

**Министерство образования Российской Федерации
Восточно-Сибирский государственный технологический
университет**

ББК 65.247

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности ВСГТУ **А.Б. Иметхенов**,

кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии металлов ВСГТУ **Ю.Н. Аганаев**.

Печатается в авторской редакции

И.Г. Тимофеева

**БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА НА ВИБРООПАСНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

И.Г. Тимофеева. Безопасность труда на виброопасных технологических процессах – Улан-Удэ, Изд-во ВСГТУ, 2003. – 95с.

ISBN5-89230-147-8

В монографии изложены основные методы анализа условий труда при работе с ручным механизированным инструментом ударного действия. Приведены опасные, вредные факторы, их влияние на организм человека. Обобщены основные направления научных исследований в области виброзащиты. Описаны методы и средства снижения виброактивности в пневматическом инструменте ударного действия, методы оценки и нормирования параметров вибрации в производственных условиях.

Приведены рекомендации по созданию средств виброзащиты, способы расчета их эффективности.

Книга предназначена для инженеров, специалистов в области охраны труда, студентов всех специальностей.

Издательство ВСГТУ

Улан-Удэ 2003

ISBN5-89230-147-8

ББК 65.247

© И.Г.Тимофеева, 2003
Изд-во ВСГТУ, 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

Производственная вибрация оказывает отрицательное влияние на здоровье человека и работоспособность людей, снижает производительность и качество труда, а также приводит к развитию и возникновению профессионального заболевания.

Обеспечение вибробезопасности ручных машин ударного действия, внедрение и разработка мероприятий по виброзащите являются составной частью работ по улучшению условий труда.

В книге дан анализ вредных и опасных факторов, приведены результаты исследований по проблеме вибробезопасности труда и профессиональных заболеваний на применяемых технологиях. Рассмотрены современные направления научных исследований в области виброзащиты операторов машин ударного действия.

Важным вопросом является гигиеническая оценка вибрационного воздействия. Изложена методика оценки и нормирования параметров вибрации, предложен метод одночисловой оценки параметров вибрации и приведен пример сравнительного анализа.

В книге рассматриваются результаты исследований эффективности средств виброзащиты на основе теории вероятности и математической статистики.

Материал содержит необходимые сведения для студентов при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», выполнении в дипломных проектах раздела БЖД, а также специалистам по безопасности труда.

ВВЕДЕНИЕ

Приоритеты в области жизни и здоровья человека, принятые в государственной политике, определяют стратегию в промышленности по безопасности труда на каждом предприятии /1/.

В настоящее время в нашей стране одной из важнейших проблем в сфере труда является его безопасность. По данным центров Госкомсанэпиднадзора, около 40% обследованных рабочих мест не соответствуют гигиеническим нормам /2/.

В федеральной программе по улучшению условий и охране труда на 1997-2000 годы записано: "Критическое положение с охраной труда обусловлено низким уровнем технической оснащенности многих производств, применением устаревших технологий, изношенностью машин, механизмов, оборудования, недостаточным обеспечением и отсутствием средств защиты рабочих /3/.

Широкое использование машин и механизмов ударного, возвратно-поступательного действия в промышленности увеличивают распространение вибрации на организм человека. Пневматические ручные машины являются наиболее виброопасной техникой, а их эксплуатация продолжает оставаться основной причиной возникновения профессионального заболевания. Опасность отрицательного воздействия на здоровье работающих определяется повышенным уровнем контактной вибрации. Систематическое воздействие вибрации на рабочих приводит к повышению утомляемости, снижению производительности, качества труда и развитию профессионального заболевания, в виде вибрационной болезни, занимающей ведущее место в структуре профессиональной патологии. В последние годы число случаев заболевания вибрационной болезнью увеличивается, что связано с возрастанием контингента рабочих виброопасных профессий при использовании виброопасной техники, о чем свидетельствует приведенная

статистика профессиональных заболеваний. Защита рабочих от вредного влияния вибрации, снижение роста виброзаболеваемости, улучшение условия труда, на современном этапе является важной как научно-технической, так и социально-экономической проблемой.

По данным исследований, до 40% техники, находящейся в ежедневной эксплуатации, продолжает оставаться виброопасной.

В этих условиях решение вопросов вибробезопасности труда и снижение роста виброзаболеваний, на виброопасных технологических процессах в процессе использования машин ударного действия, является актуальной научной проблемой.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВИБРООПАСНОСТИ НА ПРИМЕРЕ УЛАН-УДЭНСКОГО ЛОКОМОТИВО-ВАГОНРЕМОНТНОГО ЗАВОДА

1.1. Характеристика технологических процессов и их виброопасности

Многообразие технологических процессов, применяемых в машиностроении, определяет особенности условий труда рабочих. Основными отраслями производства, объединенными общими технологическими решениями и спецификой условий труда на локомотиво - вагоноремонтном заводе г. Улан-Удэ являются;

- локомотиворемонтное, которое объединяет цехи, локомотиво-сборочный, локомотиво-колесный, аппаратный, дизельный, цех электрических машин;

- вагоноремонтное производство с цехами, вагоноремонтный, вагоно-комплектовочный, вагоностоярный, вагоноколесный, электровагонный;

- литейно - механическое производство объединяет цехи, сталелитейный, чугунолитейный, кузнечный, механический, модельный.

Локомотиво - вагоноремонтный завод - это крупное промышленное предприятие, оно состоит из трех основных производств. Разделение труда, на основных производствах, осуществляется по технологическому признаку, на производственных участках выполняют типовые технологические операции /4/.

Проведенные исследования по безопасности труда среди работающих на предприятии и анализ технологических процессов позволяют определить основные виброопасные технологические процессы, технологические процессы в которых применяется виброопасное оборудование создающее вибрацию, рабочие места на которых уровни вибрации превышают установленные нормы.

В локомотиворемонтном производстве виброопасные технологические процессы составляют 28% от общего количества технологических процессов. Технологические процессы в вагоноремонтном производстве с виброопасными условиями труда составляют 12%. На рис. 1.1 показаны виброопасные отрасли производства на локомотиво - вагоноремонтном заводе.

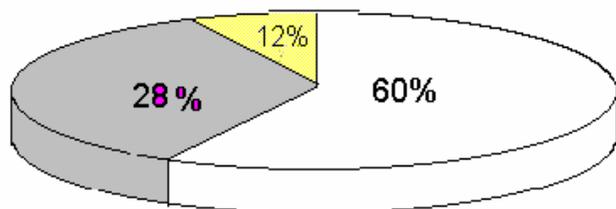
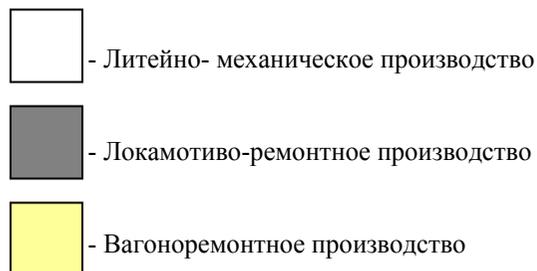


Рис.1.1 Виброопасные отрасли производства



Основным виброопасным производством является литейно-механическое. Технологические процессы характеризуются большим разнообразием, соответственно условия труда отличаются большой трудоемкостью и наличием производственной вибрации /5/. На всех стадиях обработки материалов опасным и вредным производственным фактором является повышенный уровень вибрации. В технологических процессах используется оборудование создающее вибрацию. Источниками общей вибрации являются; сотрясения пола, ударные действия выбивных решеток, пневматических формовочных машин, а источниками локальной вибрации

являются пневматические клепальные молотки, пневмотромбовки /6/. За последние годы, обеспечение вибробезопасных условий труда, в литейном производстве, становится наиболее важной проблемой /7/.

Проведенные исследования показали что, условия труда на предприятии не соответствуют требованиям санитарно-гигиенических норм. В цехах литейно - механического производства более 60% технологических процессов связаны с вибрацией. Из них, в сталелитейном и чугунолитейном цехах, технологические процессы с виброопасными условиями труда составляют 54% (от общего количества виброопасных технологических процессов литейно-механического производства.

Анализ вредных производственных факторов и списочного состава работающих литейного цеха (сталелитейный и чугунолитейный цеха объединены) показал что, при снижении численности работников условия труда остаются неизменными. Наблюдается устойчивая тенденция увеличения удельного показателя вредного воздействия производственного фактора – вибрации, при снижении численности работающих литейного производства (см. табл. 1.1)

Так, с 1995 г. по 1996 год численность работающих в литейном цехе сократилась на 12,8%, количество работающих под воздействием повышенного уровня вибрации возросло на 11%. В 1998 году работающих под воздействием повышенного уровня вибрации составило 56%, а в 1997 году - 49%. Возрастание показателя воздействия вибрационного фактора является следствием недостаточного уровня вибробезопасности труда, использование виброопасной техники, а именно пневматических выбивных решеток, машин для выбивки стержней, пневматических трамбовок, очистных барабанов, встряхивающих формовочных машин, молотков для обрубки литья, работа которых сопровождается вибрацией и вредно отражается на условиях труда работающих /8/.

Таблица 1.1

Анализ состояния условий труда в литейном производстве
за 1995-1999 г.г.(уровень 1995 г. принять за 100%)

Показатели, % \ Года	1995	1996	1997	1998	1999
Число работающих на конец года	100	87,2	82,5	75,3	72,1
Работающие под воздействием повышенного уровня вибрации	32	43	45	56	49

В обрубочно - очистных отделениях литейных цехов используется ручная обработка отливок - удаление стержней, литников, выпоров, прибылей, заливов, зачистка поверхностей отливок с применением пневматического ручного инструмента /9/. Наиболее трудоемкой и наименее механизированной операцией является обрубка литников, прибылей, заливов, выпоров. Трудоемкость ее составляет около 50% от общей трудоемкости изготовления отливок, в этих отделениях работает около 35% всех рабочих занятых в производстве. Для обработки отливок используются пневматические клепальные молотки серии КЕ (техническая характеристика приведена в параграфе 1.3).

Технологический процесс изготовления литейных форм заключается в уплотнении формовочных составов в формы. Уплотнение смеси осуществляется методом встряхивания с последующей подтрамбовкой верхнего слоя смеси ручным механизированным инструментом. Трудоемкой операцией является ручное управление форм в стержневом отделении. Ручной формовкой изготавливают 24% отливок (от суммы машинной и ручной формовки) /10/. При ручной формовке применяют пневматические

трамбовки серии ПТР - 3, а именно СЛ - 491, разработанные на заводе. Трамбовка воздействует одновременно на небольшую часть поверхности уплотняемой смеси, место ее воздействия систематически меняется и охватывает всю уплотняемую поверхность /11/.

При ручной формовке вредным производственным фактором технологического процесса является повышенный уровень контактной (локальной) вибрации.

В табл. 1.2 показаны виброопасные технологические процессы в литейных цехах и их количественная характеристика в зависимости от общего количества технологических процессов в данных цехах.

Таблица 1.2

Виброопасные технологические процессы
в литейном производстве

N,N Фактора	Виброопасные технологические процессы	%, от общего количества технологических процессов в цехе
1	Обрубка литников, прибылей	35
2	Зачистка сварных швов	10
3	Машинное уплотнение формовочной смеси	7
4	Ручное уплотнение форм	20

Анализ технологических процессов по виброопасности позволяет выявить основные рабочие места с источниками вибрационного воздействия. Виброопасные рабочие места, на которых выполняются ручные работы с источниками локальной вибрации составляют 43,4% (от общего количества виброопасных технологических процессов литейно-механического производства), с источниками общей вибрации -10,6%.

Анализ условий труда позволяет оценить современное состояние безопасности труда на предприятии, наличие опасного и вредного производственного фактора - повышенного уровня вибрации, источников повышенной опасности.

1.2 Состояние виброопасности и профессиональных заболеваний на применяемых технологиях в условиях ЛВРЗ

Для предупреждения и уменьшения количества профессиональных заболеваний на производстве весьма важное место занимает анализ статистических данных по профессиональным заболеваниям с целью установления и выявления основных опасных и вредных производственных факторов. Учет, регистрация и расследование профессиональных отравлений и заболеваний на производстве проводится с начала 40-х годов. /12/. За эти годы накоплен большой статистический материал по профилактике, предупреждению профессиональных заболеваний. Расследование и учет профессиональных отравлений и заболеваний проводится в соответствии с указаниями Минздрава России, содержащимися в " Положении об извещении и регистрации профессиональных отравлений и профессиональных заболеваний ". Форма отчета постоянно совершенствуется, что весьма важно для анализа и профилактики профессиональных заболеваний.

Источниками статистических данных, для анализа профессиональных заболеваний, являются материалы СЭС и учетная форма №164.

Профессиональные заболевания являются следствием неудовлетворительных условий труда в результате действия опасных и вредных производственных факторов /13/.

Анализ условий труда на локомотиво-вагоноремонтном заводе свидетельствует о низком уровне безопасности труда в литейном

производстве, наличие виброопасных технологических процессов, источников повышенной опасности.

Анализ объемных показателей литейного производства показал следующую зависимость; за 1999 год падение объемов производства составило 16,6%, численность работников за 5 лет (1995-1999 г.г.) сократилась на 14%. За период с 1995 по 1999 годы наблюдается тенденция постоянного снижения работающих в цехе. При этом количество профессиональных заболеваний изменяется скачкообразно, тенденции к снижению заболеваемости нет. За 1999 год общее количество профессиональных заболеваний в литейном производстве, возросло на 32,5% по сравнению с предыдущим годом. На рис. 1.2 представлена динамика профессиональных заболеваний в литейном производстве. При ежегодном снижении числа работающих в литейных цехах условия труда остаются неизменными.

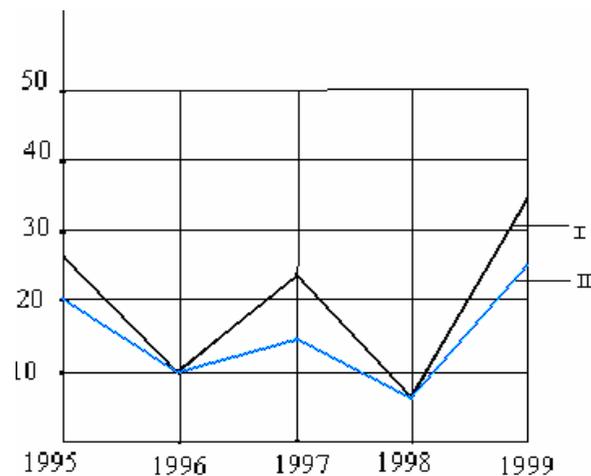


Рис 1.2 Динамика профессиональных заболеваний в литейном производстве:

I - общее количество профессиональных заболеваний;
II - виброзаболевания

Анализ профессиональных заболеваний на ЛВРЗ, проведенный среди работников литейных цехов показал, что наиболее опасным производственным фактором является воздействие на работающих повышенного уровня вибрации. В связи с этим и на основании анализа технологических процессов, рабочих мест, виброболезнь в литейном производстве занимает основное место в статистике профессиональных заболеваний и составляет 72% от общего количества профессиональных заболеваний в данном производстве. Разновидностью вибрационной болезни являются такие заболевания, как полинейропатия, ангиодистания, вегетосенсорная полинейропатия, сенсорная полинейропатия, нейрорезид предплечья /14/.

В табл. 1.3 приведены статистические данные наиболее распространенных виброзаболеваний в литейном производстве локомотивового вагоноремонтного завода.

Как было отмечено, литейное производство относится к категории особо опасных производств. В среднем за 5 лет (1995-1999г.г) количество виброзаболеваний в результате вибрационного воздействия в сталелитейном цехе составило 58%, в чугунолитейном - 14%.

В зависимости от источника вибровозбуждения 64% виброзаболеваний литейного производства является результатом воздействия локальной вибрации.

Исследования проведенные в чугунолитейном и сталелитейном цехах, в отделении очистки отливок, показали, что наиболее опасной профессией является обрубщик отливок. Обрубщики постоянно подвергнуты воздействию вибрационного фактора, передающегося через руки и вызывающие вибрационную патологию. Виброзаболеваемость за 5 лет(1995-1999г.г), связанная с вибрационным воздействием на обрубщиков, составила 43,4% (от общего количества виброзаболеваний в литейных цехах), стержневщиков, формовщиков - 21%.

