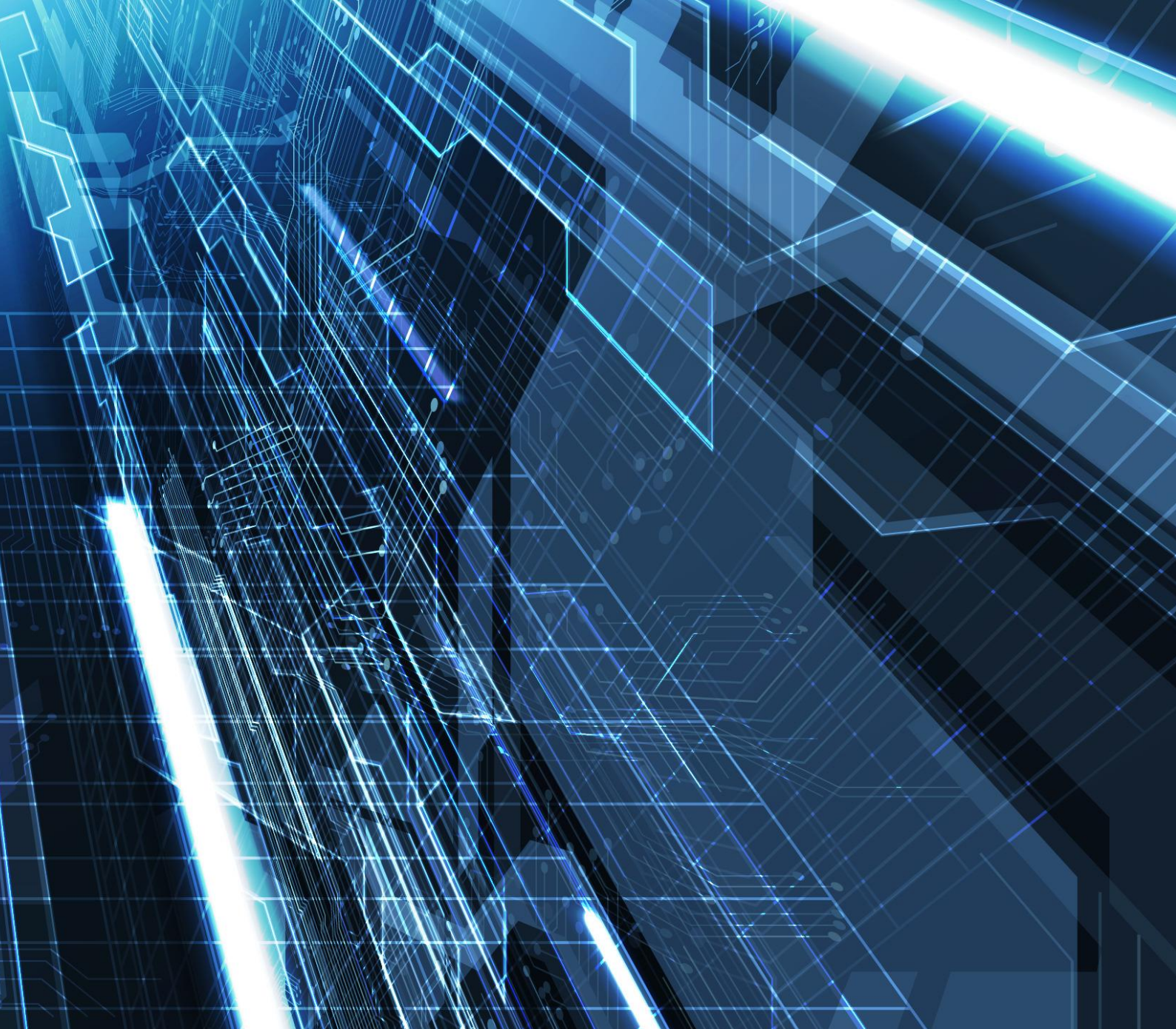




Научно-исследовательские парадигмы в области машиностроения, информационных технологий и энергетики

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
ПО МАТЕРИАЛАМ I МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-
ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

WWW.SCIPRO.RU

**НАУЧНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАУКА**

**Научно-исследовательские парадигмы в области
машиностроения, информационных технологий и энергетики**

**Сборник научных трудов
по материалам I Международной научно-практической конференции**

25 февраля 2020 г.

УДК 001
ББК 72

Главный редактор: Н.А. Краснова
Технический редактор: Ю.О. Канаева

Научно-исследовательские парадигмы в области машиностроения, информационных технологий и энергетики: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции 25 февраля 2020 г., Казань: Профессиональная наука, 2020. – 44 с.

ISBN 978-1-67818-532-9

В сборнике научных трудов рассматриваются актуальные вопросы развития инженерного дела и инженерии, лесоводства и сельского хозяйства, транспорта и т.д. по материалам I Международной научно-практической конференции **«Научно-исследовательские парадигмы в области машиностроения, информационных технологий и энергетики»**, состоявшейся 25 февраля 2020 г. в г. Казань.

Сборник предназначен для научных и педагогических работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Все включенные в сборник статьи прошли научное рецензирование и опубликованы в том виде, в котором они были представлены авторами. За содержание статей ответственность несут авторы.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте www.scipro.ru.

