Иванова Н. Приоритеты научно-технической политики: опыт развитых стран // Проблемы теории и практики управления. – 1993. – № 6. – С. 24-27.
4. Иванова Н. Финансовые механизмы научно-технической политики (опыт стран Запада) // Проблемы теории и практики управления. – 1997. – № 5. – С. 78-83.

5. Ниози Дж., Беллон В., Кроу М. Национальные системы нововведений: в поисках рабочей концепции / Основы научно-технической политики: теория и практика. – М., 1993.
6. Окимото Д. Японский опыт государственного вмешательства в функционирование рынка. – М.: АО «Япония сегодня», 1991.
7. Аннотационный отчет о научных исследованиях, проведенных в Украине по выполнению «Межгосударственной программы совместных научных исследований организаций государств-участников Содружества в области чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на период до 2003 года» // СОПС НАНУ. – Киев: 2003. – 36 с.
8. Качинський А.Б. Концепція ризику у світі екологічної безпеки України. – Київ: 1993. – Вип. 14. – 49 с. (Національний інститут стратегічних досліджень)
9. Махутов Н.А. Научные проблемы безопасности техногенной сферы // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1999. – № 1. – С. 109-116.
10. Техногенні загрози та заходи щодо їх усунення і мінімізації: Аналіз стану області техногенних загроз // Надзвичайна ситуація. – 2001. – №2. – С. 25-36.
11. Програма забезпечення та реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру на 2000-2005 роки // Надзвичайна ситуація. – 2000. – № 11. – С. 27-37.
12. // Закон Украины «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера». Принят 2 июня 2000 года, № 1809-III (Извлечения).
13. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. – М: ГНТП «Безопасность», МИБ СТС. – 1996. – 424 с.
14. Проблемы программно-целевого планирования и управления / Под ред. Г.С. Поспелова. – М.: Наука, 1981. – 464 с.
15. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
16. ГОСТ 22.0.05-97 (ГОСТ Р 22.0.05-94). Межгосударственный стандарт. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. – Введен 01.01.96.
17. ГОСТ 22.0.03-97 (ГОСТ Р 22.0.03-95) Межгосударственный стандарт. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения. – Введен 01.07.96.
18. Диментберг Ф.М. Вибрация в технике и человек / Ф.М. Диментберг, К.В. Фролов. – М.: Знание, 1987. – 160 с.
19. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования; Введен 01.01.92. – М.: Госстандарт, 1990. – 46 с.
20. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації; Чинна від 01.12.99. – Київ, 2000. – 45 с.
21. ДСТУ 2300-93. Вібрація. Терміни та визначення. – Київ, 1993.
22. ГОСТ 30610-98. Межгосударственный стандарт. Вибрация. Динамические характеристики стационарно-оборудованного оборудования. Методы определения; Введен 01.07.2000. – Киев: Держстандарт України. – 39с.
23. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; Введен 01.07.84. –М.: Из-во стандартов, 1983. –10 с.
24. Агальцов Г.Н. Некоторые направления исследований системы «человек – машина – обрабатываемая среда» // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2011. – Вып. 96. – С. 177-186.
25. Справочник по инженерной психологии // Под. ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.
26. Гогіташвілі Г. Ризик менеджмент з охорони праці в умовах трансформаційних перетворень в економіці України / Г. Гогіташвілі, В. Лапін, Р. Увах // Технополіс. – 2004. – Вип. 6. – С. 49-50.

УДК 678.4.06

Агальцов Г.Н.

ВИБРОБЕЗОПАСНОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ ГОРНЫХ МАШИН В КОНТЕКСТЕ ОХРАНЫ ТРУДА

Розглядається безпека складних динамічних систем в контексті охорони праці.

VIBRO-SAFETY OF HEAVY MINING MACHINES IN A LABOUR SAFETY CONTEXT

Safety of difficult dynamic systems in a labour safety context is considered.

1 Введение

Сложные технические системы, к которым относятся тяжёлые горные машины, в большинстве случаев являются главным источником техногенного риска. Решение вопроса их безопасного функционирования подчиняется определённой логической схеме, в которой анализ риска должен стать составной частью работ при