Таблица 1.3

Статистические данные виброзаболеваний в литейном производстве
Улан -Удэнского ЛВРЗ

Вид профессионального заболевания	1995	1996	1997	1998	1999
Вибрационная, всего В том числе;	8	3	5	2	11
Полинейропатия	3		2	2	9
Ангиодистания	3				
Вегетосенсорная полинейропатия	1	1	1		2
Сенсорная полинейропатия	1	2	2		

В табл. 1.4 приведены данные виброзаболеваний среди работающих литейного производства по профессиям за 5 лет (1995-1999г.г)

Таблица 1.4

Распределение профессиональных виброзаболеваний
по профессиям в литейном производстве

N,N Фактора	Профессия	В среднем за 5 лет (1995-1999г.г.) В %
5	Формовщики	9
6	Стержневщики	12
7	Обрубщики	43

Анализ трудоемкости выполнения отдельных видов работ показал, что трудоемкость операций обрубки литников, прибылей, наплавов, определяется сложностью конфигурации отливок, что также влияет на виброзаболеваемость рабочих. Зависимость виброзаболеваемости от вида выполняемой работы приведена в табл. 1.5

Таблица 1.5

Распределение вибразаболеваний в зависимости
от вида выполняемой работы

N,N Фактора	Вид выполняемой работы	В среднем за 5 лет (1995- 1999г.г.), в %
8	Виброуплотнение формовоч- ной земли, изготовление литейных форм	22
9	Подтрамбовка (при машинной формовке) верхнего слоя	10
10	Обрубка литников, прибылей, наплавов	32

Исследования и анализ технологических процессов их виброопасности, анализ условий труда, профессиональных заболеваний выявляют основные причины, вызывающие возникновение и развитие вибразаболеваний на производстве. В технологических процессах используются, как было отмечено выше, машины, создающие вибрацию, которые являются виброопасной техникой. Опасность отрицательного воздействия на работающих определено повышенным уровнем контактной вибрации, а также постоянным напряжением мышц в процессе работы, охлаждением рук отработанным воздухом. Основной причиной вибразаболеваний является использование ручного пневматического инструмента на технологических процессах, КЕ - 16, СЛ-491. Соотношение между количеством случаев вибразаболеваний и используемым инструментом приведены в табл. 1.6

В среднем за 5 лет (1995-1999г.г.) вибразаболеваемость в литейном производстве составила 64%, из них, в результате использования в

технологических операциях, пневматических клепальных молотков КЕ-16, вибразаболевания составили - 38%.

Таблица 1.6

Распределение вибразаболеваний в зависимости от вида инструмента

N,N Фактора	Вид инструмента	В среднем за 5 лет (1995- 1999г.г.), в %
11	Пневматические трамбовки, СЛ – 491	26
12	Пневматические клепальные молотки, КЕ - 16	38

Анализ профессиональных заболеваний и виброопасностей на заводе ЛВРЗ свидетельствует о высоком уровне вибразаболеваемости в литейном производстве. Опасными профессиями являются обрубщики литья, стержневщики, формовщики. Причиной высокого уровня вибразаболеваемости у рабочих является использование пневматического инструмента ударного действия КЕ - 16, СЛ-491, который относится к виброопасной технике и является источником распространения профессионального заболевания.

1.3. Применяемые средства виброзащиты на виброопасных технологических процессах в литейном производстве

Пневматические ручные машины относятся к средствам малой механизации, они портативны, повышают производительность труда в 4-10 раз в сравнении с ручным трудом /15/.

Ручные машины делятся на 2 группы; непрерывно-силовые, это машины вращательного действия, силовое воздействие рабочего органа на

обрабатываемый объект осуществляется непрерывно; импульсно-силовые - это машины ударного, ударно-вращательного и ударно-поворотного действия, силовое воздействие рабочего органа на объект обработки происходит периодическими импульсами /16/.

Пневматический инструмент типа KE-16, СЛ-491 относится к импульсно - силовым машинам.

Клепальные молотки типа KE-16 не относятся к категории виброопасных /17/, однако, как показывают проведенные исследования, они являются основным источником виброзаболеваний.

Принцип работы пневматического клепального молотка KE-16 заключается в следующем; ударник, находящийся в цилиндре, под действием сжатого воздуха, поступающего поочередно по одну и другую стороны цилиндра, совершает возвратно-поступательное движение. При этом ударник производит с определенной силой ряд последовательных ударов по хвостовику рабочего наконечника, вставленному в буксу инструмента. Изменение направления поступления сжатого воздуха в цилиндр осуществляется посредством органа воздухораспределения /18/.

Клепальные молотки марки KE выпускаются Томским электромеханическим заводом им. В.В. Вахрушева с техническими характеристиками, указанными в табл. 1.7.

Пневматические клепальные молотки предназначаются для клепки заклепок. По своей конструкции клепальные молотки не отличаются от рубильных молотков. Основным критерием является их мощность. Рубильные молотки имеют меньшую мощность чем клепальные. Применяя соответствующий рабочий инструмент клепальные молотки типа KE используются при обрубке литья, где требуется большая работа единичного удара.

Таблица 1.7

Техническая характеристика пневматического клепального молотка KE-16 электромеханического завода им В.В. Вахрушва (при давлении воздуха 5 атм)

Параметры	Замечание
Диаметр заклепки, мм	16
Полная длина без вставленного рабочего наконечника, мм.	309
Полный вес без вставленного рабочего наконечника, кг.	8,0
Мощность, л.с.	0,84
Работа единичного удара на ударнике кг*м.	2,0
Вес ударника, кг.	0,4
Длина ударника, мм.	78
Диаметр ударника, мм.	30
Ход ударника, мм.	73
Число ударов в минуту.	1900

Пневматические клепальные молотки KE-16 не обеспечивают безопасные условия труда, т.к. силовой импульс при взаимодействии ударника и инструмента передается непосредственно на корпус молотка. В данной конструкции молотка отсутствуют средства защиты от вибрации, что является следствием повышенного уровня вибрации на корпусе пневмоинструмента.

Пневматические трамбовки СЛ-491, разработанные на основе серийно выпускаемых пневматических трамбовок марки ПТР-3 Московским заводом УСПИ также не являются вибробезопасной техникой, что подтверждает анализ условий труда в условии их эксплуатации.

Принцип работы пневматических трамбовок типа СЛ-491 тот же, что и у пневмомолотков серии КЕ-16 и основан на преобразовании энергии сжатого воздуха в механическую работу поршня. Вибровозбуждение обусловлено взаимодействием рабочего органа с объектом обработки.

Техническая характеристика пневмотрамбовок СЛ-491 приведена в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Техническая характеристика пневмотрамбовок СЛ- 491

Параметры		Замечание
Полный вес, без рабочего наконечника,	кг.	3,0
Полная длина без рабочего наконечника,	мм.	379
Давление воздуха,	кг/см ²	5
Расход воздуха,	м ³ /мин	0,45
Диаметр шланга,	мм	12
Диаметр поршня,	мм	28
Число ударов в минуту.		1600
Мощность трамбовки,	л.с	0,20
Работа единичного удара,	кг*м	0,57

Исследования и разработка средств защиты от вибрации в пневмоинструменте выполнялись в 1971 году Новосибирским научно-исследовательским институтом. Ими был модернизирован пневмомолоток КЕ-16. В результате использования промежуточного пневмоизолятора привело к увеличению массы и габаритных размеров ручной машины. Основное направление - снижения уровня вибрации, было основано на уменьшении энергии единичного удара, т.к. одновременно снижается виброактивность, но соответственно уменьшается производительность

пневмомолотков. Данная разработка виброзащиты не была использована в серийном производстве на предприятии.

В 1983 году ВНИИСМИ г. Москвы была разработана пневматическая трамбовка с виброзащитой и вибробезопасная ручка к трамбовке.

Пневматическая трамбовка не обеспечивала необходимую энергию единичного удара, увеличенные габаритные размеры создавали неудобство при работе на пневмотрамбовке.

Основной недостаток вибробезопасной рукоятки состоял в том, что усложнилась форма и увеличился вес инструмента. При уплотнении формовочной смеси, рабочий поддерживает инструмент двумя руками, поэтому вибробезопасные рукоятки не использовались на предприятии, т.к. уровень вибрации на корпусе инструмента оставался выше нормы.

Проблема обеспечения вибробезопасности ручных машин, на предприятии считается нерешенной. Ручные машины остаются виброопасной техникой.

Используемый пневматический инструмент ударного действия не имеет средств виброзащиты. Уровень вибрации, на корпусе инструмента, превышает допустимые нормы, что подтверждает высокий уровень виброзаболеваемости среди рабочих (см. п. 1.2)

1.4. Современное состояние научных исследований в области виброзащиты

Исследования, выполненные на предприятиях, показывают, что ручными машинами пользуется 7-12% производственных рабочих среднесписочного состава, в том числе 3-5 % рабочих применяют их в течение смены постоянно; 2,4-4,5%- периодически (до 0,5 ч в смену) и 1,5-2,6%- эпизодически (1-3 раза и неделю).

По данным многих исследований известно, что, несмотря на значительный прогресс в деле создания вибробезопасных ручных машин, до 20-40% их общего количества, находящихся в ежедневной эксплуатации в различных отраслях машиностроения, продолжают оставаться виброопасными /19, 20, 21/.

В вибрационном отношении наиболее опасны импульсно-силовые пневматические машины с возврато-поступательными приводными механизмами, такие, как рубильные и клепальные молотки, пневмотрамбовки. У них энергия сжатого воздуха преобразуется в механическую работу бойка, соударяющегося с вставным (рабочим) инструментом. Частота и энергия ударов обуславливает частотный спектр и интенсивность вибрации корпуса ручной машины и вставного инструмента.

Первые исследования по снижению вибровозбуждения наиболее опасных ручных машин ударного действия выполнены под руководством проф. Б. В. Суднишникова и ИГД СО АН СССР /22/. Направлением исследований было улучшение индикаторной диаграммы пневмоударных машин. Реализация полученных результатов позволила уменьшить величину избыточного (реактивного) импульса при расположении его на участке рабочего хода и плавным нарастанием давления по ходу рабочего процесса. Такой характер изменения индикаторной диаграммы (цикл Суднишникова), полученный специальным воздухораспределением, обеспечивает снижение амплитуды смещения корпуса и уменьшение скорости посадки его на буртик вставного инструмента.

Дальнейшее развитие этого направления позволило существенно улучшить эксплуатационные характеристики ручных пневмоударных машин, снизить уровни вибрации их корпуса. Особенно результативными оказались исследования, выполненные под руководством проф. Н. А. Клушина. Были созданы рубильные молотки М-4, М-5, М-6 и клепальные молотки типа КЕ, серийное производство которых освоил Томский электромеханический завод

им. В. В. Вахрушева. Эти молотки не относятся к категории вибробезопасных, однако они значительно превосходят предыдущие модели типа Р. по производительности, имеют резко сниженные уровни вибрации, массу и габаритные размеры.

В работах Е. В. Александрова и В. Б. Соколинского показано, что снизить виброскорость ручной пневмоударной машины можно изменением различных ее параметров /23/. Однако не всякие изменения можно использовать на практике. Так, уменьшение энергии единичного удара снижает виброактивность, но одновременно уменьшается и производительность ручной машины. Увеличение массы ручной машины снижает отдачу, но и создает неудобства при ее эксплуатации, так как требует увеличения расхода мышечной энергии оператора.

Возможности применения в ручных машинах динамического виброгашения сильно ограничены, главным образом потому, что присоединение дополнительных масс усложняет ручную машину, затрудняет эксплуатацию. Кроме того, этот метод эффективен лишь для моногармонических или узкочастотных случайных колебаний и только в местах крепления виброгасителей.

Рассмотренные методы подавления вибровозбуждения ручных машин продолжают совершенствоваться и находят реализацию в конструкциях создаваемых машин. Однако без применения средств виброизоляции и демпфирования до конца решить проблему виброзащиты пока не удастся.

Виброизоляторы позволяют исключить влияние таких источников вибрации, как переменные внутренние силы, обусловленные движущимися частями; ударные взаимодействия рабочего инструмента и обрабатываемого материала с корпусом ручной машины; ударные взаимодействия ударника пневмомолотка с корпусом и др.

В качестве упругих элементов в виброзащитных системах наиболее широко используются металлические пружины, которые обладают хорошей

Технические характеристики рубильных пневмомолотков

Модель	Энергия удара, Дж	Частота ударов, с ⁻¹	Масса молотка, кг	Разработчик, Исполнение
ИП4120	8	40	5,5	ВНИИСМИ, виброзащищенные
ИП4119	12,5	38	6,0	То же
ИП4118	16	24	6,6	«
ИП4109	22,5	18	9,0	«
ИП4110	32	15	10,0	«
1620	12,5	38	5,3	ВПТИлитпром, виброзащищенные
1620-01	16	28	5,7	То же
1621	90 5	28	6,5	«
1621-01	35	25	7,0	«
М-4(ИП4112)	8	47	4,2	ИГДСО АН СССР, виброопасные
М-5(ИП4113)	12	37	5,0	То же
М-6(ИП4114)	16	27	6,0	«

Рубильные молотки продолжают до настоящего времени оставаться, наиболее эффективной ручной машиной для выполнения названных видов работ. Спрос на них имеется практически в каждом современном чугунолитейном цехе, а в других отраслях промышленности пневмомолотки применяют десятками и даже сотнями.

На операциях обрубки отливок и зачистки сварных швов хорошо зарекомендовали себя рубильные молотки М-4 (ИП4112), М-5 (ИП4113), М-6 (ИП4114). Однако уровни вибрации на рукоятках этих молотков на 3...10 дБ выше нормы.

стабильностью виброизоляционных свойств. Кроме того, изменяя форму пружин или комбинируя из них системы, можно получать практически любую по виду характеристику виброзащитной системы, что позволяет проектировать системы с заранее заданными виброзащитными свойствами.

В ручных машинах находят применение и пневматические упругие элементы, которые выполняются либо в виде пневматических баллонов из полимерных упругих материалов, заполненных воздухом, либо в виде жесткой поршневой системы.

Применяют также упругие материалы: резину, каучук, отдельные виды пластмасс. Эти материалы обладают малой жесткостью, технологичностью, небольшой массой, бесшумностью в работе. Однако они подвержены старению, их свойства зависят от температуры, а малая жесткость обуславливает поглощение лишь высокочастотных колебаний.

Во ВНИИСМИ разработана гамма комплексно виброзащищенных рубильных и клепальных молотков, снабженных ложным корпусом и манипулятором для фиксации рабочего инструмента/24/. Система пневмо-пружинных виброизоляторов обеспечивает снижение контактной вибрации до требований санитарных норм.

ВПТИлитпроме (г. Ленинград) разработана гамма пневматических рубильных молотков с комплексной виброзащитой обеих рук оператора/9/. Снижение уровней контактной вибрации достигнуто синтезом нескольких приемов виброзащиты.

В таблице 1.9 приведены основные технические характеристики современных рубильных пневматических молотков. Большинство из них имеет виброзащищенное исполнение. Однако свердловское ПО «Пневмостроймашина» серийно выпускает лишь одну модель пневмомолотка с виброзащитой ИП4119. Однако эта модель не отвечает в полной мере требованиям таких распространенных условий обработки, как обрубка отливок и зачистка сварных швов.

Но даже таких молотков выпускается явно недостаточно, что побуждает машиностроительные заводы производить их для собственных нужд самостоятельно. Как показывают исследования, всякого рода самодельные пневмомолотки в еще большей степени не удовлетворяют требованиям гигиенических норм/25/. Решить проблему можно лишь расширением масштабов специализированного производства пневмомолотков с мобилизацией комплекса мер и — значительного накопленного в стране опыта на обеспечение их вибробезопасности и требуемых технико-эксплуатационных характеристик.

По результатам фундаментальных и прикладных исследований разработана прикладная теория колебаний и ударных систем /26/, исследована динамика упругих систем /27/, создана теория автоматического управления виброзащитными системами, разработаны принципы проектирования системы виброзащиты /28, 29/.

В ряде случаев для решения вопросов виброзащиты работающих необходимо создавать оригинальные устройства и системы /30/.

До конца проблему обеспечения вибробезопасности ручных машин еще нельзя считать решенной. На предприятиях в ежедневном употреблении продолжает оставаться значительное количество этой техники, требующей к себе пристального внимания с точки зрения виброзащиты операторов.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОБЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

2.1 Анализ факторов характеризующих виброзаболеваемость

Известно, что виброзаболеваемость может рассматриваться как сложное событие, на которое воздействуют множество объективных и субъективных факторов. Причем эти факторы имеют детерминированный и вероятностный характер /31/. Наличие всех этих факторов создает значительные трудности при установлении причин, от которых зависят возникновение, тяжесть и исход виброзаболевания. Опираясь на концепцию системного исхода, сформулированного /32/, будем рассматривать виброзаболевание как результат взаимодействия компонентов единой взаимосвязанной системы «человек-машина-внешняя среда».

На рис. 2.1 приведена причинно-следственная модель производственного виброзаболевания. Рассматривая во взаимосвязи систему «человек – машина - производственная среда» следует отметить, что виброопасная ситуация возникает при нарушении этой взаимосвязи и является прямым его следствием. Поэтому для устранения возникновения опасной ситуации необходимо выявить специфические свойства компонентов системы, влияющие на исход заболеваемости /33/.

Рассмотрим составляющие этой модели.

Компонента «машина» -обобщенное понятие, представляется как орудие труда. Здесь рассматриваются пневматические ручные машины с частотами 26,6 Гц, 31,6 Гц, давление воздуха в магистрали 5 атм.