При верстке электронной книги использованы материалы с ресурсов: PSDgraphics

УДК 001
ББК 72



- © Редактор Н.А. Краснова, 2020
- © Коллектив авторов, 2020
- © Lulu Press, Inc.
- © НОО Профессиональная наука, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ 6

БОНДАЛЕТ И.С., РАДЫНСКИЙ Л.А. ИСПЫТАНИЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С АДГЕЗИЕЙ ГРУНТА В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР 6

СЕКЦИЯ 2. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ 14

ТАГОЕВ Ф.М., КУРЛАЕВ Н.В., РЫНГАЧ Н.А. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ КАЛИБРОВКИ ТРУБЧАТОЙ ДЕТАЛИ СО СВАРНЫМ ШВОМ 14

СЕКЦИЯ 3. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ 22

ДЫБОВ Р.С. ТЕХНОЛОГИЯ 5G..... 22

СЕКЦИЯ 4. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ 27

GASYMOVA Z.V., PRONKIN N.N. PROBLEMS OF INFORMATION SECURITY IN ELECTRONIC MEDICAL RECORDS..... 27

СЕКЦИЯ 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА 32

МУШНИКОВ В.С., ВЬЮХИН В.В., ЛИХТЕНШТЕЙН В.И., КОПЫЛОВА Ю.А., ЛОГИНОВ В.С. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК ПОТЕРИ СЛУХА 32

СЕКЦИЯ 1. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.879.3

Бондалет И.С., Радынский Л.А. Испытание нагревательных элементов для борьбы с адгезией грунта в условиях отрицательных температур

Testing heating elements for combating soil adhesion under conditions of negative temperatures

Бондалет Иван Сергеевич,

Студент,

Радынский Леонид Алексеевич,

Студент,

Братский государственный университет

Научный руководитель

Зеньков С.А., к.т.н., доцент кафедры Строительных,

дорожных машин,

Братский государственный университет

Bondalet Ivan Sergeevich,

Student,

Radynsky Leonid Alekseevich,

Student,

Bratsk State University

Scientific adviser: Zenkov S.A., Candidate of Engineering Sciences, Associate professor of Road

Building Machinery

Bratsk State University

Аннотация. Основной причиной снижения производительности землеройных машин является увеличение адгезии и трения при разработке влажных связных грунтов в условиях отрицательных температур. Данная проблема существует как в России, так и за рубежом. При разработке зимой мерзлых глинистых и мокрых грунтов, разрыхленных на куски, наполнение ковша и скорость работы экскаватора значительно меньше, чем в летних условиях. Мокрый грунт, соприкасаясь с охлажденными стенками ковша, быстро к ним примерзает, уменьшается полезный объем ковша и затрудняется выгрузка. Проведен обзорный анализ саморегулирующихся нагревательных элементов. Рассмотрены три нагревательных элемента ТМ-40, ТМ-60 и SRL 30-2, как возможные варианты для применения непосредственно на ковше экскаватора для ослабления адгезионных связей путём нагрева рабочей поверхности машины. Представлены результаты экспериментальных исследований, представлены однофакторные уравнения регрессии температуры нагрева пластины для каждого из нагревательных элементов, построены температурно-временные характеристики трёх нагревательных элементов, произведен сравнительный анализ трёх нагревательных элементов ТМ-40, ТМ-60 и SRL 30-2.

Ключевые слова: Нагревательный элемент, адгезия, связный грунт, землеройные машины, напряжение сдвига, однофакторные уравнения, нагрев пластины.

Abstract. The main reason for the decrease in the productivity of excavating machines is the increase in adhesion and friction in the development of wet cohesive soils under conditions of negative temperatures. This problem exists both in Russia and abroad. In the development of frozen clay and wet soils in winter,

loosened to pieces, filling the bucket and the speed of the excavator is much less than in summer conditions. Wet soil, in contact with the cooled walls of the bucket, quickly heats to them, reduces the useful volume of the bucket and makes it difficult to unload. An overview analysis of self-regulating heating elements has been carried out. Three heating elements TM-40, TM-60 and SRL 30-2 are considered as possible variants for application directly on the excavator bucket for weakening of adhesive bonds by heating the working surface of the machine. The results of experimental studies are presented, single-factor regression equations for the plate heating temperature for each of the heating elements are presented, the temperature-time characteristics of the three heating elements are constructed, and the three heating elements TM-40, TM-60 and SRL 30-2 are.

Keywords: Heating element, adhesion, cohesive soil, earth-moving machines, shear stress, single-factor equations, plate heating.

Введение. Существующие методы снижения трения и прилипания можно разделить на четыре группы [1-14]. Первый метод включает в себя создание промежуточного слоя на границе контакта, который может служить защитным экраном для молекулярного взаимодействия фаз и должен обладать адгезионным взаимодействием. Вторая группа включает в себя методы, способствующие ослаблению адгезионных связей за счет внешнего воздействия. Третий метод основан на конструктивно-технологических и механических способах. Четвертая группа - это комбинирование двух или более методов для снижения адгезии.

