

20. Подрезов Ю.В. Особенности обеспечения безопасной эксплуатации авиации в неблагоприятных погодных условиях с использованием способов и средств активных воздействий на атмосферные процессы. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций», № 5 за 2016 год.

### **Сведения об авторе**

*Подрезов Юрий Викторович*, доцент, заместитель заведующего кафедрой Московского физико-технического института (государственного университета); главный научный сотрудник научно-исследовательского центра ФГБУ ВНИИ ГЧС (ФЦ). Тел.: 8-903-573-44-84; e-mail: uvp4@mail.ru;

УДК 628.517.4

## **ЗАЩИТА ЧЕЛОВЕКА ОТ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

**Доктор техн. наук Э.Г. Гудушаури**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН)**

*Рассматривается комплексная проблема защиты человека-оператора и оборудования от вредных воздействий вибрации и повышения эффективности технологических процессов и вибрационной техники.*

**Ключевые слова:** вибрационная технология, вибрация, виброзащита.

## **PROTECTION ON THE HUMAN OPERATOR AGAINST VIBRATION IMPACTS**

**Doctor (Tech.) E.G. Gudushauri**

**The A.A. Blagonravov Institute of Machines Science of the Russian Academy of Sciences**

*The article deals with the complex problem of protection of human operator and equipment from the dangerous effects of vibration and improvement of efficiency of technological processes and vibration equipment.*

**Keywords:** vibration technology, vibration, vibroprotection.

Вопросы защиты человека-оператора, технических систем, технологического оборудования и окружающей среды от неблагоприятных вибрационных воздействий становятся весьма актуальными в связи с расширенным внедрением в промышленность вибрационных технологий, приводящих к повышенному излучению вибрации в окружающее пространство.

В связи с этим возникает проблема: не снижая эффективности технологических процессов, снизить негативные воздействия вибраций на человека-оператора, оборудование,

выпускаемую продукцию окружающую среду. Несколько примеров достаточно удачных решений по блокированию негативных воздействий вибрации и одновременному повышению технологической эффективности приводится в настоящей статье.

С каждым годом становится все более очевидным, что вибрация проявляет себя практически в равной степени в двух сущностях: с одной стороны, позволяет реализовывать чрезвычайно эффективные технологии, а с другой - при недостаточном учете негативных воздействий - может приносить серьезный ущерб.

Сегодня задача совершенствования вибрационных технологий, – разработка технологического процесса, который можно реализовать с наибольшей эффективностью методами вибротехники, должна включать одновременно и вопросы защиты человека-оператора от вредных вибрационных воздействий. Так, в инновационном направлении вибрационной техники – волновых технологиях, разрабатываемых под руководством академика РАН Ганиева Р.Ф., использование и развитие фундаментальных принципов, позволяет создавать уникальные технологии с широкими возможностями, одновременно безопасные в отношении вибрационных излучений.

Для реализации этих технологий разработаны новые высокоэффективные вибровозбудители – с упругим эксцентриком, гидравлические с возмущающей силой любой конфигурации, с нелинейным демпфером, для двухмассных установок, крутильно-вращательные, для формирования многолепестковых траекторий колебаний и т.д.

Созданы специальные механизмы для повышения эффективности виброоборудования: рекуперативно-пусковые системы для вибромашин, разнообразные системы изоляции вибромашин и уравнивания сил инерции их колеблющихся частей и т.д.

Разработан программный продукт для оптимального проектирования вибрационных технологических процессов, реализующего их оборудования и приводов для возбуждения специальных колебаний повышенной технологической эффективности. Процесс оптимального проектирования начинается с выбора эффективных технологических режимов.

В основу вибрационных технологий заложен ряд физических эффектов, проявляющихся при высокочастотных режимах работы. К ним относятся снижение сил сухого и вязкого трения, предела пластического деформирования, ускорение протекания физико-химических и химических реакций.

Закономерности функционирования вибрационных машин для объемной технологической обработки дисперсных сред определяются не геометрическими параметрами механизма, а совокупностью всех действующих сил – привода и нагрузки. Система «вибромашина-привод-нагрузка» характеризуется сильными связями и взаимодействиями между составляющими ее элементами и по существу представляет собой единый органический комплекс, функционирующий по общим законам.

Вибрация характеризуется скоростью  $u$ , м/с (виброскоростью); ускорением  $a$ , м/с (виброускорением); частой вибрации ( $f$ ), Гц, 1/с; амплитудой виброперемещения  $A$ (м) колеблющейся твердой поверхности. Органы человека реагируют не на абсолютное изменение интенсивности раздражителя, а на его относительное изменение, при этом ощущения человека пропорциональны логарифму количества энергии раздражителя. Поэтому в практику введены логарифмические величины — уровни виброскорости и виброускорения. Единицей измерения уровня вибрации являются децибелы (ДБ). Стандартизированные в международном масштабе величины  $u_0=5 \cdot 10^{-8}$  м/с,  $a_0= 3 \cdot 10^{-4}$  м/с приняты за пороговые значения виброскорости и виброускорения. Частота производственных вибраций изменяется в диапазоне от 0,5 до 8000 Гц.