Интенсивность взаимодействия человека с машиной в существенной мере зависит от числа последних, находящихся в сфере эксплуатации.

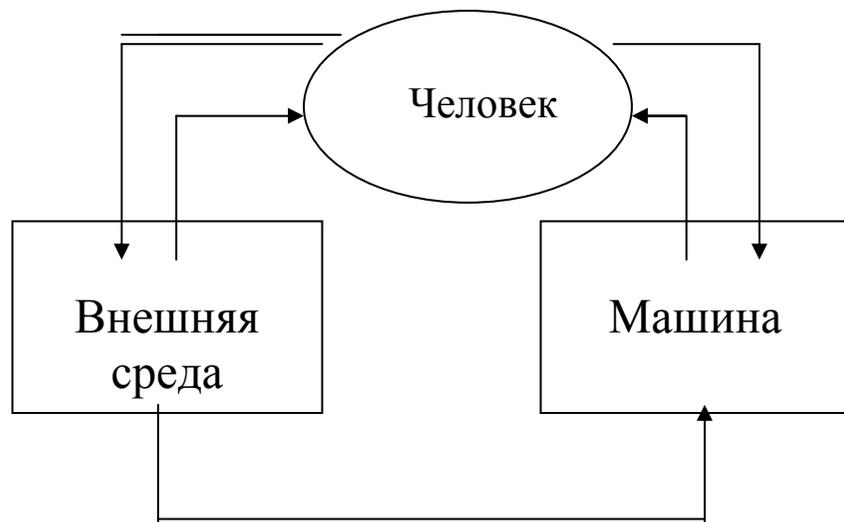


Рис. 2.1 Причинно – следственная модель
производственного виброзаболевания

Чем больше машин, тем выше вероятность возникновения виброопасной ситуации. Машина, как компонент системы (см. рис. 2.1.), сама является источником возникновения виброопасной ситуации. От параметров машины (виброскорость, виброускорение, частота собственных колебаний, наличие средств виброзащиты) зависит вероятность виброзаболевания.

Факторы поражающие вибрацию машин создают динамические реакции, передающие по конструкциям и достигающие поверхностей контакта. Причинами возникновения вибрации в пневматическом инструменте являются механические удары и отсутствие средств снижающих эти удары.

Характер и течение вибрационной болезни зависят от многих факторов определяющих режимы работы ручной машины, таких как;

- давление воздуха в магистрали,
- частота возмущающей силы,
- частота собственных колебаний системы,

- уровень вибрации машины,
- наличие средств виброзащиты.

«Внешняя среда» - пространство, в котором находится машина и человек. Внешняя среда непосредственно оказывает отрицательное воздействие на машину и человека.

Вредность вибрации усугубляется при воздействии на работающих производственных факторов внешней среды как;

- повышенная температура воздуха рабочей зоны (до 40⁰ С) и резким ее колебанием (-40 ... + 40⁰ С),
- наличием дисперсной пыли, газов.

Нестабильные климатические условия приводят к нарушению механизма терморегуляции, а низкие температуры воздуха создают охлаждающий эффект, усиливающий отрицательное воздействие вибрации в следствии сужения кровеносных сосудов. Кроме того, воздействие на человека окружающей среды может привести к ряду негативных явлений: повышению физиологической чувствительности организма к параметрам вибрации, уменьшению сопротивления кожных покровов тела.

Человек связан с внешней средой и машиной непосредственно в процессе его активного воздействия на эти компоненты (например, обслуживание и эксплуатация ручной машины).

Возникновение и развитие виброболезни связано с особенностями организма человека, такими факторами как;

- физиологические свойства организма человека,
- длительное статическое напряжение мышц,
- физическая нагрузка,
- усиление нажатия на рукоятку,
- неудобная рабочая поза.

Взаимодействие всех факторов характеризующих вибробезопасность в пространстве и во времени может приводить модель (рис. 2.1.) к одному из трех состояний, определяющих уровень безопасности труда;

- нормальное,
- вибробезопасное,
- виброопасное.

Основным критерием условий труда рабочих виброопасных профессий является уровень воздействия вибрации /34/. По этому критерию возможна ориентировочная оценка условий труда, приведенная в табл. 2.1.

Табл. 2.1.

Условия труда при воздействии вибрации

Условия труда	Характеристика вибрационного воздействия на организм человека
Нормальные	Не снижает работоспособности
Вибробезопасные	Не вызывает неблагоприятного биологического действия
Виброопасные	Возможны патологические изменения и виброболезнь

Уровень безопасности труда В на предприятии определяем отношением

$$B = 1 - \frac{P_n}{P} \quad (2.1)$$

где P_n – число работающих в условиях воздействия вибрации, превышающих гигиенические нормы,

P – число работающих с источниками и вибрации.

Чем ближе значение В к единице, тем выше уровень вибробезопасности, если В=1 то на производстве нет работающих, подверженных опасному воздействию вибрации.

В литейном производстве число работающих в условиях воздействия вибрации превышающих гигиенические нормы составляют 62 человека (статистические данные). Число работающих с источниками вибрации равно $P=85$. Отсюда определяем уровень безопасности труда.

$$B = 1 - \frac{62}{85} = 0,3$$

Условия труда относятся к виброопасному состоянию. Ориентировочная оценка безопасности труда, приведенная выше, доказывает, что «машинные факторы» оказывают на работающего неблагоприятное воздействие, приводящее к профессиональному заболеванию /35/. Уровень вибробезопасности меньше 1, т.е. на предприятии работающие подвержены опасному воздействию вибрации.

Анализ статистики профессиональных заболеваний, проведенный в параграфе 1.2, позволяет выделить основные факторы характеризующие вибробезопасность и обуславливающие ее возникновение, тяжесть и исход. К таким факторам можно отнести следующие:

- социальный,
- биологический,
- технический,
- организационный,
- экономический.

Социальный фактор характеризует личность работающего, его профессию, образование, род занятий, стаж работы, квалификацию.

Биологический фактор характеризует медико-физиологическое состояние работающего до заболевания вибрационной болезнью и после нее. Здесь необходимо выделить пол пострадавшего, его возраст,

медицинские противопоказания к работе, последствия виброзаболевания, включая степень тяжести.

Технический фактор, характеризующий машину, должен учитывать вид и тип пневматического ручного инструмента, технические характеристики, уровень вибрации инструмента, наличие средств вибрации.

Организационный фактор, отражает трудовую деятельность человека в процессе производства. Здесь будем учитывать вид выполняемой работы.

Экономический фактор, отражает экономический аспект проблемы охраны труда на производстве. Этим фактором следует учитывать материальный ущерб, связанный с потерей трудоспособности, оплатой больничных листов, а также затраты на создание и внедрение средств виброзащиты и оценку их экономической эффективности.

2.2. Частотно – факторный метод анализа виброзаболеваемости.

Для установления причинно - следственных связей рассмотрим всю совокупность факторов, характеризующих виброзаболеваемость, систематизация которых приведена выше. Согласно этой систематизации будем различать социально-биологическую, техническую, организационную группы факторов.

Всем факторам присвоим служебные номера, указанные в таблицах 1.2, 1.4, 1.5, 1.6. В соответствии с принятой нумерацией виброзаболеваемость будет характеризоваться 12 факторами. Тогда формализованное описание возникновения и развития виброзаболевания можно представить в виде вектора – факторов.

$$F = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_i, \dots, \Phi_k], (i=1, k) \quad (2.2)$$

где Φ_1, Φ_2, \dots , - введенные факторы.

Каждый из этих факторов может принимать логические значения 1 или 0 в зависимости от того, имеет ли место фактор в конкретном случае. Тогда количество виброзаболеваний, происшедших за определенное время, допустим за 1 год, может быть представлено в виде двухмерной факторной матрицы размерностью $n \times k$, содержащей единицы и нули, т.е.

$$M_{\Phi} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & \dots & 1 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 1 & 0 & 1 & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad n \times k \quad (2.3)$$

здесь n – количество заболеваний.

Столбцы матрицы (2.3) соответствуют факторам, характеризующим рассматриваемое явление. По количеству единиц в столбце можно судить о частоте появления фактора Φ_i .

Воспользуемся статистическими данными по виброзаболеваемости полученными за 1 год (1999 г.). Сформируем обобщенную матрицу вида (2.3), содержащую 12 факторов. В обобщенной матрице фактор Φ_i представлен в виде столбика, высота которого равна относительной частоте повторяемости фактора Φ_i .

На рис. 2.2 изображена двухмерная матрица виброзаболеваемости выделенная по группам факторов. Анализ матрицы позволяет установить следующее:

1. Виброзаболеваемость чаще возникает на технологических процессах обрубки литников, прибылей, заливов. Относительная частота повторяемости фактора составляет – 0,59.
2. Больше всего подвергаются виброзаболеванию обрубщики – 0,78.
3. Среди видов выполняемых работ виброзаболеваемость особенно распространена при обрубке литников, прибылей – 0,58, при виброуплотнении формочной земли, изготовлении литейных форм – 0,4.

4. При использовании пневмотрамбовок и пневмомолотков относительные частоты, соответственно равны 0,47 и 0,69.

рис. 2.2 Обобщенная двумерная матрица виброзаболеваемости

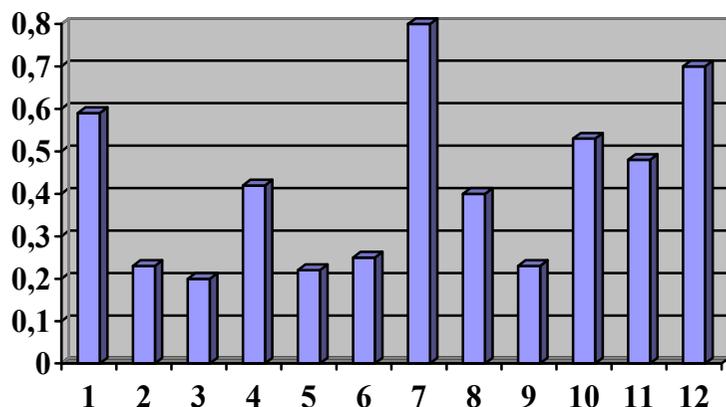


Рис. 2.2. Обобщенная двумерная матрица виброзаболеваемости

Φ_i

Частотный анализ факторов позволяет установить статистическую связь между ними.

Выделим в двумерной матрице виброзаболеваемости M_{ν} (2.3) два столбца характеризующимися факторами Φ_x и Φ_y . Как было отмечено выше, эти факторы могут принимать логические значения 1 или 0. Если в этих столбцах наблюдается полное совпадение единиц или нулей, то можно сделать вывод о существовании тесной статистической связи между факторами Φ_x и Φ_y .

Для установления количественной связи между качественными факторами, характеризующими виброзаболеваемость, воспользуемся так называемым коэффициентом двухфакторной связи, вывод которого дан в [32].

$$c_{\Phi_x \Phi_y} = 1 - \frac{2 - \sum_{i=1}^n |\Phi_x - \Phi_y|}{n}$$

(2.4)

Как следует из анализа, коэффициент $c_{\Phi_x \Phi_y}$ характеризуется тремя пограничными значениями (1,0 и -1). Если $c_{\Phi_x \Phi_y}=1$, то между Φ_x и Φ_y существует полная статистическая связь. Если $c_{\Phi_x \Phi_y}=0$, то связь между факторами частичная. При $c_{\Phi_x \Phi_y}=-1$, связь между Φ_x и Φ_y отсутствует. Поэтому, при $c_{\Phi_x \Phi_y}>0$, связь между факторами следует учитывать, если $c_{\Phi_x \Phi_y}<0$, то этой связию пренебрегаем.

В табл.2.2 приведена матрица коэффициентов двухфакторной связи, Расчету коэффициентов предшествовал содержательный анализ связей между какой-либо парой факторов.

Таблица 2.2

Количественная оценка двухфакторной связи

№ п/п	Фактор Φ_x	Группа людей			Вид инструмента	
		Формовщики	Стержнефшики	Обрубщики	СЛ-491	КЕ-16
1	Машинное уплотнение формочной смеси	0,146				
2	Ручное уплотнение форм		0,357			
3	Обрубка литья			0,421		
4	Изготовление литейных форм				0,610	
5	Зачистка литья					0,720

Как следует из таблицы 2.2 существует весьма тесная связь (0,720), (0,610) между фактором выполняемой работы и используемым инструментом.

Таким образом, на основании рассмотренного в диссертации частотно-факторного метода анализа виброзаболеваемости выявлены из всего многообразия факторов наиболее главные.

2.3. Особенности воздействия вибрации на человека. Система «человек-вибрационная болезнь»

Первое описание клиники профессионального заболевания, вызванного вибрацией принадлежит Logica (1911 г.) и Hamilton (1918 г.), наблюдавшим синдром «мертвых пальцев» у каменотесов, использовавших пневматический отбойный молоток /36/.

Систематическое воздействие производственной вибрации вызывает сосудистые нарушения, существенные нарушения в функциональном состоянии различных систем организма /36,37/.

Производственная вибрация оказывает отрицательное влияние на психомоторную работоспособность, эмоциональную сферу и умственную деятельность человека.

Различные внутренние органы и отдельные части тела человека можно рассматривать как массы, соединенные между собой «пружинами» некоторой жесткости с включением параллельных демпферов. Такая система обладает рядом резонансов, при которых в той части, где массы колеблются с наибольшими относительными амплитудами, будут возникать неприятные ощущения. Ткани человека, особенно костные, являются хорошими проводниками механических колебаний, что способствует распространению их на самые отдаленные участки человеческого тела. При частоте колебаний ниже 1 Гц тело движется как единое целое внутренние органы не используют относительных перемещений. Такие колебания очень низкой частоты ощущаются как «качка» и могут вызывать неприятные ощущения, но не вибрационную

болезнь. Низкочастотные колебания до 20 Гц вызывают вибрболезнь /38/. Наиболее выраженные изменения в организме человека вызывает вибрация частотой 40 Гц /39/.

За последние годы в зарубежной литературе появилось значительное число исследований действия вибрации на организм человека как механическую биодинамическую систему. В результате были найдены резонансные частоты как для организма в целом, так и для отдельных органов и частей тела при вертикальной вибрации. Так для человека стал 3-5 Гц для головы - 20-30 Гц, для спины -11 Гц, для конечностей - 13-20 Гц, для печени - 6-10 Гц, для сердца и легких опасными частотами являются 18-20 Гц /40/.

Здесь речь идет о механическом резонансе для значительных масс человеческого тела. При переходе к частотам порядка 100 Гц и выше вибрация распространяется по телу человека в виде волн деформаций сжатия или сдвига. Поэтому важной задачей является поиск резонансных частот для клеток и клеточных структур. Как известно, мышечная ткань составляет 75-80% от веса мягких тканей организма. Опыты показали, что частота 200 Гц является резонансной для клеточной структуры мышечной ткани.

Для понимания механизма вибраций представляется важным выяснить возможность прямого действия низкочастотных механических колебаний непосредственно на ультраструктуру клетки - нейрон /41/. Опыты показали, что ультраструктура нервных клеток оказывается более чувствительной к вибрации с частотой 100 Гц. Однако распространение механических колебаний в организме зависит не только от резонансных частот и иных биофизических и биохимических структур органов и тканей, но и от состояния их возбудимости /42/. Так, при воздействии вибрации на организм обнаруживается, что наиболее выраженные изменения в обмене биологически активных веществ происходят в

сердечной мышце. Хотя сердце, как и мозг, благодаря наличию демпфирующих систем, представляет собой органы, казалось бы надежно защищенные от непосредственного влияния механических колебаний.

Особенности воздействия производственной вибрации определяются частотными спектрами.

Влияние вибрации на человека зависит и от ее спектрального состава, направления, места положения, продолжительности воздействия, а также от индивидуальных особенностей человека /43/.

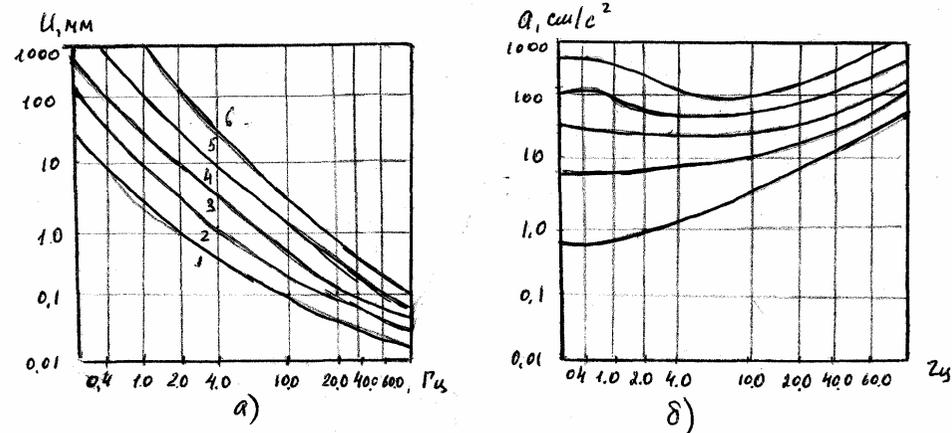


Рис. 2.3 Области равного восприятия вибрации:

а) в зависимости от виброперемещения и частоты;

б) в зависимости от виброускорения и частоты

Суммарная качественная оценка субъективных ощущений, вызванных действием вибрации, представлена на рисунке 2.3 в виде областей равного восприятия. Каждой области равного восприятия вибрации соответствуют различные уровни неприятных ощущений человека (таб. 2.3); границы между этими областями называют кривыми равного восприятия вибрации.