В данной статье рассматривается метод внешнего воздействия, инструментами которого являются нагревательные элементы в виде греющих саморегулирующихся нагревательных кабелей марок TM-40, TM-60 и SRL 30-2.

Постановка задачи. Рассмотреть метод внешнего воздействия, инструментом которого являются нагревательные элементы в виде греющих саморегулирующихся нагревательных кабелей марок TM-40, TM-60 и SRL 30-2 [13].

Метод решения задачи. Рассмотрим применение нагревательных элементов для ослабления адгезионных связей мерзлого грунта с контактной зоной рабочей металлической поверхности.

Нагревательные кабели - специфический вид кабельных изделий, преобразующих электрическую энергию в тепловую в целях нагрева и выполняющих функцию приемника электрической энергии, а не передающей линии. Нагревательные кабели значительно отличаются от обычных кабелей и проводов, назначение которых передавать электрическую энергию с наименьшими потерями и с незначительным падением напряжения на длине линии (обычно не более 5%) [13].

Нагревательный кабель используется в виде нагревательных секций, т.е. отрезков определенной длины, причем на этой длине происходит полное падение приложенного напряжения. Следовательно, нагревательную секцию следует рассматривать как обычный приемник электрической энергии (как один из видов электрических нагревательных элементов).

Отрицательный для обычных кабелей эффект рассеяния части передаваемой энергии в виде тепла используется как полезный в нагревательных кабелях. Причем преобразование электрической энергии в тепло происходит самым оптимальным и экономичным способом. Преобразование полное, бесшумное, без использования дополнительных веществ (топлива, окислителя).

На рис. 1 представлена схема принципа работы саморегулирующихся нагревательных элементов.

Работа саморегулирующегося нагревательного кабеля основана на простом свойстве проводника электрического тока: при нагревании увеличивается его сопротивление, а чем выше сопротивление, тем меньше сила тока, а следовательно и затрачиваемая мощность. Участок кабеля, который находится в более холодном месте, имеет меньшее сопротивление, через нагревательную матрицу в этом участке протекает большой ток, что приводит к большему нагреву кабеля и более интенсивному обогреву трубы. Там где температура выше, сопротивление матрицы больше и ток, протекающий через неё меньше. Таким образом, при включении саморегулирующегося кабеля у замерзающей водопроводной трубы, он включается на полную мощность, а по мере прогрева трубы, его мощность постепенно увеличивается [13].

Сам по себе греющий кабель не выключается при достижении нужной температуры обогреваемой трубы, он продолжает работать постоянно, просто с меньшей мощностью. Например, кабель используется на участке водопроводной трубы на вводе в дом в зимний период, и его задача поддерживать температуру трубы +5 градусов, чтобы предотвратить замерзание. Саморегулирующийся кабель не будет отключать обогрев при температуре +5 градусов и выше, и не будет сам включаться при падении температуры ниже +5, он будет работать постоянно, просто с разной интенсивностью.

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики нагревательных элементов трёх марок: мощность нагревательного элемента, температура нагрева на открытом воздухе, напряжения питания и длина кабеля, также приведена область применения нагревательных элементов для каждой из трёх марок.