Вибрация, как фактор производственной среды, встречается в самых разнообразных отраслях промышленности: металлообрабатывающей, металлургической, горнодобывающей, нефте-газодобывающей, машиностроительной промышленности, на транспорте,

в сельском хозяйстве, а также многих других производствах. Некоторые технологические процессы – виброуплотнение, прессование, формование, процессы бурения и рыхления, транспортировка и др. также сопровождаются генерированием тех или иных видов вибрации.

По способу передачи на человека вибрацию можно подразделить на общую и локальную. Общая вибрация (вибрация рабочих мест) передается через опорные поверхности на все тело сидящего или стоящего человека. Локальная вибрация (местная) передается на руки или отдельные участки тела человека, контактирующего с вибрирующим инструментом или вибрирующими поверхностями технологического оборудования.

Согласно современным представлениям, эффекты вибрационного воздействия на человека определяются деформацией или смещением тканей и органов, что нарушает их нормальное функционирование и приводит к раздражению многочисленных механорецепторов, воспринимающих вибрацию. Следствием этого является изменение психологических и физиологических реакций человека.

В системе «человек – машина» при наличии технологической вибрации само тело человека является сложной динамической системой, которой присущи ритмичные колебания, в том числе и внутренних органов. В этих условиях, при совпадении собственных частот внутренних органов человека и отдельных частей его тела с частотой вынужденной вибрации возникает явление резонанса, при котором резко возрастает амплитуда колебаний органов и частей тела. Поскольку тело человека является сложной колебательной системой с собственным резонансом, многие биологические эффекты имеют строгую частотную зависимость. Область резонанса для головы сидящего человека находится в зоне между 20 и 30 Гц. В этом диапазоне амплитуда ускорения головы может в 3 раза превышать амплитуду плеч. Установлено, что главный резонанс тела спящего или лежащего человека для вибрации, действующей в направлении оси Z, отмечается на частотах 4 – 6 Гц. Для стоящего на виброплощадке человека различают два резонансных типа на частотах 5 – 12 и 17 – 25 Гц.

Колебания внутренних органов в грудной и брюшной полостях при положении стоя обнаруживают резонанс под влиянием вибрации при частоте от 3,0 – 3,5 Гц, но максимальная амплитуда колебаний брюшной стенки отмечается на частотах от 7-8 Гц, передней грудной стенки – от 7 до 11 Гц. В связи с этим частотный диапазон от 4 до 8 Гц может считаться лимитирующим для устойчивости человека.

На рукоятке ручной машины при работе с ней имеется один максимум вибрации в области ниже 5 Гц и второй – в области 30-40 Гц.

Механическая система руки человека имеет резонанс в области частот 30-60 Гц. При передаче вибрации от ладони к тыльной стороне кисти амплитуда колебаний при неизменной частоте 40-50 Гц уменьшается на 35-65%. Затухание колебаний увеличивается от кисти к локтю с максимальным эффектом в плечевом суставе и голове.

При длительном воздействии общей и локальной вибрации в организме человека возникают сложные морфо-функциональные изменения в различных органах и тканях. Преимущественно страдают центральная и периферическая нервная системы, регуляция сосудистого тонуса, приводящие в конечном итоге к развитию вибрационной болезни.

Вибрационным технологиям сопутствуют и специфические колебания – звуковые от 16 - 20 Гц до 16 кГц. В производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы. А также ручные механизированные инструменты, электрические машины, компрессоры, кузнечнопрессовое, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование (вентиляционные установки, кондиционеры) и т.д.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малозумные или полностью бесшумные. Снижение шума в ис-

точнике достигается путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум.

В последнее время все более широкое распространение в производстве находят технологические процессы, основанные на использовании энергии с частотой, превышающей верхний предел слышимости – 20 кГц. Единицей измерения интенсивности ультразвука является ватт на квадратный сантиметр ( $\text{Вт/см}^2$ ).

Ультразвук обладает главным образом локальным действием на организм, поскольку передается при непосредственном контакте с ультразвуковым инструментом, обрабатываемыми деталями или средами, где возбуждаются ультразвуковые колебания. Ультразвуковые колебания, генерируемые ультразвуком низкочастотным промышленным оборудованием, оказывают неблагоприятное влияние на организм человека. Длительное систематическое воздействие ультразвука, распространяющегося воздушным путем, вызывает изменения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов.