Таблица 2.3

Общая оценка ощущений человека при вибрации

Область на рис. 2,3	Вибрация	Область на рис. 2,3	Вибрация
1	Не ощутимая	4	Сильно ощутимая
2	Слабо ощутимая	5	Неприятна при длительном воздействии
3	Хорошо ощутимая	6	Неприятна при кратковременном воздействии

Более детальная квалификация вредного влияния вибрации и симптомы, вызываемых ею функциональных и физиологических нарушений, приведены на рис. 2.4.

Комплекс патологических отклонений, вызванных воздействием вибрации на организм человека назван вибрационной болезнью характер и течение вибрационной болезни зависят от многих факторов. Важнейшим из них является уровень вибрации и ее частота, продолжительность и направление воздействия на человека, состояния окружающей среды и условий труда работающих, физические и физиологические свойства организма человека. Вибрационная болезнь имеет три стадии проявления вибрационной болезни: начальная (I стадия), умеренно выраженная (II стадия) и выраженная (III стадия) /30/.

В табл. 2.4 приведены описания стадий вибрационной болезни в симптомном варианте, составлены по материалам опубликованным в медицинской литературе /12, 33, 30/.

При начальном проявлении вибрационной болезни двигательные проявления вибрационной болезни двигательные функции человека не страдают.

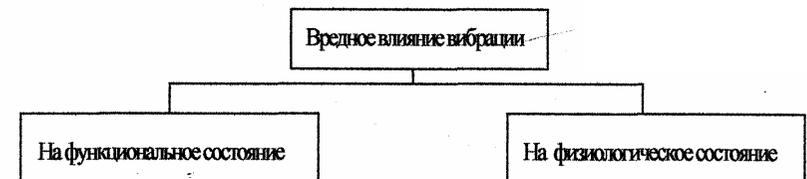


рис. 2.4 Характерные особенности вредного влияния
вибрации на человека

Состояние здоровья и трудоспособность работающих сохранены и не отражаются на производительности труда. выраженная стадия обуславливает снижение функциональных показателей состояния здоровья. Снижается производительность труда. Выраженное проявление вибрационной болезни сопровождается значительным снижением трудоспособности.

Вибрационная болезнь относится к группе профессиональных заболеваний.

В производственных условиях ручные машины уровень виброскорости в полосах нижних частот (до 35 Гц), вызывают вибрационную патологию с преимущественным поражением нервно-мышечного, опорно-двигательного аппарата.

Таблица 2.4

Основные стадии вибрационной болезни

при воздействии локальной вибрации

Стадия (степень)	Характеристика симптома
I – начальные проявления	Периодические нередко выраженные боли в руках, легкие расстройства болевой и вибрационной чувствительности пальцев рук, тенденция к спастическому состоянию капилляров ногтевого ложа, незначительные изменения мышц плечевого пояса.
II – умеренно выраженные проявления	Выраженные сосудистые кризисы, которые сопровождаются приступами спазма и побеления пальцев рук (синдром «мертвых пальцев»), сменяющиеся синюшностью; резкое снижение кожной температуры на кистях; руки становятся холодными и мокрыми, пальцы отечными, отмечаются сильные боли в мышцах рук, происходят функциональные изменения центральной нервной системы.
III – выраженные проявления	Поражение высших отделов центральной нервной системы, сосудистые нарушения верхних и нижних конечностей; приступы головокружения, головная боль, полубморочное состояние.

При работе с ручными машинами, вибрация которых имеет максимальный уровень энергии в высокочастотной области спектра (выше 125 Гц), возникают сосудистые расстройства с склонностью к спазму периферических сосудов. При воздействии вибрации низкой

частоты заболевание возникает через 8-10 лет, при воздействии высокочастотной вибрации – через 5 лет и менее /41, 44/.

Локальная вибрация преимущественно средне-высокочастотная (35-125 Гц и более) с неравномерным распределением максимальных уровней по ширине спектра энергии и наличием импульсного удара, вызывает сосудистые, нервно – мышечные, костно–суставные нарушения. Срок развития патологии от 3 до 8 лет. /42, 45, 46/

Ведущая роль в исследовании производственной вибрации и ее влияния на работающих, а также профилактике виброзаболеваний принадлежит профессорам Е.Ц. Андреевой-Галаниной, Э.А. Дрогичевой, М.И. Лосевой, И.К. Разумову, Г.А. Суворову.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ВИБРООПАСНОСТИ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

3.1. Методы и средства снижения виброактивности в пневматическом инструменте ударного действия.

Единого, общего для всех машиностроительных предприятий комплекса мер, ограничивающих передачу вибрации работающим с ручным пневматическим инструментом не существует, исходя из реальных условий, в диссертации разработан пневмовиброизолятор для машин ударного действия.

Пневматические инструменты ударного действия относятся к импульсно-силовым пневматическим машинам с возвратно-поступательным приводным механизмом которые имеют наибольшую виброактивность. Причиной вибровозбуждения ручных машин является преобразование энергии сжатого воздуха в механическую работу бойка (поршня), соударяющегося с рабочим инструментом (поверхностью). Частота и энергия ударов вызывают интенсивность вибрации корпуса ручной машины.

Анализ уравнений, описывающих колебания инструмента, а также анализ причин вибровозбуждения в машинах ударного действия и их оптимизации представлены в справочнике «Вибрация в технике» /47/.

Снижение вибрации всего инструмента, с целью виброзащиты оператора, экономически не целесообразно и технически невозможно. Виброзащита работающего обеспечивается снижением уровня контактной вибрации. Механические удары пневматического ручного инструмента, в данном случае, являются основной причиной вибровозбуждения. Их частота и интенсивность определяют уровни и частотный состав вибрации /23, 48/.

Основными методами борьбы с вибрациями машин являются:

1. Снижение вибрации воздействием на источник возбуждения;

2. Снижение параметров вибрации на пути ее распространения от источника.

Метод снижения параметров вибрации на пути ее распространения от источника вибровозбуждения заключается в следующем:

- рациональный выбор массы или жесткости колеблющейся системы;
- вибродемпфирование;
- динамическое гашение колебаний;
- виброизоляция.

Снижение вибрации методом отстройки от режима резонанса заключается в изменении собственной частоты системы от частоты вынуждающей силы. Изменение характеристик системы (массы или жесткости), либо установление нового рабочего режима позволяют исключить постоянные резонансные режимы.

Демпфирование относится к методам принудительного гашения колебаний системы. В основе его лежит рассеяние колебательной энергии на преодоление сил неупругого сопротивления, называемых диссипативными. В системах виброзащиты диссипацию увеличивают введением в конструкцию машин специальных демпфирующих устройств. Для увеличения потерь энергии в системе, в качестве конструкционных материалов используют материал с большим внутренним трением.

Динамическое гашение колебаний заключается в присоединение к объекту виброзащиты дополнительных устройств. Возможности использования в пневматическом ручном инструменте динамического виброгашения ограничены, так как присоединение дополнительных масс усложняет ручной инструмент, затрудняет эксплуатацию. Недостатком дополнительного виброгасителя является и то, что он действует только при определенной частоте, соответствующей его резонансному режиму колебаний /49,50/.

Виброизоляция является эффективным средством вибрационной защиты. Назначение виброизоляции состоит в уменьшении передачи вибрации от ис-

точника возбуждения защищаемому объекту при помощи устройств помещаемых между ними /51/. Виброизоляция осуществляется введением в колебательную систему дополнительной упругой связи, которая препятствует передаче вибраций от источника колебаний к защищаемому объекту.

Система виброизоляции включает три основных элемента: источник вибрации, защищаемый от вибрации объект (оператор) и средство виброизоляции. На рис. 3.1 показана схема виброизоляции.



Рис. 3.1 Схема виброизоляции

Основным требованием разработки пневмовиброизолятора к пневматическому инструменту является обеспечение вибробезопасных условий труда.

В диссертации разработана конструкция пневмовиброизолятора с истечением воздуха для пневмотрамбовки СЛ-491 и пневмомолотка КЕ-16.

Специальные средства виброзащиты ограничивают воздействие вибрации на работающего и обеспечивают снижение уровня локальной вибрации /52/.

Средства виброзащиты – это дополнительные элементы в системе «человек-машина». Они выполнены в виде амортизаторов, устраняющих жесткую связь вибрирующего инструмента с оператором. Действие амортизирующих устройств основано на уменьшении возмущающих сил, вызывающих вибрацию, за счет сил упругости, действующих в противоположном направлении.

Дополнительными элементами виброизоляции в пневмоинструменте СЛ-491, КЕ-16 являются упругие элементы, которые уменьшают уровень вибрации от места соударения через корпус инструмента к оператору.

Основные средства виброзащиты – это пружинные и резиновые амортизаторы, они исключают влияние источников вибрации, переменные внутренние

силы, ударные воздействия ударника пневмоинструмента с корпусом ручной машины.

В качестве упругих элементов используем металлические пружины, они обладают высокой стабильностью виброизоляционных свойств, снижают воздействие вибрации низкой частоты на руки работающего, обеспечивают пневмовиброизолятору большую прочность и долговечность /53/. Резиновые амортизаторы гасят вибрацию высокой частоты, имеют малую жесткость, небольшую массу, бесшумные в работе /54/.

Метод вибропонижения, то есть снижения уровня вибрации мест контакта машины с руками оператора, с помощью специальных виброзащитных средств, является основой разработки виброзащиты для пневматического инструмента ударного действия.

Использование пневматических виброизоляторов позволяет существенно снизить жесткость виброизоляции, уменьшить передачу динамических нагрузок, и амплитуду колебаний.

3.2. Методы оценки и нормирования параметров вибрации.

Основу гигиенического нормирования составляют критерии здоровья человека при воздействии на него вибрации. Применение гигиенической нормы позволяет объективно оценить условия труда, определить степень виброопасности /55/.

Отечественной гигиенической науке принадлежит ведущая роль в разработке принципов и методов гигиенического нормирования вибрации, ручных машин. В нашей стране впервые в мире (1955 г.) были разработаны и введены в действие нормы по ограничению вибрации механизированного инструмента, которые неоднократно пересматривались в сторону улучшения.

В зарубежных странах отсутствуют государственные нормативы, регламентирующие допустимые вибрации механизмов /56/. Каждая фирма придерживается своего регламента.

Сравнение данных показывает, что отечественное машиностроение предъявляет более жесткие требования к машинам. В Японии фирма «Мицубиси Денки» допускает отклонения вибрации своих изделий в пределах от 0,03 до 0,003 мм. /57/.

На заседании Международного технического комитета по механическим ударам и вибрациям, проходившем в Праге в 1967 г., было решено оценивать параметры вибрации по их эффективной колебательной скорости. До настоящего времени нет полной ясности в вопросе о том, каким параметром лучше всего оценивается воздействие локальной вибрации (смещением, скоростью или ускорением).

В проекте рекомендаций Международной организации по стандартизации (ИСО) различают три зоны частоты: низкая, средняя и высокая /58/.

Для низких частот учитывается субъективное восприятие силы вибрации в зависимости от смещения, для средних частот- от скорости, для высоких- от ускорения.

Основой для разработки гигиенических норм является оценка субъективного восприятия вибрации человеком, физиологические, функциональные, биомеханические и биохимические реакции его организма. В настоящее время документами, регламентирующими гигиенические нормы вибрации, является ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования», а также санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Министерства здравоохранения России /59/.

Они устанавливают три метода оценки вибрации, воздействующей на человека в производственных условиях:

- 1- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- 2- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;

Предельно допустимые значения производственной локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Предельно допустимые значения по осям X, Y, Z.			
	виброускорения		Виброскорости	
	м/с ²	дБ	м/с ²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109
Корректирование и эквивалентные скорректированные значения и их уровни.	2,0	126	2,0	112

3- дозой вибрации.

Оценка степени локальной вибрации производится в диапазоне частот от 11 до 2800 Гц, который включает 8 октавных частотных полос со среднегеометрическими значениями частот: 8;16;31,5;63;125; 250;500;1000 Гц.

Гигиенической характеристикой вибрации являются нормируемые параметры, выбранные в зависимости от принятого метода её оценки /60/.

При частотном (спектральном) методе анализа нормируемыми параметрами являются средние квадратические значения виброскорости (*V*) и виброускорения (*a*) или их логарифмические уровни (*L_V*, *L_a*).

Логарифмические уровни виброскорости (*L_V*), в дБ, определяем по формуле:

$$L_V = 20 * \lg \frac{V}{5 * 10^{-8}} \quad (3.37)$$

где *V* – среднее квадратическое значение виброскорости, м/с,

$5 * 10^{-8}$ – опорное значение виброскорости, м/с.

Логарифмические уровни виброускорения (*L_a*), в дБ, определяем:

$$L_a = 20 * \lg \frac{a}{1 * 10^{-6}} \quad (3.38)$$

где *a* – среднее квадратическое значение виброускорения, м/с²;

$1 * 10^{-6}$ – опорное значение виброускорения, м/с².

Вибрацию, действующую на человека, нормируют отдельно для каждого установленного направления *x*, *y*, *z*, исходя из длительности воздействия 480 мин. (8 ч.).

Для локальной вибрации допустимые значения нормируемого параметра приведены в табл. 3.1. согласно СН 2.2.4/2.1.8.566-96 /59/.

Предельно допустимые значения колебательной скорости снижаются с увеличением частоты. Такая зависимость установлена на основании наблюдений над работающими в условиях вибрации, которые показали, что нарастание травматологических случаев происходит с увеличением частоты колебаний.

При интегральной оценке по частоте нормируемым параметром является скорректированное значение контролируемого параметра вибрации *U*, вычисляемое по результатам спектральных измерений по формуле

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2 * k_i^2} \quad (3.39)$$

где *U_i* – среднее квадратическое значение контролируемого параметра

(виброскорости или виброускорения) в *i*-ой частотной полосе;

n – число частотных полос в нормируемом частотном диапазоне;

k_i – весовой коэффициент для *i*-ой частотной полосы, определяемый по табл.

3.2 согласно /59/.

Таблица 3.2

Значение весовых коэффициентов $K_i, L K_i$ (дБ) для локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц.	Значение весовых коэффициентов			
	для виброускорения		для виброскорости	
	K_i	$L K_i$	K_i	$L K_i$
8	1,0	0	0,5	-6
16	1,0	0	1,0	0
31,5	0,5	-6	1,0	0
63	0,25	-12	1,0	0
125	0,125	-16	1,0	0
250	0,063	-24	1,0	0
500	0,0315	-30	1,0	0
1000	0,016	-36	1,0	0

Расчет скорректированного уровня вибрации производится двумя способами:

- а) с использованием абсолютных значений вибрации, измеренных в октавных полосах частот;
- б) методом энергетического суммирования логарифмических уровней вибрации (в дБ) с использованием табличных значений поправок к разности слагаемых уровней.

Гигиенические нормы вибрации при интегральной оценке по частоте нормируемого параметра приведены в табл. 3.1.

При методе оценки вибрации с помощью дозы нормируемым параметром является эквивалентное скорректированное значение виброскорости или виброускорения ($U_{экр}$) или их логарифмический уровень

($L_{U_{экр}}$) измеренное и вычисленное по формуле:

$$U_{экр} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n U_i^2 * t_i}{T}} \quad (3.40)$$

или

$$L_{U_{экр}} = 10 * \lg \left(\frac{1}{T} * \sum_{i=1}^n 10^{0,1 * L_i} * t_i \right) \quad (3.41)$$

где U_i – скорректированное по частоте значение контролируемого параметра виброскорости (V, L_V), или виброускорения (a, L_a);

t_i – время действия вибрации, ч.;

n – общее число интервалов действия вибрации.

Метод спектрального анализа является универсальным, так как позволяет аналитически переходить к методам одночисловой оценки вибрации. Интегральный и дозовый метод использовали для анализа условий труда и оценки их виброопасности.

Гигиеническая оценка вибрации определяется сравнением величины, рассчитанных одним из методов, с допустимыми значениями по действующим санитарным нормам.

**ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОЗАЩИТЫ
ПНЕВМАТИЧЕСКОГО РУЧНОГО ИНСТРУМЕНТА**

4.1 Методика измерения и контроля вибрационных параметров пневматического инструмента ударного действия

Целью настоящего исследования является определение уровней локальной вибрации с одной стороны для изучения условий вибробезопасности, а с другой стороны – для обоснования влияния конструктивных параметров виброзащиты на эффективность снижения интенсивности колебаний.