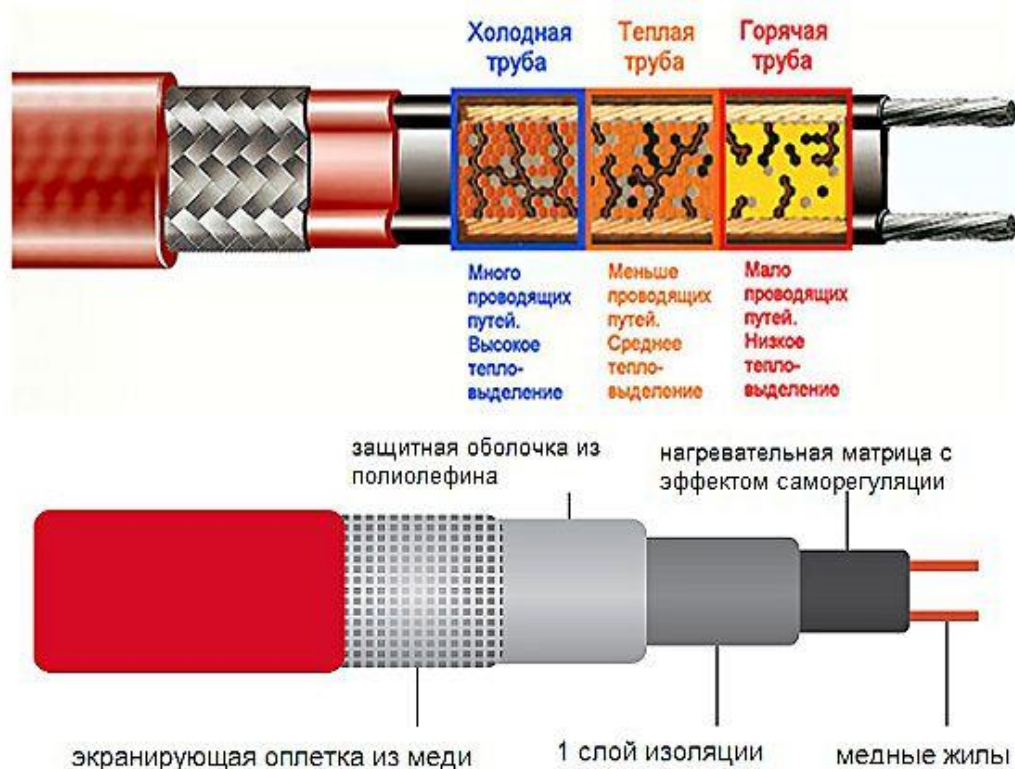


Рисунок 1. Принцип саморегулирования нагрева греющих кабелей

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики нагревательных элементов трёх марок (ТМ-40, ТМ-60, SRL 30-2): мощность нагревательного элемента, температура нагрева на открытом воздухе, напряжения питания и длина кабеля, также приведена область применения нагревательных элементов для каждой из трёх марок в таблице 2.

Таблица 1

Характеристики нагревательных элементов

Характеристики	Наименование греющих кабелей		
	ТМ-40	ТМ-60	SRL 30-2
Мощность, Вт/м	40	60	30
Температура нагрева на воздухе, С	95	115	85
Напряжение питания, В	220	220	220-240
Длина кабеля, м	6	6	6
Область применения			
ТМ-40	Обогрев бетона, в холодильной промышленности		
ТМ-60	Обогрев бетона, в холодильной промышленности		
SRL 30-2	Обогрев водостоков и кровли, Обогрев водопровода, Обогрев труб и трубопроводов, Обогрев резервуаров и емкостей		

Проведён анализ нагревательных кабелей марок ТМ-40, ТМ-60 и SRL 30-2 для выявления наиболее эффективного греющего элемента с максимальной температурой нагрева при продолжительности работы $t=10$ мин. В качестве имитатора рабочей поверхности был использован специальный сдвиговой стенд [14]. Эксперимент проводился в помещении, при температуре 20 град С°.

Нагрев металлической пластины с помощью нагревательного элемента проводился 10 мин, значения температуры нагрева в зависимости от времени контакта замерялись в значениях 2, 4, 6, 8 и 10 минут.

Результаты проведенного эксперимента показаны в таблице 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента

Наименование кабеля	Время нагрева пластины, мин.				
	2	4	6	8	10
	Температура нагрева пластины, в зависимости от продолжительности нагрева, °С				
ТМ-40	15	16	17	19	20
ТМ-60	22	31	39	46	51
SRL 30-2	10	12	14	15	17

На рисунке 2 изображена общая температурно-временная характеристика нагревательных элементов ТМ-40, ТМ-60 и SRL 30-2.

Произведена математическая обработка результатов эксперимента.

Математическая обработка полученных результатов проводилась при помощи программы MODEL для однофакторных зависимостей. Для получения однофакторных уравнений регрессии использовалась функция $y = C_0 + C_1 \cdot x + C_2 \cdot x^2$.

В результате обработки экспериментальных данных были получены уравнения регрессии для трёх марок нагревательных кабелей ТМ-40, ТМ-60 и SRL 30-2.

Полученные однофакторные уравнения показаны в таблице 3.

Таблица 3

Однофакторные уравнения температуры нагрева пластины

Температурно-временная характеристика нагревательных элементов при +20 град	
Наименование кабеля	Температура нагрева пластины, °С
ТМ - 40	$Y = 14 + 0,435714 \cdot x + 0,017857 \cdot x^2$
SRL 30-2	$Y = 8 + 1,064286 \cdot x - 0,017857 \cdot x^2$
ТМ-60	$Y = 14,066667 + 4,642424 \cdot x - 0,090909 \cdot x^2$

С помощью программы Microsoft Excel, на основе полученных однофакторных уравнений в таблице 3 получили квазиоднофакторные зависимости при фиксированном значении времени нагрева пластины.

Анализ полученных результатов. Наиболее эффективную работу среди греющих кабелей показал себя нагревательный элемент марки ТМ-60. По результатам эксперимента, на каждом отрезке времени нагревательный элемент ТМ-60 показал себя эффективней греющего кабеля ТМ-40 в 1.5-2.6 раза. По сравнению с греющим кабелем SRL 30-2, ТМ-60 оказался эффективней в 2.2-3 раза.



Рисунок 2. Общая температурно-временная характеристика нагревательных элементов

Выводы. Результаты экспериментальных исследований влияния нагрева контактной зоны на адгезию грунтов к металлической поверхности рабочих органов машин при отрицательной температуре с помощью нагревательных элементов в качестве греющих кабелей позволяют сделать ряд выводов и практических рекомендаций. Проведен обзорный анализ по использованию саморегулирующихся нагревательных элементов в качестве борьбы с адгезией грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин. Произведена математическая обработка однофакторных зависимостей по результатам

экспериментальных данных для получения уравнений регрессии. Были построены квазиднофакторные зависимости.