Меры предупреждения неблагоприятного действия ультразвука на организм операторов технологических установок состоят в первую очередь в проведении мероприятий технического характера. К ним относятся создание автоматизированного ультразвукового оборудования с дистанционным управлением, использование по возможности мало мощного оборудования, что способствует снижению интенсивности шума и ультразвука на рабочих местах на 20 - 40 дБ. Размещение оборудования в звукоизолированных помещениях или кабинетах с дистанционным управлением; оборудование звукоизолирующих устройств, кожухов, экранов из листовой стали или дюралюминия, покрытых резиной, противозумной мастикой и другими материалами.

Если по производственным причинам невозможно снизить уровень интенсивности шума и ультразвука до допустимых значений, необходимо использование средств индивидуальной защиты – противозумов, резиновых перчаток с хлопчатобумажной прокладкой и др.

### Литература

1. Фролов К.В. Вибрация – друг или враг. М.: Наука. - 1984. — 144 с.
2. Ганиев Р.Ф., Украинский Л.Е. Нелинейная волновая механика и технологии.- М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». - 2008. - 703 с.
3. Гончаревич И.Ф. Модернизация портовых транспортно-перегрузочных установок. – М.: Альтаир – МГАВТ. - 2012. - 144с.
4. Гончаревич И.Ф. Динамика вибрационного транспортирования. – М.: Наука. - 1970. – 272 с.
5. Гончаревич И.Ф., Гудушаури Э.Г., Гаврилина Л.В. Модернизация транспортно-перегрузочной техники методами вибротехнологий // Машиностроение и инженерное образование. – 2014. - №2 (39). – С. 9-14.
6. Гончаревич И.Ф., Гудушаури Э.Г., Аканов Х.А., Никулин К.С., Гаврилина Л.В. ИМАШ РАН. Транспортно-перегрузочные установки со специальными вибрационными приводами для сельского хозяйства. Сборник научных трудов международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина. - 2013. – 199-202 с.
7. Гончаревич И.Ф., Гудушаури Э.Г., Леонова О.В., Гаврилина Л.В., Четвертухин Н.В. Совершенствование конструкции и режимов работы виброприводов для транспортного и транспортно-технологического оборудования. // Проблемы машиностроения и автоматизации - № 3, 2015. – 42-47 с.
8. Гончаревич И.Ф., Еланский Г.Н. Новые разработки в области высокоэффективных режимов качаний кристаллизаторов МНЛЗ и реализующих их приводов. Труды XII международного конгресса сталеплавильщиков. - М.: Металлургиздат. - 2013. – С. 312-316.

9. Гончаревич И.Ф., Тиль Б. Асимметричные колебания – средство повышения эффективности вибрационных технологических процессов // XXI век. - 2005. - №5. – С. 46-54

10. Goncharevich I.F., Frolov K.V. Theory of Vibratory Technology. – New York, Washington, Filadelpia, London? Hemisphere Publishing Corporation. - 1990/ - 540 p.

11. Спиваковский А.О., Гончаревич И.Ф. Вибрационные и волновые машины. – М.:Наука. - 1985. – 288 с.

12. Гончаревич И.Ф., Гудушаури Э.Г. Защита от вибрационных воздействий человека-оператора и повышение эффективности технологического оборудования методами вибрационной техники.// Проблемы машиностроения и автоматизации - № 3, 2012.

13. Гончаревич И.Ф., Гудушаури Э.Г., Мельников А.М., Щеглов С.В. О перспективах использования вибрационной техники и технологии в сельском хозяйстве. Сборник докладов XI Международной научно-практической конференции 14-15 сентября 2010 г., г. Углич

### **Сведения об авторе**

*Гудушаури Элгуджа Георгиевч*, профессор, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки. Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН), тел. (495) 623-50-97, mibsts@mail.ru

УДК 331.461

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ**

**Канд. техн. наук *М.И. Захарова***

**Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН – структурное подразделение ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»**

*В условиях сурового климата Арктики вероятность аварийных ситуаций возрастает и решение задач, связанных с прогнозированием последствий аварий на объектах нефтегазовой промышленности, приобретает все большее значение. Представлены результаты анализа риска аварий резервуаров и газопроводов в условиях Арктики.*

**Ключевые слова:** анализ риска, разлив нефтепродуктов, истечение газа, температурная инверсия, рассеивание, частота аварийных сценариев, ударные волны, тепловое излучение.

## **PREDICTION OF THE CONSEQUENCES OF ACCIDENTS AT OIL AND GAS OBJECTS IN THE ARCTIC**

**Ph.D. (Tech.) *M.I. Zakharova***

**The Institution of Russian Academy of Sciences the V.P. Larionov's Institute of Physical-Technical Problems of the North, Siberian Branch of the RAS**