Измерение параметров вибрации производилось в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.034-81 (СТ СЭВ 1931) "ССБТ. Общие требования к проведению измерений." /61/.

Средством измерения вибрации являются виброизмерительные приборы, основные требования к аппаратуре изложены в нормативно-технической документации ГОСТ 12.4.012-83. /62/.

Современные виброизмерительные приборы – это электронные малогабаритные приборы с автономным питанием и калибровочным устройством для контроля электрической части и со встроенными фильтрами. В России находят применение приборы отечественного и зарубежного производства (табл.4.1).

В последние годы развивается вибродозиметрия – как составная часть виброметрии, основанная на интегральной оценке вибрационного воздействия. Применяется прецизионная виброизмерительная аппаратура датской фирмы "Брюль и Кьер": комплект типа 3501, включающий шумомер типа 2203, октавные фильтры типа 1613, акселерометры типа 4312/15, интегратор ZR=0020, а также виброизмерительная аппаратура фирмы RFT (Германия): виброметры типа SM 211, SM 231, SM 241; пьезоэлектрические датчики типа КД и КВ; ок-

тавные фильтры типа OF-101 и OF-201; самопишущий измеритель уровня типа PSG-101.

Таблица 4.1

Виброизмерительные приборы

Название	Модель	Изготовитель
Измеритель шума и вибрации	ВШВ-003	Завод "Виброприбор", Россия
Виброметр	00042	Предприятие "Роботрон", Германия
Измеритель вибраций воздействующих на человека	M-1300	Предприятие "Роботрон", Германия
Виброметр	2512	Фирма "Брюль и Кьер", Дания

В отечественной и мировой практике планируется создание и организация производства простых по устройству и дешевых вибродозиметров, которые могут быть как электронного, так и не электронного принципов действия. Используется и применяется вибродозиметр ВД-01, принцип его действия основан на преобразовании вибрации в электрический сигнал с последующей частотной коррекцией. Особенностью прибора является простота его конструкции, небольшие габаритные размеры и масса. Перспективной является разработка индивидуальных вибродозиметров, использующих неэлектронные принципы регистрации дозы вибрации. Известна конструкция вибродозиметра /74/, в котором регистрация дозы вибрации происходит с помощью электрокинематического накопителя.

Средства измерения обеспечивают измерение действующих значений колебательной скорости (в м/с) или ее уровней (в децибелах) в октавных полосах частот на поверхности ручной машины, предназначенных для контакта с рукой рабочего.

Для измерения параметров вибрации использовали виброметр типа ВШВ-003 (усовершенствованный аналог ИШВ-1) со следующими техническими характеристиками:

1. Диапазон измеряемых уровней виброскорости, дБ – 80-120.
2. Частотный диапазон, Гц – 10-2800.
3. Класс точности %, дБ – 10.
4. Питание прибора – элементы 373 –5шт;
сеть 220В 50 Гц.
5. Масса, кг – 5.
6. Тип октавных фильтров – встроенные 16-8000 Гц.

Виброизмерительная система включает виброизмерительный преобразователь (датчик), измерительный усилитель, полосовые фильтры и регистрирующий прибор (или показывающий). Вибропреобразователь (вибродатчик) выполняет роль преобразователя энергии вибрационных колебаний, получаемых от источника, в электрические сигналы. Измерительный усилитель предназначен для усиления слабого выходного сигнала. Выделение требуемой полосы анализируемых частот колебаний производится фильтрами. Они выполнены с постоянной относительной полосой пропускания, кратной долям октавы. Использование фильтров позволяет проводить спектральный анализ вибрации путем измерения ее уровней в заданных диапазонах частот, т.е. в октавных диапазонах. Виброизмерительные приборы в соответствии с требованиями /62/ выполняют спектральный анализ вибрации.

Процесс измерения локальной вибрации разделили на следующие этапы:

1. Выбор места установки и способ крепления вибродатчиков.
2. Подготовка измерительной аппаратуры.
3. Проведение измерений.
4. Обработка результатов измерений.

Измерение параметров вибрации, действующей на рабочего, проводилось при выполнении конкретной технологической операции. Вибропреобразо-

ватель устанавливался в месте контакта работающего с рукояткой пневмоинструмента и на корпусе машины, т.е. на опорной поверхности (см. рис.4.1).



Рис. 4.1. Схема передачи вибрации работающему

На клепальном молотке опорная поверхность контакта находится на вставном инструменте. Установка вибропреобразователя производилась с помощью переходного элемента (адаптера). На рис. 4.2 показана конструкция адаптера. Он выполнен из легкого металлического сплава. Адаптер вставляется между пальцами рук и прижимается к опорной поверхности. При проведении измерений соблюдались условия установленные ГОСТ 12.1.042-84 "ССБТ. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах" /63/, ГОСТ 12.1.043-84 "ССБТ. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах в производственных помещениях" /64, 65/. Измерения выполнялись в паспортном режиме, в процессе обрубки и формования, методом спектрального анализа. Время отдельного измерения в полосе частот 6,3...22,4Гц составило 4с, для частот свыше 22,4Гц – 3с.

Результаты измерения параметров вибрации методом спектрального анализа оформлены протоколом установленной формы №334/у утвержденной Минздравом СССР 04.10.80 №1030 (см. приложение 3, приложение 4).

Контроль вибрационных параметров ручного пневматического инструмента проводился с целью определения вибрационных характеристик, выявления виброопасных машин, определения уровня виробезопасности труда.

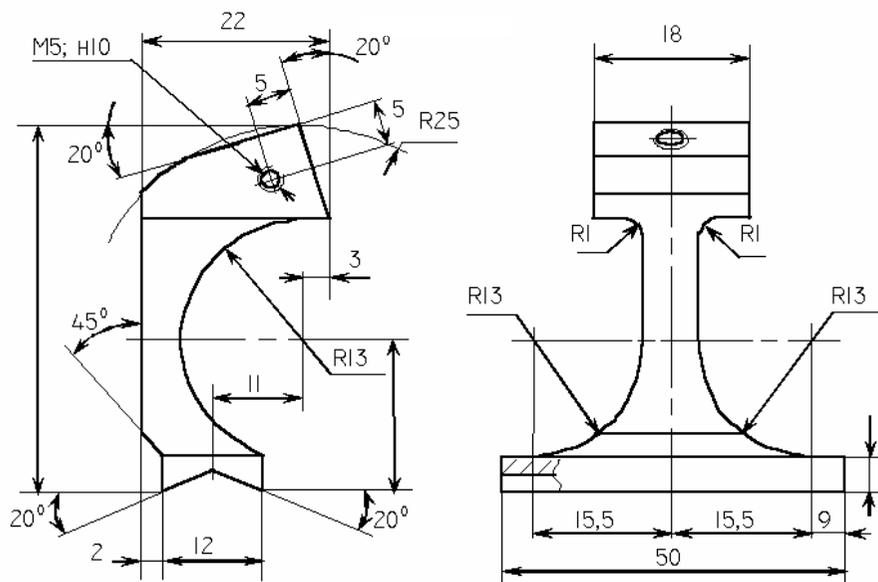


Рис.4.2. Конструкция адаптера

4.2. Разработка математической модели при исследовании вибрации пневматического инструмента с помощью планирования эксперимента.

Влияние конструктивных параметров средств виброзащиты на эффективность снижения уровня вибрации определяется построением математической модели (уравнения регрессии) с помощью планирования эксперимента.

Параметры вибрации (виброскорость, виброускорение) зависят от множества факторов. Причем, многие из этих факторов подчиняются вероятностно-статистическим закономерностям, а некоторые из них не подлежат описанию статистическими связями, т.е. находятся в состоянии неопределенности /66/.

При определении модели используем полный факторный эксперимент, который позволяет количественно оценивать эффекты взаимодействия /67/.

Основную задачу многофакторного анализа параметра виброскорости представим в общем виде функции или математической модели

$$M(y) = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (4.1)$$

где y – параметр оптимизации, зависимая величина (виброскорость);

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – значения факторов, определяющих величину виброскорости.

При планировании эксперимента используем полиномиальные модели в виде полинома первой степени

$$M(y) = \epsilon_0 + \epsilon_1 x_1 + \epsilon_2 x_2 + \dots + \epsilon_n x_n \quad (4.2)$$

В качестве математической модели получим выражение

$$y_i = \epsilon_0 + \epsilon_1 x_1 + \epsilon_2 x_2 + \epsilon_3 x_3 + \epsilon_{12} x_1 x_2 + \epsilon_{13} x_1 x_3 + \epsilon_{23} x_2 x_3 \quad (4.3)$$

где y_i – уровень виброскорости для каждой частоты.

Моделирование включает ряд этапов.

Первый этап состоит в логическом отборе факторов (параметров) вводимых в модель. При их отборе учитывается, чтобы включаемые в модель факторы существенно влияли на параметр оптимизации (виброускорение). Сами факторы выражаются количественными характеристиками и являются независимыми друг от друга /68, 69/.

В качестве значимых факторов будем рассматривать: давление в системе – p , диаметр пружины – d , число витков – n . Каждый фактор имеет определенные пределы измерения.

Второй этап – планирование эксперимента и сбор экспериментальных данных. Здесь необходимо определить пределы измерения величин (верхнего и нижнего уровня), обосновать интервал варьирования переменных.

При проведении эксперимента примем допущение о том, что независимые величины x_i (p , d , n) изменяются с пренебрежимо малыми ошибками, по сравнению с ошибками в определении отклика – y_i .

В эксперименте используем значения факторов, соответствующие верхней и нижней границам интервала варьирования. Обозначим соответственно верхний и нижний уровни +1 и -1. Основные уровни факторов и интервалы варьирования устанавливаем исходя из реальных пределов колебаний значений факторов. В табл. 4.1 и табл. 4.2 приведена комбинация уровней факторов для пневмомолотков и пневмотрамбовок, при котором исследуется уровень вибрации.

Таблица 4.1

Уровни факторов и интервалы варьирования (для пневмомолотков KE-16B)

Уровни факторов	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>n</i>
	x_1	x_2	x_3
Основной	5	8	5
Интервал варьирования	1	2	2
Верхний +1	6	10	7
Нижний -1	4	6	3

Используя кодированные значения факторов, условия эксперимента запишется в виде таблицы или матрицы планирования эксперимента (для пневмоинструмента), где строки соответствуют различным опытам, а столбцы – значениям факторов.

Матрица планирования для трех факторов приведена в табл. 4.3. Столбцы x_1 , x_2 , x_3 образуют матрицу плана, по ним непосредственно определяются условия опыта. Столбцы x_1x_2 , x_1x_3 , x_2x_3 – возможные комбинации произведений факторов, которые позволяют оценить эффекты взаимодействия факторов.

Таблица 4.2

Уровни факторов и интервалы варьирования (для пневмотрамбовок СЛ-491В)

Уровни факторов	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>n</i>
	x_1	x_2	x_3
Основной	5	3	5
Интервал варьирования	1	1	2
Верхний +1	6	4	7
Нижний -1	4	2	3

Таблица 4.3

Матрица планирования эксперимента при исследовании вибрации пневматического инструмента

Кодовое Обозначение	θ_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3
Опыт 1	+	+	+	+	+	+	+
Опыт 2	+	-	+	+	-	-	+
Опыт 3	+	+	-	+	-	+	-
Опыт 4	+	-	-	+	+	-	-
Опыт 5	+	+	+	-	+	-	-
Опыт 6	+	-	+	-	-	+	-
Опыт 7	+	+	-	-	-	-	+
Опыт 8	+	-	-	-	+	+	+

Для проведения экспериментальных исследований отбираются серийные ручные машины, находящиеся в эксплуатации 5 месяцев и обеспечивающие работу в паспортном режиме. В процессе измерения уровня вибрации режимы обработки, давление воздуха в магистрали поддерживаются постоянными. Для каждой ручной машины изготавливается пневмовиброизолятор с различным сочетанием конструктивных параметров, предусмотренных планом экспери-

мента. При оценке исследуемых факторов на уровень вибрации измерение уровня виброскорости проводится непосредственно в процессе работы, в местах контакта с рукой рабочего и в процессе каждого из запланированных опытов. Влияние конструктивных параметров пневмовиброизолятора на уровень вибрации определяется посредством изменения факторов, предусмотренных планом эксперимента.

В производственных условиях уровень виброскорости измеряется непосредственно на рукоятке пневмомолотка и пневмотрамбовки, и на корпусе инструмента, соответственно с перестановкой адаптера и вибродатчика. Сначала адаптер устанавливается на рукоятку инструмента, производится измерение спектра вибрации для каждой частоты октавных полос с использованием прибора ВШВ-003. Затем адаптер устанавливают на корпус ручной машины и измерение повторяют при тех же параметрах работы ручной машины.

Результаты испытания пневмоинструмента с виброзащитой приведены в табл. 4.4 и табл. 4.5. Измерения уровней виброскорости на рукоятках ручных машин и на корпусе (вставном элементе для пневмомолотков) выполняют в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Для ручных машин, максимальные значения виброскорости находятся в радиальном направлении по отношению к оси рукоятки, совпадающим с направлением усилия нажатия. Поэтому параметры вибрации исследуются по виброскорости на среднегеометрических частотах октавных полос.

Третий этап моделирования состоит в обосновании математической формы связи между уровнем виброскорости и обуславливающими ее факторами p , d , n , а также в оценке тесноты их связи.

На основании существования линейной связи при моделировании приведены расчетные выражения, представляющие собой линейные уравнения регрессии, коэффициенты уравнений получены способом наименьших квадратов, соответственно y_m – для пневмотрамбовок, y_n – для пневмомолотков

$$y_m = +82,991 + 0,681 x_1 + 2,405 x_2 + 2,174 x_3$$

$$y_n = +87,381 + 0,287 x_1 + 2,891 x_2 + 0,350 x_3$$

$$(4.4)$$

Коэффициенты регрессии рассчитываются на основании пакета программ "Статистика".

Гипотеза о значимости уравнения не отвергается с вероятностью 0,950. Планирование эксперимента исходит из статистического характера зависимостей, поэтому полученные уравнения (4.4) подвергаем статистическому анализу с целью сравнения достоверности полученной зависимости, определения степени влияния факторов на результат, нахождения зависимости математического ожидания результата процесса от параметров /70/.

Таблица 4.4

Матрица планирования и результаты испытания пневмомолотков KE-16B

№ опыта	Факторы			Параметры уровней виброскоростей, дБ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц.								y_V
				8	16	31,5	63	125	250	500	1 000	
				y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	
1	+6	+10	+7	120	120	117	118	121	121	116	117	118,75
2	-4	+10	+7	118	116	120	115	119	118	120	116	117,75
3	+6	-6	+7	84	76	68	70	76	74	81	80	76,1
4	-4	-6	+7	70	68	64	72	68	76	76	74	71
5	+6	+10	-3	116	118	120	117	115	114	110	118	116
6	-4	+10	-3	114	120	117	112	120	118	112	120	116,6
7	+6	-6	-3	70	64	68	81	78	69	72	70	71,5
8	-4	-6	-3	66	71	68	64	68	65	60	62	65,5

Степень тесноты связи между факторами x_1 (давление в системе), x_2 (диаметр пружины), x_3 (число витков) и результатом y (уровень виброскорости) определяется коэффициентом множественной корреляции /71/. Коэффициент множественной корреляции принимает значение в пределах между 0 и 1. Чем

ближе он к единице, тем теснее зависимость y от совокупного действия x_1, x_2, x_3 .

Таблица 4.5

Матрица планирования и результаты испытания пневмотрамбовок СЛ-491В

№ опыта	Факторы			Параметры уровней виброскоростей, дБ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц.								y_V
				8	16	31,5	63	125	250	500	1 000	
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	
1	+6	+4	+7	126	118	118	116	120	115	110	110	116,6
2	-4	+4	+7	128	120	117	115	110	118	116	117	117,6
3	+6	-2	+7	85	76	90	108	115	98	98	112	97,75
4	-4	-2	+7	90	87	82	85	86	78	76	78	82,75
5	+6	+4	-3	118	112	113	100	118	118	101	100	110
6	-4	+4	-3	108	112	104	107	102	98	104	97	104
7	+6	-2	-3	73	70	58	57	60	58	55	54	60,6
8	-4	-2	-3	59	57	55	50	54	49	51	51	53,25

Для проверки гипотезы о наличии статистической связи и количественной оценки степени ее тесноты между случайной величиной y и набором также случайных величин порознь или вместе, как известно /72/ применяется коэффициенты парной корреляции (r).

Анализ полученных расчетных данных показывает, что существует тесная положительная связь между уровнем виброскорости и диаметром проволоки пружинного амортизатора. Статистическая связь составляет: для пневмотрамбовки $r = 0,80$, для пневмомолотка $r = 0,99$. Влияние фактора x_3 на величину y определяется коэффициентом парной корреляции для пневмотрамбовки $r = 0,31$, пневмомолотка $r = 0,08$.