Библиографический список

1. Зеньков С.А., Козик А.С., Буйлов О.А. Применение полимерных противоналипающих листов для снижения адгезии грунтов к рабочим органам землеройных машин // Механики XXI века. 2010. № 9. С. 112-114.
2. Зеньков С.А., Батуро А.А., Булаев К.В., Диппель Р.А. Анализ структуры рабочего органа ковшового типа с устройством внешнего интенсифицирующего воздействия для снижения адгезии грунта // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 49-52.
3. Rajaram G., Erbach D.C. Effect of wetting and drying on soil physical properties. // Journal of Terramechanics 36 (1999) P. 39-49.
4. Заднепровский Р.П. Рабочие органы землеройных и мелиоративных машин и оборудования для разработки грунтов и материалов повышенной влажности. – М.: Машиностроение, 1992. 176 с.
5. Зеньков С.А., Жидовкин В.В., Нечаев А.Н. Снижение адгезии грунтов с помощью ремонтно-восстановительных составов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2010. Т. 2. С. 127-131.
6. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Елохин А.В., Дэлэг Д. Перспективы применения гибких нагревательных ленточных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам ковшового типа // Механики XXI века. 2009. № 8. С. 164-167.
7. Зеньков С.А., Игнатьев К.А., Филонов А.С. Эффективность гибких нагревательных элементов для борьбы с адгезией грунтов к землеройным машинам // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2013. Т. 1. С. 134-137.
8. Зеньков С.А., Игнатьев К.А., Филонов А.С., Банщиков М.С. Исследование влияния теплового воздействия на адгезию грунтов к рабочим органам землеройных машин // Механики XXI века. 2013. № 12. С. 228-232.
9. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Кутимский Г.М. Использование электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Механики XXI века. 2014. № 13. С. 156-160.
10. Зеньков С.А., Диппель Р.А., Булаев К.В., Батуро А.А. Планирование эксперимента по исследованию влияния параметров теплового воздействия на сопротивление сдвигу грунта // Механики XXI века. 2005. № 4. С. 52-56.

11. Зенков С.А., Ереско С.П. Моделирование процесса копания грунта вибрирующим ковшовым рабочим органом при отрицательной температуре // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 12. С. 44-49.

12. Зеньков С.А. Методика расчета оборудования с акустическим воздействием для снижения адгезии грунтов к ковшам экскаваторов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2006. № 2-1 (26). С. 67-72.

13. Нагревательные кабели: виды и области применения [Электронный ресурс]: информация и обучающие материалы для начинающих электриков. Режим доступа: <http://elektrik.info/main/news/117-nagrevatelnye-kabeli-vidy-i-oblasti-primeneniya.html>.

14. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Мунц В.В. Стенд для исследования влияния комбинированного воздействия на адгезию грунтов к землеройным машинам // Механики XXI века. 2007. № 6. С. 15-18.

СЕКЦИЯ 2. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.983.7

Тогоев Ф.М., Курлаев Н.В., Рынгач Н.А. Численное моделирование импульсной калибровки трубчатой детали со сварным швом

Numerical simulation of pulsed calibration of a welded tubular part

Тогоев Фируз Муродалиевич,

Аспирант кафедры самолето- и вертолетостроения, Новосибирский государственный технический университет

Курлаев Николай Васильевич,

Доктор технических наук, доцент кафедры самолето- и вертолетостроения, Новосибирский государственный технический университет

Рынгач Николай Анатольевич,

Кандидат технических наук, доцент кафедры самолето- и вертолетостроения, Новосибирский государственный технический университет

Tagoev Firuz Murodalievich,

Postgraduate Student, Department of Aircraft and Helicopter Engineering, Novosibirsk State Technical University

Kurlaev Nikolay Vasilievich,

Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Department of Aircraft and Helicopter Engineering, Novosibirsk State Technical University

Ryngach Nikolay Anatolievich,

Candidate of Engineering Science, Associate Professor, Department of Aircraft and Helicopter Engineering, Novosibirsk State Technical University

Аннотация. Приведен анализ электродинамических процессов при магнитно - импульсной «раздаче» тонкостенных трубчатых деталей. Рассматривается случай где трубчатые детали изготовлены сваркой. Особое внимание уделено случаю, когда зона сварки металлической тонкостенной трубы касается матрицы.

Ключевые слова: Магнитно – импульсная обработка металлов, амплитуда давления, калибровка, метод конечных элементов

Abstract. The analysis of electrodynamic processes during magnetic-pulse “expansion” of thin-walled tubular parts is given. Cases where tubular parts are made by welding are considered. Particular attention is paid to the case when the welding zone of a metal thin-walled tube touches the die.

Keywords: Electromagnetic forming process for metals, pressure amplitude, calibration, finite element method

Важной проблемой в настоящее время в самолетостроении является изготовление надежных и высокоресурных трубопроводов, которые работают в условиях сложного нагружения. Трубопроводы современных летательных аппаратов подвергаются действием высоких давлений, гидравлических ударов и пульсирующей нагрузки, поэтому к ним

предъявляются высокие требования по механическим свойствам материала, качеству внутренней и внешней поверхностей, сохранению формы, минимальных утонений стенок.

Большое количество разрушений трубопроводов связано с уменьшением толщины стенок в местах изгиба, перехода от одного диаметра к другому и соединениях. Значительно снижают работоспособность такие факторы, как волнистость стенок и чрезмерная эллипсность, явления, сопровождающие процессы изготовления трубопроводов[1].