Анализ коэффициентов множественной корреляции показывает значимость совокупного действия факторов x_2 и x_3 на результат y . Коэффициент множественной корреляции для пневмотрамбовок составляет $R=0,99$, значимыми являются факторы x_2 и x_3 . Для пневмомолотка коэффициент множественной корреляции $R=0,96$, значимыми факторами также являются x_2 и x_3 .

Весьма тесная связь уровня виброскорости с совокупностью факторов (x_1, x_2, x_3) подтверждает обоснованность выбора линейного уравнения регрессии.

Статистическая значимость коэффициентов уравнений регрессии оценивается по t-критерию Стьюдента: нуль – гипотеза для всех случаев отвергается, т.е. оценки коэффициентов уравнений (4.4) значимы.

Проверка моделей на адекватность получена с помощью критерия Фишера (F-критерий), на основании чего подтверждается гипотеза об однородности двух выборочных дисперсий. Вычисления произведены на заданном уровне значимости $q=0,05$ и числе степеней свободы $V_1 = k-1 = 2$ и $V_2 = n-k = 5$. Здесь $k=3$, число членов аппроксимирующего полинома, $n=8$, число вариантов варьирования. Во всех случаях найденные значения F-критерия больше F-критерия критического, найденного по таблице распределения Фишера /73/.

Обобщенная матрица планирования при исследовании вибрации пневматического инструмента приведена в табл.4.6 и табл.4.7.

Из анализа уравнений регрессии следует, что величина уровня виброскорости зависит от диаметра пружины пневмовиброизолятора и числа витков. Конструктивные параметры пневмовиброизолятора существенно влияют на уровень виброскорости пневмоинструмента.

Экспериментальные исследования подтверждают достоверность теоретических выводов и расчетов, а также влияние конструктивных параметров пневмовиброизолятора на фактическую эффективность виброзащиты.

4.3 Результаты проведения испытаний виброзащищенного пневматического инструмента ударного действия.

Цель проведения испытания состоит в определении действующих уровней контактной вибрации при использовании инструмента с виброзащитой и сравнение их с теми уровнями, которые имеются на инструменте без виброзащиты.

Исследования проводились в сталелитейном цехе в отделении очистки отливок, где наиболее опасной профессией является обрубщик отливок, и на стержневом участке изготовления литейных форм, на рабочем месте стержневщиков. Испытания проводились по методике описанной в параграфе 4.1 и 4.2, с использованием виброметра ВШВ-003.

Контроль вибрационных параметров на рабочих местах производился при выполнении работающими реальных технологических операций в естественных эксплуатационных условиях, фактически существующих в момент испытаний. Осуществлялся он работниками службы санитарного надзора, службой охраны труда в присутствии заместителя главного металлурга завода и начальника сталелитейного цеха.

Специалисты, выполняющие измерения, имеют соответствующие удостоверения на право проведения испытания, что обеспечивает получение достоверных результатов. Измерительная аппаратура имеет свидетельство о государственной поверке.

Были сделаны замеры параметров вибрации, когда работающий в процессе измерений выполнял свои обычные операции, измерения проводились синхронно, не мешая оператору в его работе. Усилие нажатия на пневмоинструменте (на пневмомолотке и пневмотрамбовке) соответствовало паспортному значению. Измерение каждого параметра производится не менее 3-х раз, за результат берется среднее арифметическое этих значений.

Гигиеническая оценка вибрации, воздействующая на работающего определена методом спектрального анализа уровней локальной вибрации на соот-

ветствующих октавных полосах частот. Нормируемым параметром являются средние квадратичные значения виброскорости V и виброускорения a . Спектр измерительной вибрации (низко-, средне- и высокочастотный) определяет специфику неблагоприятного воздействия.

Эффективность виброзащиты определяется как методом спектрального анализ, так и интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра с расчетом скорректированного уровня виброскорости и виброускорения. Метод одночисловой оценки вибрации дополняет методы спектрального нормирования и оценки, которые базируются на концепции частотно-избирательного энергетического действия вибрации на человека, его физиологической значимости /49/.

При обработке литья рубильными молотками типа KE-16 и KE-16B в результате измерений уровней виброскорости в октавных полосах частот получены следующие значения (см. табл. 4.8).

Таблица 4.8
Уровни виброскоростей пневмомолотков KE-16, KE-16B

Средне геометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброскорости (молоток KE-16 без виброзащиты), дБ	Уровни виброскорости (молоток KE-16B с виброзащитой), дБ	Нормативные значения виброскорости, дБ	Уменьшение параметров вибрации, %
8	118	70	115	39
16	116	64	109	45
31,5	120	68	109	56
63	118	68	109	43
125	116	72	109	38
250	120	74	109	38
500	120	76	109	37
1 000	118	76	109	36

Уровни виброускорения, воспринимаемые рабочим, измерены тем же прибором, что и уровни виброскорости, в октавных полосах частот. В табл. 4.9

приведены результаты измерения уровней виброускорений при работе с пневмоинструмента без виброзащиты и с виброзащитой.

Таблица 4.9

Уровни виброускорений пневмомолотков КЕ-16, КЕ-16В

Средне геометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброускорений (молоток КЕ-16 без виброзащиты), дБ	Уровни виброускорений (молоток КЕ-16В с виброзащитой), дБ	Нормативные значения виброускорений, дБ	Уменьшение параметров вибрации, %
8	120	68	123	43
16	126	68	123	43
31,5	134	78	129	41,7
63	138	86	135	37,6
125	146	94	141	35,6
250	152	102	147	32,8
500	160	110	153	31,2
1 000	164	116	159	29,2

Одновременно проведены измерения уровней виброскоростей и виброускорений в октавных полосах частот на ручных пневматических трамбовках СЛ-491 и СЛ491-В, применяемых формовщиками и стержневщиками. Измерения выполнены по методике описанной выше. Результаты измерений приведены в табл. 4.10 и табл. 4.11.

Предельно допустимые величины нормируемых параметров производственной вибрации для пневмомолотков и пневмотрамбовок соответствуют СН 2.2.4/2.1.8.566-96. /59/ (см. табл. 3.1) и поэтому в табл. 4.10 и табл. 4.11 не указаны.

Параметры вибрации по виброскорости и виброускорению на пневмоинструменте без виброзащиты значительно превосходят нормативные значения, т.е. предельно допустимые значения. Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96 /59/, более

чем на 12 дБ в какой-либо октавной полосе не допускается. Используемый пневмоинструмент является виброопасной техникой.

Таблица 4.10

Уровни виброскоростей пневмотрамбовок СЛ-491, СЛ-491В

Средне геометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброскоростей (трамбовка СЛ-491 без виброзащиты), дБ	Уровни виброскоростей (трамбовка СЛ-491В с виброзащитой), дБ	Уменьшение параметров вибрации, %
8	120	50	58
16	114	51	55
31,5	116	51	56
63	116	57	50,8
125	118	57	51,6
250	120	52	56,6
500	116	50	56,8
1 000	116	50	56,8

Таблица 4.11

Уровни виброускорений пневмотрамбовок СЛ-491, СЛ-491В

Средне геометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброускорений (трамбовка СЛ-491 без виброзащиты), дБ	Уровни виброускорений (трамбовка СЛ-491В с виброзащитой), дБ	Уменьшение параметров вибрации, %
8	125	78	37,5
16	125	80	36
31,5	132	88	33,3
63	137	94	31,3
125	146	101	30,8
250	150	101	32,6
500	157	108	31,2
1 000	162	116	28,3

4.4 Сравнительная оценка эффективности пневматического виброзащищенного ручного инструмента типа KE-16, СЛ-491

Эффективность виброзащиты определяется сравнением результатов измерений параметров вибрации с теми уровнями, которые имели место до введения в систему "человек-машина" средств виброзащиты. Для наглядности, результаты испытания виброзащищенного пневмоинструмента KE-16В и СЛ-491В и сравнительную оценку параметров вибрации с параметрами вибрации на существующих пневмоинструментах покажем в виде графиков зависимости частоты от нормируемого параметра.

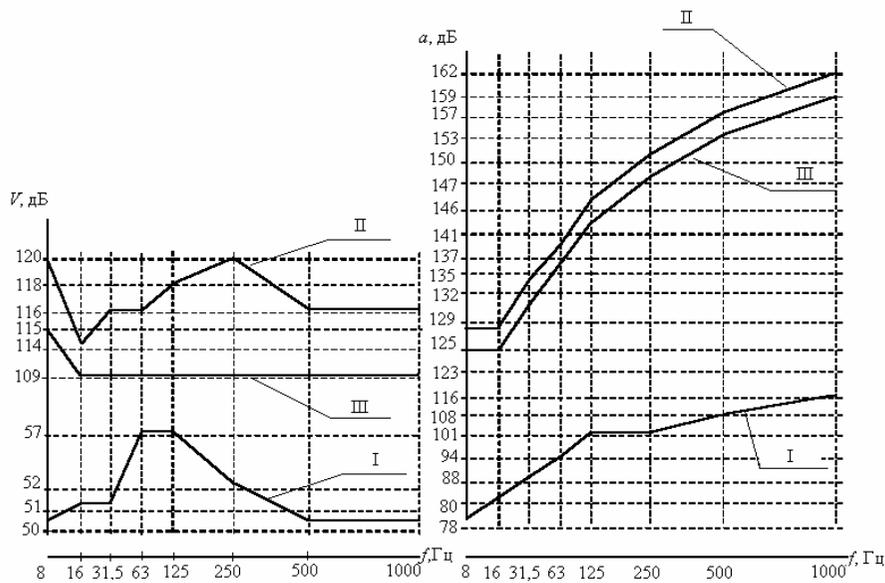


Рис. 4.3. Сравнительная оценка параметров вибрации на пневмотрамбовках СЛ-491 и СЛ-491-В

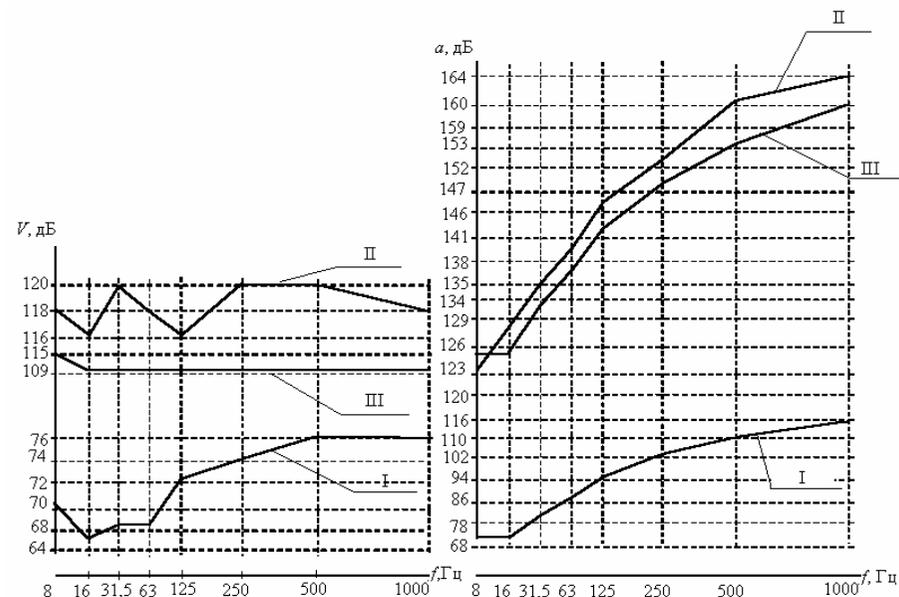


Рис. 4.4. Сравнительная оценка параметров вибрации на пневмомолотках KE-16 и KE-16В

Кривые: I – уровень вибрации на пневмоинструменте с виброзащитой; II – уровень вибрации на пневмоинструменте без виброзащиты; III – предельно допустимый уровень вибрации по СН 2.2.4/2.1.8.566-96.

Уровни колебательной скорости (кривая II, рис. 4.3, рис. 4.4) в различных полосах среднегеометрических частот спектра имеют большую вариабельность. Расположение пиковых значений виброскорости значительно в области низких частот (16-31,5 Гц), а также в области средних и высоких частот. Уровни колебательной скорости на 3-11 дБ превышаю допустимые нормами величины (см. кривая III).

Из рис. 4.3 и рис. 4.4 видно, что после виброзащиты параметры виброскоростей и виброускорений ниже санитарных норм /59/. Уровень виброскорости на пневмотрамбовках с виброзащитой на 52-58 дБ ниже предельно допустимого

значения, на пневмомолотках с виброзащитой (см. кривую I, II) уровень виброскорости на 33-51 дБ также ниже допустимого значения. На пневмомолотках с виброзащитой уровень виброускорения на 45-51 дБ также меньше допустимых значений.

Таким образом, экспериментальная проверка пневмоинструмента с виброзащитой показывает значительное уменьшение параметров вибрации.

На основании данных спектрального анализа локальной вибрации эффективность виброзащищенного пневматического инструмента определяется методом одночисловой оценки.

Одночисловая оценка вибрационного воздействия, с учетом величины виброскорости и виброускорения, позволяет объективно характеризовать вибробезопасность труда и качество виброзащиты. Нормируемым параметром является скорректированное значение виброскорости и виброускорения. Расчет скорректированного уровня вибрации определяется методом попарного энергетического суммирования уровней вибрации, измеренных в октавных полосах частот.

Для пневмомолотка KE-16 без виброзащиты скорректированный уровень виброскорости определяется попарным и последовательным энергетическим суммированием уровней виброскорости. По табл. 3.2 и табл. 4.8 учитываются весовые коэффициенты для октавных полос частот, в частности, в октаве 8 Гц скорректированный уровень равен $118+(-6)=112$ дБ. Затем производится попарное энергетическое суммирование уровней. По разности двух уровней L_1 и L_2 определяем добавку ΔL по табл. 4.12, которую прибавляем к большему уровню L_2 , в результате определяем уровень $L_{1+2}=L_2+\Delta L$. Значения добавок, ΔL в зависимости от разности слагаемых приведены в табл. 4.12.

В таблицах 4.13-4.20 приведен расчет скорректированного уровня вибрации методом попарного энергетического суммирования на пневмомолотках типа KE-16 и пневмотрамбовках СЛ-491.

Таблица 4.12

Разность слагаемых уровней L_1-L_2 , дБ	Значение добавок, ΔL										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Добавка ΔL	3	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Пример расчета скорректированного уровня виброскорости для пневмомолотка KE-16. После определения скорректированных октавных уровней виброскорости (см. табл. 4.13) определили разность уровней 112 дБ и 116 дБ (разность 4 дБ), поправка по табл. 4.12 равна 1,5 дБ, прибавляем к большему уровню 116 дБ, что дает 117,5 дБ. Аналогичное сложение полученных сумм дает окончательный результат и он составляет 127,2 дБ.

Таблица 4.13

Расчет скорректированного уровня виброскорости для пневмомолотков KE-16 без виброзащиты

Средне-геометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброскорости, L_i , дБ	Значение весовых коэффициентов, K_i	Скорректированные октавные уровни виброскорости L_i+K_i , дБ	Данные попарного энергетического суммирования с учетом поправок по табл. 4.12, дБ		
8	118	-6	112	117,5	123,4	127,2
16	116	0	116			
31,5	120	0	120			
63	118	0	118	122,2		
125	116	0	116			
250	120	0	120	121,5	124,7	
500	120	0	120			
1 000	118	0	118			

Таблица 4.14

Расчет корректированного уровня виброскорости для пневмомолотков КЕ-16В с виброзащитой

Средне-геометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброскорости, L_i , дБ	Значение весовых коэффициентов, K_i	Корректированные октавные уровни виброскорости L_i+K_i , дБ	Данные попарного энергетического суммирования с учетом поправок по табл. 4.12, дБ		
8	70	-6	64	67	71,5	<u>81,3</u>
16	64	0	64			
31,5	68	0	68			
63	68	0	68	71		
125	72	0	72	76,2		
250	74	0	74			
500	76	0	76	79		
1 000	76	0	76			

Таблица 4.15

Расчет корректированного уровня виброускорения для пневмомолотков КЕ-16 без виброзащиты

Средне-геометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброускорения, a_i , дБ	Значение весовых коэффициентов, K_i	Корректированные октавные уровни виброускорения a_i+K_i , дБ	Данные попарного энергетического суммирования с учетом поправок по табл. 4.12, дБ		
8	120	0	120	127	132	<u>136,5</u>
16	126	0	126			
31,5	134	-6	128			
63	138	-12	126	130,2		
125	146	-18	128	131		
250	152	-24	128			
500	160	-30	130	132,2		
1 000	164	-36	128			

Сравнительная оценка параметров виброзащищенного пневматического инструмента с параметрами вибрации на существующих пневмоинструментах без виброзащиты и одночисловая оценка вибрационного воздействия показывают (см. табл. 4.21), что после виброзащиты величины виброскорости и виброускорения ниже санитарных норм. Снижение уровня виброскорости у пневмомолотков с виброзащитой составило 31 дБ, у пневмотрамбовок на 49 дБ; уровня виброускорения – у пневмомолотков на 40 дБ, у пневмотрамбовок на 37 дБ.