Актуальной проблема всегда остается, как минимизировать производственные затраты и при этом обеспечить заданную точность геометрических параметров, заданные прочностные свойства, требуемую шероховатость поверхностей и эксплуатационные характеристики деталей, узлов и систем в условиях применения в конструкциях летательных аппаратов современных металлов и сплавов.

В связи, с этим одной из важных задач при производстве летательных аппаратов являются разработка новых и усовершенствование существующих технологий.

В настоящее время одной из наиболее перспективных технологий является магнитно - импульсная технология обработки металлов (МИОМ), основанная на использовании больших электродинамических сил, возникающих в электропроводных материалах при взаимодействии внешнего импульсного магнитного поля (ИМП) с индуцированными им в материале вихревыми токами [2,10]. Это типичные высокоскоростные технологии формования, которые имеют различные преимущества по сравнению с квазистатическим формованием, таким как односторонний штамп, улучшенное формообразование листовых металлов и высокая точность формования. Переходная импульсная магнитная сила вызывает пластическую деформацию металлических деталей в процессе МИОМ при комнатной температуре.

Величины амплитуды давления ИМП и длительности импульса определяются исходя из электрических параметров процесса МИОМ [3,8]. Ток, протекающий в индукторе при разрядке конденсаторной батареи, приблизительно выражается уравнением гармонического колебания:

$$I = \frac{U}{L_{\omega}} \exp\left(-\frac{R}{2L}t\right) \sin \omega t. \quad (1)$$

Для магнитно - импульсной раздачи трубчатых деталей давление ИМП (Р) на неподвижную заготовку аппроксимируется затухающей квадратичной синусоидой и вводится коэффициент ослабления давления ИМП в зависимости от зазора между индуктором и заготовкой [4](рисунок 1):

$$P = P_0 \frac{\Delta}{\Delta + \mu} \exp(-\beta t) \sin^2(\omega t), \quad (2)$$

где P_0 – условное давление;

Δ – зазор между индуктором и заготовкой;

ω – круговая частота колебаний разрядного тока;

β – коэффициент затухания.

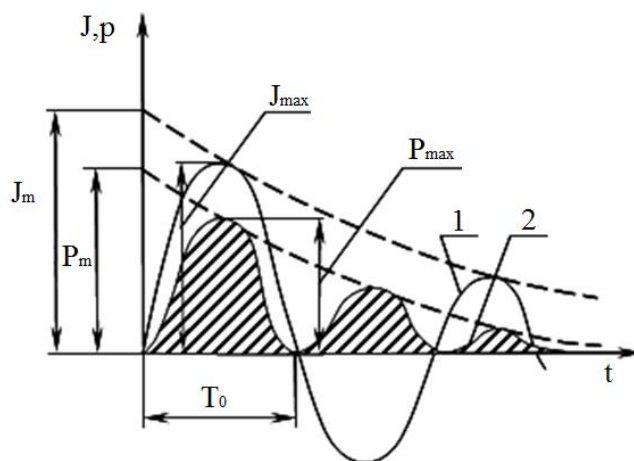


Рисунок 1. Зависимость измерения величины разрядного тока J и давления ИМП P во времени (1 – кривая тока; 2 – кривая давления)

При анализе работ, посвященных вопросам численного моделированию с помощью конечно-элементного комплекса ANSYS, приведенных в [2,7,9], можно сделать вывод о том, что поскольку продолжительность разряда тока намного меньше продолжительности процесса деформации заготовки, то возможно пренебречь влиянием перемещения заготовки во время разряда на параметры разряда.

Процесс МИОМ в основном подходит для деформации металлических материалов с высокой проводимостью, таких как алюминий, медь и медные сплавы. МИОМ – это также энергосберегающая и экологически чистая технология производства. Предел формирования материала из алюминиевого сплава может быть значительно улучшен с помощью МИОМ. МИОМ требует только одной формы (например, матрицы) для формирования трубки и может быть использован для получения деталей трубки высокой точности. В этой работе мы проводили численное моделирование для изучения динамического поведения деформации трубчатой детали.

Анализ методом конечных элементов является одним из основных методов анализа МИОМ. В этой работе мы используем программное обеспечение ANSYS для создания трехмерной модели. Программа решает ряд дифференциальных уравнений для вывода давления, скорости и деформации в разное время [5,6]. На рисунке 2 показана общая схема МИОМ в процессе раздачи, где P – амплитуда импульсной нагрузки. В результате получаем деформацию трубчатой детали, используя модель конечных элементов с помощью влияния электромагнитной силы.

При изготовлении трубопроводов используется сварные патрубки листового материала [1]. В результате сварки возникает отклонение от круглой формы, которая требует калибровки. Из существующих методов это штамповка резиной – для алюминиевых сплавов подходит, но для твердых деталей, такие как нержавеющие стали типа 08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т, 08Х18Г8Н2Т или титановых сплавов возникает пружинения. Неравномерное напряженное состояние трубчатой заготовки приводит к тому, что в процессе деформирования одни участки ее нагружены незначительно, а другие, наоборот, сильно, и в них возникает опасность разрушения.

В результате анализа численного моделирования с помощью конечно-элементного комплекса ANSYS, для получения заданной формы при минимальной давлении без пружинения, следует, что при формообразования, схема нагружения должен иметь вид как показано на рисунке 2. Благодаря данной схеме уменьшение толщины стенки сводится к минимуму.

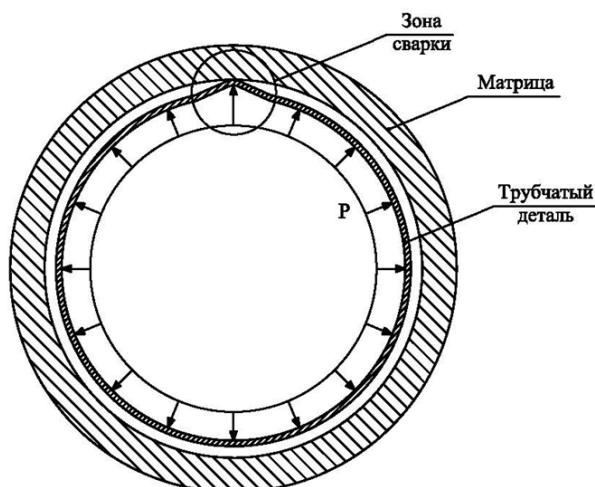


Рисунок 2. Схема нагружения трубчатой детали при магнитно-импульсной калибровке.

На внутренней поверхности трубчатой детали равномерно распределено давление P . Необходимо задавать оптимальную амплитуду давления P_0 , при которой трубчатая деталь деформируется и при этом не возникает пружинение и изменение толщины стенок было незначительной.

Анализ процессов проводится на основе численного моделирования в рамках механики сплошной среды [7]. Используются уравнения, являющиеся следствием законов сохранения массы, импульса и энергии. Замыкается система соотношениями упругопластического поведения материала Прандтля-Рейса. Основные уравнения имеют следующий вид.

Уравнения траектории материальных частиц:

$$\dot{x}_i = v_i. \quad (3)$$

Уравнение неразрывности среды:

$$V_0 \rho_0 = V \rho. \quad (4)$$

Закон изменения импульса материальной частицы:

$$\rho \dot{v}_i = \sigma_{ij,j}. \quad (5)$$

Изменение внутренней энергии:

$$\rho \dot{e} = \sigma_{ij} \dot{\epsilon}_{ij}. \quad (6)$$

Тензор скоростей деформации:

$$\dot{\epsilon}_{ij} = 0,5(v_{i,j} + v_{j,i}). \quad (7)$$

Компоненты тензора напряжений представим следующим образом:

$$\sigma_{ij} = -P \delta_{ij} + s_{ij}, \quad (8)$$

где s_{ij} – компоненты девиатора тензора напряжений, отвечающий за сопротивление формоизменению материальной частицы, δ_{ij} – символ Кронекера. В приведенных выше уравнениях (3-8) использованы следующие обозначения: каждый из индексов i, j последовательно принимает значение (1, 2, 3); по повторяющимся индексом проводится суммирование, точка над символом – производная по времени вдоль траектории; индекс после запятой – производная по соответствующей координате; x_i, v_i – компоненты векторов положения и скорости материальной частицы; ρ_0, ρ – начальная и текущая плотность среды; μ – модуль сдвига; P – давление.

Уравнение процесса упругопластического течения записывается в форме Прандтля-Рейсса:

$$\dot{s}_{ij} + d\lambda' s_{ij} = 2\mu \left(\dot{\epsilon}_{ij} - \frac{\dot{\epsilon}_{ij} \delta_{ij}}{3} \right), \quad (9)$$

при условии пластичности Губера-Мизеса:

$$s_{ij} s_{ij} \leq \frac{2}{3} Y_0^2, \quad (10)$$

где Y_0 – динамический предел текучести.

Для оценки возможности реализации такого подхода применительно к данной задаче этот процесс был смоделирован с помощью конечно-элементного комплекса ANSYS/ Explicit Dynamics, особенностью которого является возможность реализации комплексного решения подобного класса задач. На рисунке 3 в качестве примера показано 3D-модель данной задачи и результат деформации трубчатой детали.