Таблица 4.16

Расчет корректированного уровня виброускорения для пневмомолотков КЕ-16В с виброзащитой

Средне-геометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброускорения, a_i , дБ	Значение весовых коэффициентов, K_i	Корректированные октавные уровни виброускорения a_i+K_i , дБ	Данные попарного энергетического суммирования с учетом поправок по табл. 4.12, дБ		
8	68	0	68	71	77,4	<u>85,6</u>
16	68	0	68			
31,5	78	-6	72			
63	86	-12	74	76,2		
125	94	-18	76	80,2		
250	102	-24	78			
500	110	-30	80	83		
1 000	116	-36	80			

С введением пневмовиброизолятора высокочастотная составляющая уменьшается по виброскорости, что видно из рис 4.1 и рис. 4.2.

Экспериментальные исследования подтверждают эффективность разработки виброзащищенного пневматического инструмента типа КЕ-16В и СЛ-491В.

Таблица 4.17

Расчет скорректированного уровня виброскорости
для пневмотрамбовок СЛ-491 без виброзащиты

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброскорости, L_i , дБ	Значение весовых коэффициентов, K_i	Скорректированные октавные уровни виброскорости L_i+K_i , дБ	Данные попарного энергетического суммирования с учетом поправок по табл. 4.12, дБ		
8	120	-6	114	117,0	121,2	125,8
16	114	0	114			
31,5	116	0	116	119,0		
63	116	0	116			
125	118	0	118	122,2	124,0	
250	120	0	120			
500	116	0	116	119		
1 000	116	0	116			

Таблица 4.18

Расчет скорректированного уровня виброскорости
для пневмотрамбовок СЛ-491В с виброзащитой

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброскорости, L_i , дБ	Значение весовых коэффициентов, K_i	Скорректированные октавные уровни виброскорости L_i+K_i , дБ	Данные попарного энергетического суммирования с учетом поправок по табл. 4.12, дБ		
8	50	-6	44	52,8	59,2	62,7
16	51	0	51			
31,5	51	0	51	58		
63	57	0	57			
125	57	0	57	58,2	60	
250	52	0	52			
500	50	0	50	53		
1 000	50	0	50			

Таблица 4.19

Расчет скорректированного уровня виброускорения
для пневмотрамбовок СЛ-491 без виброзащиты

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброускорения, a_i , дБ	Значение весовых коэффициентов, K_i	Скорректированные октавные уровни виброускорения a_i+K_i , дБ	Данные попарного энергетического суммирования с учетом поправок по табл. 4.12, дБ		
8	125	0	125	128,0	131	134,5
16	125	0	125			
31,5	132	-6	126	128,5		
63	137	-12	125			
125	146	-18	128	130,2	132	
250	150	-24	126			
500	157	-30	127	129,5		
1 000	162	-36	126			

Таблица 4.20

Расчет скорректированного уровня виброускорения
для пневмотрамбовок СЛ-491В с виброзащитой

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Уровни виброускорения, a_i , дБ	Значение весовых коэффициентов, K_i	Скорректированные октавные уровни виброускорения a_i+K_i , дБ	Данные попарного энергетического суммирования с учетом поправок по табл. 4.12, дБ		
8	78	0	78	82,2	86,8	89
16	80	0	80			
31,5	88	-6	82	85		
63	94	-12	82			
125	101	-18	83	84	85	
250	101	-24	77			
500	108	-30	78	82,2		
1 000	116	-36	80			

В результате испытаний установлено, что виброзащищенные пневматические инструменты KE-16В и СЛ-491В соответствуют техническим условиям.

Таблица 4.21

Одночисловая оценка параметров вибрации

Инструмент	Параметры	Корректированные значения виброскорости, V , дБ	Корректированные значения виброускорения, a , дБ	Предельно-допустимые значения		Сравнительная оценка параметров вибрации (- уменьшение, + увеличение)	
				виброскорости, дБ	виброускорения, дБ	по виброскорости, дБ	по виброускорению, дБ
Пневмотрамбовка СЛ-491, без виброзащиты		126	134	112	126	+14	+8
Пневмотрамбовка СЛ-491В, с виброзащитой		63	89	112	126	-49	-37
Пневмомолоток KE-16, без виброзащиты		127	136	112	126	+15	+10
Пневмомолоток KE-16В, с виброзащитой		81	86	112	126	-31	-40

После экспериментальной проверки, пневмоинструмент с виброзащитой подвергается проверке его эксплуатационных качеств в рабочих условиях на производстве.

По субъективным оценкам эксплуатационные качества пневмоинструмента улучшаются; значительно уменьшилась отдача на руки, существенно снизилась сила нажатия на рукоятку инструмента.

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ВИБРОЗАЩИТЫ

5.1 Определение степени риска заболевания вибрационной болезнью методом анализа «затраты-польза»

Характерные особенности источника опасности (вибрации) обуславливают специфику возникновения заболевания. Воздействие вибрации на человека выступает как источник риска заболевания вибрационной болезнью, а основной причиной являться использование ручных машин ударного действия. За количественную меру индивидуального риска принимается средняя вероятность заболевания человека за единицу времени, которая имеет диапазон значения от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ на человека в год /74, 75/.

По предложению Ю.И. Матвеева /69/ была предложена классификация условий профессиональной деятельности по степени их безопасности, согласно которой, для большинства работающих с вибрационной техникой, характерными являются условия профессиональной деятельности, ограниченные диапазоном от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ на человека в год. Такие условия принято считать относительно безопасными (см. табл. 5.1).

В качестве критерия определения риска вибрационного заболевания будем использовать уровень мощности локальной вибрации, определенный методом попарного энергетического суммирования уровней вибрации измеренных в октавных полосах частот, т.е. скорректированный уровень вибрации.

По данным ВНИИТБ чермет /76/, вероятность заболевания вибрационной болезнью возрастает при увеличении уровня вибрации от 110 до 137 дБ. В табл. 5.2 приведена динамика вероятности заболевания вибрационной болезнью в зависимости от уровня локальной вибрации и продолжительности работы лиц виброопасных профессий.

Таблица 5.1

Классификация условий профессиональной безопасности

Категория	Условия профессиональной деятельности	Диапазон риска (на человека в год)
I	Безопасные	$< 1 \cdot 10^{-4}$
II	Относительно безопасные	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$
III	Опасные	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$
IV	Особо опасные	$> 1 \cdot 10^{-2}$

По данным экспериментальных исследований уровень вибрации на пневмотрамбовках СЛ-491 без виброзащиты составил 126 дБ, вероятность заболевания, при данном уровне, согласно табл. 5.2 риск вибрационного заболевания составляет, при средних сроках развития вибрационной болезни, $2,6 \cdot 10^{-1}$, что соответствует особо опасным условиям профессиональной деятельности. При исследовании уровня вибрации на пневмотрамбовках с вибрационной защитой, риск заболевания вибрационной болезнью составляет меньше $5 \cdot 10^{-3}$, уровень вибрации 63 дБ, при продолжительности работы 10 лет, что соответствует безопасным условиям труда. Определение степени риска заболевания вибрационной болезнью при работе на пневмомолотках типа КЕ-16 аналогично выше приведенной методике. Уровень вибрации на молотках без виброзащиты составляет 127 дБ, с виброзащитой 81 дБ, вероятность заболевания вибрационной болезнью равна: для молотков без виброзащиты с продолжительностью работы 10 лет – $3 \cdot 10^{-1}$, с виброзащитой – меньше $5 \cdot 10^{-3}$. Условия труда соответственно: особо опасные и безопасные.

При средних сроках развития вибрационной болезни, около 10 лет, величина риска при больших уровнях вибрации приближается к 0,1 на человека в год. При уменьшении риска до $1 \cdot 10^{-4}$ и меньше вероятность заболевания сводится к минимуму.

Вероятность заболевания вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации.

Продолжительность работы, лет	Уровень вибрации, дБ																	
	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
5	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$
10	$5 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-1}$	$2,1 \cdot 10^{-1}$	$2,3 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-1}$
15	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$

Обеспечение вибробезопасных условий труда требует дополнительных материальных и трудовых затрат. Следовательно, оптимальное соотношение затрат и получаемой пользы соответствует приемлемому уровню риска от воздействия вибрации.

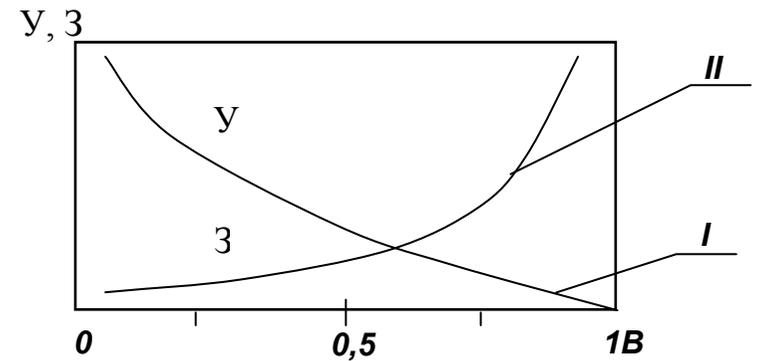


Рис. 5.1 Схема анализа «затраты-польза»

Безопасные по вибрационному фактору условия труда будут достигаться при значениях уровня вибробезопасности труда равным или близким к единице, а величина риска, не превышать $1 \cdot 10^{-4}$ на человека в год. Тогда величина ущерба Y, обусловленная неблагоприятным воздействием вибрации на рабо-

тающих, будет приближаться к нулю. При снижении уровня вибробезопасности труда возрастает ущерб (см. рис. 5.1, кривая II). На рис. 5.1 приведена аналитическая схема анализа «затраты-польза».

Кривая I – требуемые затраты для обеспечения вибробезопасных условий труда. Чем выше уровень вибробезопасности труда В, тем больше требуется затрат, материальных ресурсов.

Расчет ущерба У, возникающего из-за недостаточной защищенности работающих будет приведен ниже.

5.2 Оценка социальной эффективности средств виброзащиты.

Социальный эффект внедрения средств виброзащиты выражается в улучшении условий труда, направленных на сохранение здоровья работающих, повышение степени удовлетворенности трудом, снижение роста виброзаболеваемости /77, 78/.

Социальная эффективность внедрения пневмоинструмента с виброзащитой оценивается числом предотвращенных виброзаболеваний $n_{пред}$

$$n_{пред} = N (P_B - P_n) \quad (5.1)$$

где N – количество пневмоинструментов, находящихся в эксплуатации;

P_B, P_n – вероятность виброзаболевания соответственно при базовых и новых средствах защиты.

Для определения количества предотвращенных виброзаболеваний в течении года необходимо определить вероятность заболевания, приходящуюся на одну единицу инструмента. Учитывая, что уровень вибрации на базовом пневмоинструменте составляет 126 дБ (для пневмотрамбовок), вероятность заболевания вибрационной болезнью определяем из табл. 5.2, $P_B = 0,15$, для виброзащищенного инструмента вероятность заболевания составит $P_n = 0,0025$. Подставляя значения в формулу 5.1 находим количество предотвращенных виброзаболеваний в результате внедрения 34 виброзащищенных трамбовок.

$$n_{пред} = 34(0,15 - 0,0025) = 5,01$$

Количество виброзаболеваний, предотвращенных в течении года в результате внедрения 28 виброзащищенных молотков, составит:

$$n_{пред} = 28(0,17 - 0,0025) = 4,6$$

Количественно социальный результат виброзащиты работающих также можно выразить коэффициентом частоты заболеваемости вибрационной болезнью K_q .

$$K_q = \frac{T \cdot 100}{p} \quad (5.2)$$

где T – количество виброзаболеваний в отчетный период;

p – среднесписочная численность работающих с пневмоинструментом.

Количество виброзаболеваний за 1999 год составило 11 человек (см. раздел I), тогда

$$K_q = \frac{11 \cdot 100}{62} = 17,7$$

Результаты проведенных испытаний показывают, что разработанные виброзащищенные пневматические инструменты позволяют снизить вибронагрузку в среднем на 48% (см. табл. 4.8, табл. 4.10) и, соответственно, примерно пропорционально, частоту заболеваемости вибрационной болезнью. Коэффициент частоты, после внедрения средств виброзащиты составит $K_{q.н.} = 8,49$ на 100 работающих.

5.3 Расчет экономической эффективности внедрения средств виброзащиты.

Важнейшим условием, определяющим целесообразность применения средств виброзащиты является их экономическая эффективность. Основными факторами экономии, которые могут быть учтены при оценке экономического эффекта, условимся считать:

- снижение годовых потерь в результате снижения уровня мощности контактной вибрации;
- снижение годовых ущербов от предотвращенных виброзаболеваний.

Расчет производится в соответствии с методикой /76, 79, 80/, основанной на принципе расчета предотвращенного ущерба и учитывающее экономические потери, возникающие при повышенной локальной вибрации и связанные с ростом числа дней временной нетрудоспособности, частичной утратой профессиональной трудоспособности, снижением трудоспособности здоровых рабочих, стоимостью лечения /74/.

При расчете экономического эффекта учитывается снижение ущерба Y_1 и Y_2 в результате воздействия контактной вибрации с уровнями L_{p1} и L_{p2} до виброзащиты и после виброзащиты. Годовой экономический эффект в результате снижения уровня контактной вибрации с L_{p1} до L_{p2} определяется по формуле

$$\Delta = Y_1 - Y_2 - Z_e E_n - Z_o \quad (5.3)$$

где Y_1 и Y_2 – годовой экономический ущерб при уровнях вибрации L_{p1} и L_{p2} ;

Z_e – единовременные затраты на внедрение мероприятий по виброзащите;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений (0,15);

Z_o – эксплуатационные расходы по обслуживанию средств виброзащиты.

В формуле (5.3) параметры Y_1 и Y_2 определяются совокупностью факторов, снижающих трудовые потери при внедрении средств виброзащиты, которые в свою очередь могут быть представлены в виде:

$$Y_1 = 0,01 T(L_{p1}) C_n P_o + LP_o \frac{B_N(L_{p1})}{N}$$

$$Y_2 = 0,01 T(L_{p2}) C_n P_o + LP_o \frac{B_N(L_{p2})}{N}$$

где $T(L_{pi})$ – полные трудовые потери при уровне вибрации на пневмоинструменте без виброзащиты;

$T(L_{p2})$ – полные трудовые потери при уровне вибрации на пневмоинструменте с виброзащитой;

P_o – число рабочих, подверженных воздействию вибрации;

N – продолжительность работы в условиях вибрации;

B_N – вероятность заболевания вибрационной болезнью при уровнях локальной вибрации L_{p1} и L_{p2} , приведенных в табл. 5.2;

C_n – средняя годовая стоимость прибавочного продукта, создаваемая рабочим за время работы в условиях вибрации.

Параметр C_n , в формулах (5.4) определяется следующим выражением:

$$C_n = 1,54 \left(1 + \frac{\alpha L}{200} \right) Z_o \quad (5.5)$$

где Z_o – средняя годовая заработная плата в первый год после снижения вибрации;

α – планируемый рост производительности труда (10%);

L – стоимость лечения одного больного, подверженного локальной вибрации ($L = 1500$).

Для выполнения практических расчетов, для пневмомолотка по полученному выражению (5.3) введем следующие допущения:

1. Полные трудовые потери при найденных уровнях локальной вибрации, при продолжительности работы $N = 5$ лет по данным /49/ составляют, при $L_{p1} = 127$ дБ $T(L_{p1}) = 12,0$, при $L_{p2} = 81$ дБ $T(L_{p2}) = 0,39$.
2. Число работающих с пневмовибромолотками составляет 28 человек.
3. При отсутствии базового варианта стоимость лечения одного больного принимается равной 1500 руб.
4. Вероятность заболевания вибрационной болезнью при уровнях вибрации $L_{p1} = 127$ дБ до внедрения виброзащиты и после $L_{p2} = 81$ дБ, составляют соответственно (см. табл. 5.2) 0,17 и 0,0025.

5. По цеховым данным средняя годовая заработная плата в первый год после снижения вибрации составит $Z_o = 604$ руб. ; тогда по формуле (5.5) определяем

$$C_n = 1,54 \left(1 + \frac{10 \cdot 1500}{200} \right) 604 = 70\ 670 \text{ руб.}$$

6. По данным экономической службы завода единовременные затраты на внедрение виброзащиты для пневмомолотков составляют 7000 руб., эксплуатационный расходы по обслуживанию средств виброзащиты равны 700 руб.

Подставляя числовые значения в выражение (5.4) получим:

$$Y_1 = 0,01 \cdot 12 \cdot 70670 \cdot 28 + 1500 \cdot 28 \frac{0,17}{5} = 238879,2 \text{ руб.}$$

$$Y_2 = 0,01 \cdot 0,39 \cdot 70670 \cdot 28 + 1500 \cdot 28 \frac{0,0025}{5} = 7738,1 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект в результате внедрения виброзащищенных пневмомолотков в количестве 28 штук составит:

$$\mathcal{E} = 238879,2 - 7738,1 - 7000 \cdot 0,25 - 700 = 229391 \text{ руб.}$$

Экономическая эффективность от внедрения одного пневматического молотка KE-16В с виброзащитой составит 8200 руб. в год.

По вышеприведенной методике определяем годовой экономический эффект от снижения уровня вибрации для пневмотрамбовок СЛ-491 и СЛ-491В. Неблагоприятное воздействие вибрации на работающих характеризуются экономическими потерями, которые увеличивают трудовые затраты. Эти потери происходят в связи с ростом числа дней временной нетрудоспособности, снижением производительности труда, увеличением дополнительных затрат /81, 82/.

При расчете экономического эффекта от снижения трудовых потерь и снижения вероятности виброзаболеваемости, при использовании пневмотрамбовок, учитываем следующие значения: $L_{p1} = 126$ дБ, $L_{p2} = 63$ дБ; $T(L_{p1}) = 10,5$, $T(L_{p2}) = 0,39$; число работающих с пневмоинструментом $P_o = 34$, $L = 1500$; ве-

роятность заболевания вибрационной болезнью (см. табл. 5.2) $B_N(L_{p1}) = 0,15$, $B_N(L_{p2}) = 0,0025$, $Z_3 = 680$ руб., $Z_e = 7000$ руб., $Z_o = 491$ руб.

Подставляя в выражение (5.5) исходные данные, получим:

$$C_n = 1,54 \left(1 + \frac{10 \cdot 1500}{200} \right) 491 = 57500 \text{ руб.}$$

Годовой экономический ущерб рассчитываем по формулам (5.4):

$$Y_1 = 0,01 \cdot 10,5 \cdot 57500 \cdot 34 + 1500 \cdot 34 \frac{0,15}{5} = 206805 \text{ руб.}$$

$$Y_2 = 0,01 \cdot 0,39 \cdot 57500 \cdot 34 + 1500 \cdot 34 \frac{0,0025}{5} = 7650 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от снижения трудовых затрат, повышение производительности труда составит:

$$\mathcal{E} = 206805 - 7650 - 7000 \cdot 0,15 - 680 = 197425 \text{ руб.}$$

Для одной пневматической трамбовки экономический эффект составит 5800 руб.

При этом, в результате внедрения виброзащищенного пневматического инструмента KE-16В и СЛ-491В экономический эффект в сумме составит 14000 руб. При внедрении пневмомолотков в количестве 28 штук, пневмотрамбовок – 34 штук, Экономический эффект составит 426 816 руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ожогин А.П. Безопасность труда. Курс лекций. ч.1. Иркутск: 2000. - 179с.
2. О состоянии и мерах по улучшению условий и охраны труда в Российской Федерации в 1994-1995 гг. // Охрана труда: Информационно-аналитический бюллетень. 1996 г. Вып.4 – 36с.
3. Федеральная программа первоочередных мер по улучшению условий и охраны труда на 1996-2000 гг. Утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 августа 1995г. № 843. // Охрана труда: Информационно-аналитический бюллетень. 1995г. Вып.3 – с.3-14.
4. Левицкий А.Л., Сибаров Ю.Г. Охрана труда в локомотивном хозяйстве. – М.: Транспорт, 1989. – 216с.
5. Безопасность производственных процессов: Справочник / Под общ. ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448с.
6. Аксенов П.Н., Оборудование литейных цехов. – М., Машиностроение, 1977. – 315с.
7. Об основах охраны труда в Российской Федерации. Федеральный закон. М. Кремль. 17июля 1999г. № 181 – ФЗ1 // Российская газета. – 1999.-24 июля.
8. Белорусец Б.М. Безопасность труда в литейном производстве. – М.: Машиностроение, 1965. – 86с.
9. Балакин И.Я., Зинин Ю.Н. Технология очистки отливок. – Л.: Машиностроение, 1986. – 184с.
10. Гуляев Б.Б. Формовочные процессы. – Л.: Машиностроение, 1987. – 240с.
11. Рыбкин В.А. Ручное уплотнение литейных форм. – М.: Высшая школа, 1981. – 195с.
12. Справочник по гигиене труда: Под ред. Б.Д. Карпова, В.Е. Ковшило – Л.: "Медицина", 1976. – 536с.
13. Бутковская З.М., Грацианская Л.Н., Карпушин С.С. Методические указания по профилактике вибрационной болезни бурильщиков. – Лен. НИИ гигиены труда и профзаболеваний. Л., 1969.
14. Вибрационная болезнь в условиях современного производства / Под ред. М.И. Лосевой. Новосибирск: изд. Мединститута, 1980. – 112с.
15. Герман З.Я., Савин В.С. Применение ручного механизированного инструмента. – Л.: ЛДНТП. 1984. – 24с.
16. Вильсон У.Кер. Вибрационная техника. – М.: ГНТИМЛ. 1963. – 415с.
17. Горбунов В.Ф., Бабуров В.И., Жартовский Г.С. и др. Ручные пневматические молотки. - М.: Машиностроение, 1967. – 184с.
18. Судакович Д.И., Бернадский Г.И., Справочник по механизированному ручному инструменту. – Л.: Изд-во "Машиностроение", 1961. – 330с.
19. Актуальные вопросы профилактики неблагоприятного воздействия шума и вибрации. // Тез. докл. Всесоюзн. Совещ. 11-13 ноября 1981г. – М.: 1981. – 169с.
20. Мазов В.А. Научно-технический процесс и охрана труда. / Обзорн. информ. / ВЦНИИОТ ВЦСПС. Сер. "Охрана труда", вып.№7 – М.: – 57с.
21. Техника безопасности и производственная санитария: Сборн. научн. работ инст-ов охраны труда ВЦСПС. – М.: 1979. – 120с.
22. Суднишников Б.В. О теории отдачи ручных машин ударного действия. // Машины ударного действия. Новосибирск, Книжн. изд-во. – 1953.
23. Александров Е.В., Соколинский В.Б., Прикладная теория и расчет ударных систем. – М.: Наука, 1969. – 236с.
24. Быховский И.И., Гольдштейн Б.Г., Основы конструирования вибробезопасных ручных машин. – М.: Машиностроение, 1982. – 224с.
25. Онищенко В.Я., Локальная вибрация в ручных машинах// Машиностроитель. - №6. - 1981.- С. 28-29.
26. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320с.

27. Ивович В.А., Иванов Г.В. Собственные колебания виброизолированной системы с жесткостью, близкой к нулевой в некотором диапазоне перемещений // *Машиноведение*. - М.: АН СССР, 1976. - №1. - С. 30-37.
28. Динамические свойства линейных виброзащитных систем. / А.В. Синев, Ю.Г. Сафронов, В.С. Соловьев и др.: Под ред. К.В. Фролова. – М.: Наука, 1982. – 205с.
29. Потемкин Г.А. Вибрационная защита и проблемы стандартизации. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – 199с.
30. Охрана труда в транспортном строительстве / В.С. Крутяков, Ю.Г. Сибанов, М.А. Шевандин, В.М. Шишканов. Под ред. В.С. Крутякова. – М.: Транспорт, 1992. – 296с.
31. Еремина Т.В. Повышение электробезопасности в быту сельского населения. Автореф. канд. дисс. – Челябинск, 1989. – 20с.
32. Никольский О.К. Системы обеспечения электробезопасности в сельском хозяйстве. – Барнаул: Алт. кн. изд., 1977. – 192с.
33. Ожогин А.П. Факторная оценка безопасности// *Безопасность труда в промышленности*. – 1982. - №3. – С. 59.
34. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Э.Г. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибрации. – М.: Медицина, 1984. – 240с.
35. Разумов И.К. Основы теории энергетического действия вибрации на человека. – М.: Медицина, 1975. – 208с.
36. Вибрация на производстве / Под ред. А.А. Летавета и Э.А. Дрогичиной. – М.: Медицина, 1971. – 243с.
37. Вожжова А.И., Захаров В.К. Защита от шума и вибрации на современных средствах транспорта. – Л.: Медицина, 1968. – 326с.
38. Коритынский Я.И. и др. Вибрация и шум в текстильной и легкой промышленности. – М.: Изд-во "Легкая индустрия", 1974.
39. Бувечич В.А., Мельников Г.М. Исследование механического резонанса в мышцах человека при различных физиологических состояниях. Сборник.

- Влияние вибрации на организм человека и проблемы виброзащиты. – М.: Изд-во "Наука", 1974.
40. Романов С.Н. и др., Явление резонанса и прогнозирование патологического действия вибрации. Сборник. Влияние вибрации на организм человека и проблемы виброзащиты. – М.: Изд-во "Наука", 1974.
41. Хазен И.М., Фролов К.В. и др. О выборе критерия виброзащиты человека-оператора и принципы моделирования. Сборник. Влияние вибрации на организм человека и проблемы виброзащиты. – М.: Изд-во "Наука", 1974.
42. Романов С.Н., Чурилина С.Е. Электронно-микроскопическое исследование нервных клеток, подвергавшихся низкочастотной вибрации. – М.: Изд-во "Наука", 1974.
43. Грибов М.М. Регулируемые амортизаторы радиоэлектронной аппаратуры. – М.: Изд-во "Советское радио", 1974.
44. Андреева-Галанина Е.Ц., Дрогичина Э.А., Артамонова В.Г. Вибрационная болезнь. – Л., 1961.
45. Бутковская З.М. Гигиеническое значение сложной формы вибрации-отдачи ручных механизированных инструментов. – Л., 1967.
46. Тимофеева И.Г. Вибрация – источник профессиональных заболеваний// Тез. докл. к науч.-практич. конф./ ВСГТУ. – Улан-Удэ, 1999. – С. 213-216.
47. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Чаломея (пред.). – М.: Машиностроение. 1981. т.6 Защита от вибрации и ударов / Под ред. К.В. Фролова. – 456с.
48. Тимофеева И.Г., Еремина Т.В. Обеспечение вибробезопасных условий труда при использовании ручных машин// Тез. докл. к межд. конф. «Проблемы механики современных машин»/ ВСГТУ. – Улан-Удэ, 2000. – Т. 2. – С. 44-45.
49. Ивович В.А., Онищенко В.Я. Защита от вибрации в машиностроении. – М.: Машиностроение. 1990. – 271с.

50. Браун Д.Б. Анализ и разработка систем обеспечения техники безопасности. – М.: Машиностроение, 1979. – 359 с.
51. Онищенко В.Я. Виброизолятор для пневмомолотков //Машиностроитель. – 1987. - №8.- С26-27.
52. Бутковская З.М. Борьба с вибрацией механизированных ручных инструментов // Машиностроитель. – 1967. - №7.
53. Ильинский В.С. Защита операторов от динамических воздействий. – М.: Энергия, 1979. – 320с.
54. Руководство по проектированию виброизоляции машин и оборудования. – М.: Стройиздат, 1972. – 159с.
55. Андреева-Галанина Е.Ц., Гигиена труда при работе ручным механизированным инструментом. – Л., 1967.
56. Васильев Ю.М., Готлиб Я.Г., Филатова Л.Е. Нормирование производственных вибраций в СССР и за рубежом // Обзор. – М.: ВЦНИИОТ, 1976. – 60с.
57. Дон-Гартог. Механические колебания/ Пер. с англ. – М.: Изд-во. Иностр. лит., 1960.
58. Цуцков М.Е. Охрана труда в СССР и зарубежных странах. / В кн. Безопасность труда на производстве. – М., 1981.
59. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.566-96 Производственная вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 30с.
60. Суворов Г.А., Бутковская З.М., Хунданов Л.Л. Производственная вибрация (гигиенические аспекты). – М., 1996. – 72с.
61. ГОСТ 12.1.034-81 (СТ СЭВ 1931-79) ССБТ. Вибрация. Общие требования к проведению измерений.
62. ГОСТ 12.4.012-83 ССБТ. Вибрация. Средства измерения и контроля вибрации на рабочих местах. Технические требования.
63. ГОСТ 12.1.042-84 ССБТ. Вибрация локальная. Методы измерения.
64. ГОСТ 12.1.043-84 ССБТ. Вибрация. Методы измерения на рабочих местах в производственных помещениях.
65. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
66. Статистические методы в инженерных исследованиях. / Под ред. Г.К. Круга. – М.: Высшая школа, 1983. – 216с.
67. Горский В.Г., Адлер Ю.П. Планирование промышленных экспериментов. – М.: Metallургия, 1974. – 264с.
68. Налимов В.В., Голикова Т.И., Логические основания планирования эксперимента. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Metallургия, 1981. – 151с.
69. Адлер Ю.П., Марков Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 280с.
70. Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1974. – 238с.
71. Урланис В.Ц. Общая теория статистики. – М.: Статистика, 1973. – 439с.
72. Розанов Г.В., Френкель А.А. Корреляционный и регрессионный анализ в экономических исследованиях // Экономика и математические методы. - 1967. - Т.III. - Вып.3.
73. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Т.1. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366с.
74. Ковалёв Е.Е. Радиационный риск на Земле и в космосе. – М.: Атомиздат, 1976. – 256 с.
75. Хенли Д., Кумамото. Надежность технических систем и оценка риска. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
76. Рекомендации по расчету экономической эффективности мероприятий по снижению локальной и общей вибрации. – Челябинск: Минчермет СССР, 1982. – 20 с.
77. Афонина О.А., Колотилов Н.Н., Яров В.Н. Социально-экономическая оценка мероприятий по охране труда// Проблемы охраны труда Тез. докл. 5-й науч. конф. – Рубежное, 1986. – С. 42-43.

78. Методические рекомендации по оценке эффективности и их отбор для финансирования. – М.: Информэлектро, 1994. – 80 с.
79. Методика (Основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: Экономика, 1977. – 45 с.
80. Инструкция по определению экономической эффективности новой пожарной техники, пожарно-профилактических мероприятий, изобретений и рационализаторских предложений. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1980. – 109 с.
81. Заборов В.И., Клячко Л.Н., Росин Г.Г. Защита от шума и вибрации в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1976. – 248 с.
82. Шнайдерман Т.А. Состав и учет затрат, включаемых в себестоимость. – М.: Международный центр финансово-экономического развития, 1998. – 208 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	4
Глава 1. Состояние виброопасности на примере Улан-Удэнского локомотивовогоноремонтного завода.....	6
1.1 Характеристика технологических процессов и их виброопасности.....	6
1.2 Состояние виброопасности и профессиональных заболеваний при применяемых технологиях в условиях ЛВРЗ.....	11
1.3 Применяемые средства виброзащиты на виброопасных технологических процессах в литейном производстве.....	16
1.4 Современное состояние научных исследований в области виброзащиты.....	20
Глава 2. Теоретические исследования вибробезопасности труда.....	26
2.1 Анализ факторов характеризующих виброзаболеваемость.....	26
2.2 Частотно-факторный метод анализа виброзаболеваемости.....	31
2.3 Особенности воздействия вибрации на человека. Система «Человек – вибрационная болезнь».....	35
Глава 3. Оценка виброопасности условий труда на предприятии.....	42
3.1 Методы и средства снижения виброактивности в пневматическом инструменте ударного действия.....	42
3.2 Методы оценки и нормирования параметров вибрации в производственных условиях.....	45
Глава 4. Экспериментальные исследования эффективности виброзащиты пневматического ручного инструмента.....	51
4.1 Методика измерения и контроля вибрационных параметров пневматического инструмента ударного действия.....	51

4.2	Разработка математической модели при исследовании вибрации пневматического инструмента с помощью планирования эксперимента.....	55
4.3	Результаты проведения испытаний виброзащищенного пневматического инструмента ударного действия.....	65
4.4	Сравнительная оценка эффективности пневматического виброзащищенного ручного инструмента типа КЕ-16, СЛ-491.....	69
Глава 5. Социально-экономическая эффективность средств виброзащиты		
5.1	Определение степени риска заболевания вибрационной болезнью методом анализа «затраты-польза».....	78
5.2	Оценка социальной эффективности средств виброзащиты.....	81
5.3	Расчет экономической эффективности внедрения средств виброзащиты.....	82
	Литература.....	87
	Содержание.....	94

Ирина Георгиевна Тимофеева

**БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА НА ВИБРООПАСНЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ**

Научное издание

ISBN5-89230-147-8

Подписано в печать 10.06.2003 г.

Формат 60x84 1/16. Усл.п.л. 5,6

Уч.-изд.л. 5,1. Тираж 300. Печать опер., бум. писч. заказ №74

Издательство ВСГТУ. г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40а