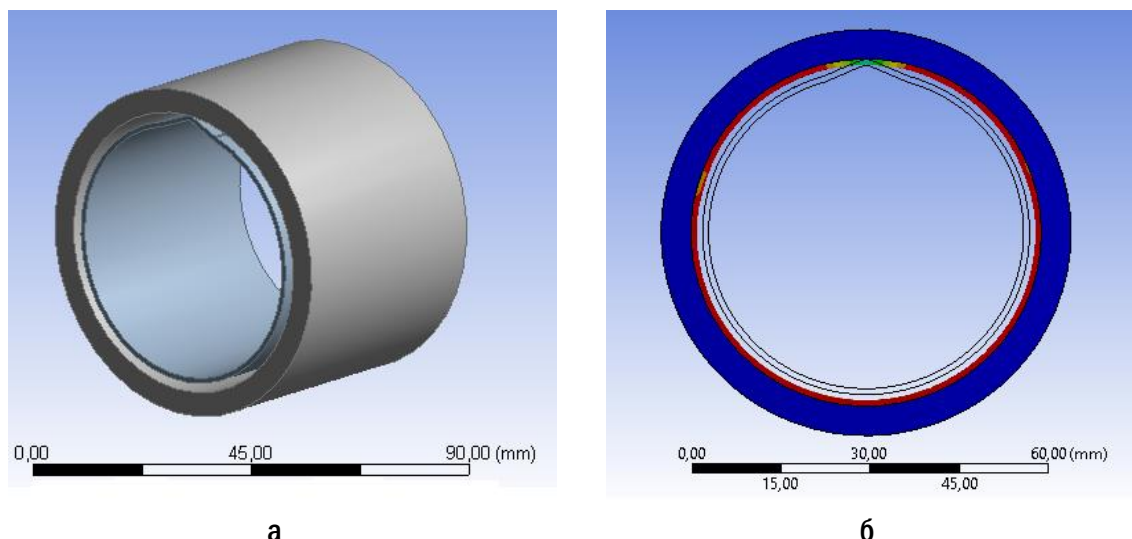


Рисунок 3. 3D-модель трубчатой детали: а – исходное состояние; б – деформированное состояние

Для проведения анализа было выбрано алюминиевые трубы, изготовленные сваркой, с разным пределом текучести, толщиной и диаметром (таблица 1). В качестве матрицы был выбран материал, предел текучести которой превысил предел текучести заготовки в несколько раз. Результаты численного моделирования процессов нагружения трубчатой заготовки для получения деталей с заданной точностью были обобщены в виде номограмм. Номограммы для определения оптимальной величины давления (P) в зависимости от динамического предела текучести заготовки (Y_0) и геометрических параметров детали (D_0, δ_0) представлены на рисунке 4.

Таблица 1

Определения оптимальной величины давления (P , МПа) при толщине стенки трубчатой заготовки $\delta_0=1$ мм.

Y_0 , МПа	$D_0=50$ мм	$D_0=55$ мм	$D_0=60$ мм
185	14	13	12
200	15	14	13
250	17	16	15
325	22	20	19

Таким образом, численное моделирование необходимо для исследования ненаблюдаемых значений (например, поведения и скорости деформации во время процесса) для понимания физических явлений. Кроме того, метод моделирования может быть полезен при прогнозировании экспериментальных результатов, которые не могут быть выполнены из-за ограничений оборудования.

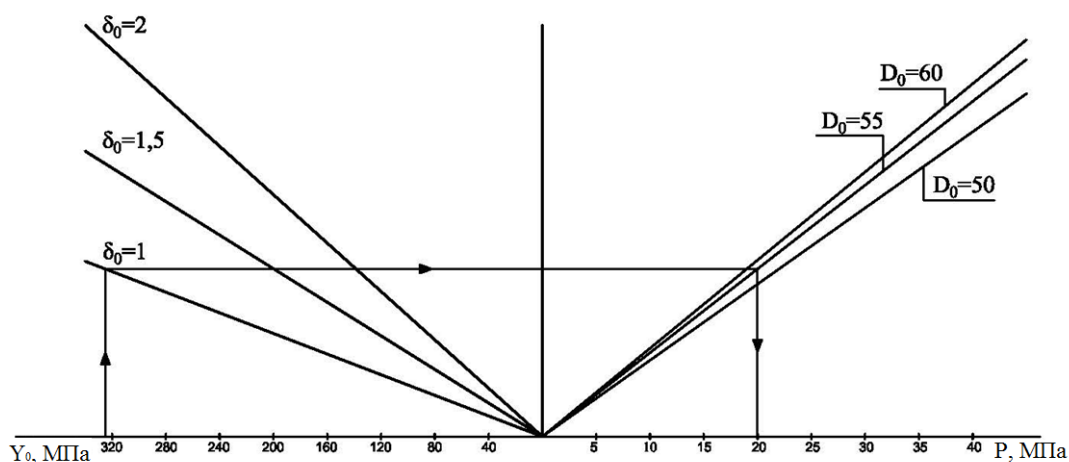


Рисунок 4. Номограмма определения оптимальной амплитуды ИМП (P) в зависимости от динамического предела текучести заготовки (Y_0) и геометрических параметров детали (D_0 , δ_0).

По результатам оптимизации параметров магнитно-импульсного формообразования трубчатых деталей построена номограмма, позволяющие находить величину оптимальной амплитуды давления ИМП для штамповки трубчатых деталей с максимальной точностью. В результате расчетов мы можем определять оптимальную величину давление ИМП для трубчатых деталей с динамическим пределом текучести от 120 до 330 МПа, толщины от 1мм до 2мм и диаметром от 50мм до 60мм.

Библиографический список

1. Феокистов С. И., Марьин Б. Н., Марьин С. Б. и Колыхалов Д. Г. Теория и практика изготовления элементов трубопроводов летательных аппаратов. – Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2013. – 88 с.
2. Глущенко В. А. Специальные виды штамповки, часть 2, Динамические методы деформирования: учеб. пособие. – Самара: СГАУ, 2012. – 108 с.
3. Белый И. В., Фертик С. М. и Хименко Л. Т. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. – Харьков: Вища школа, 1977. – 168 с.
4. Паламарчук Ю. Е., Кирилин А. Н. и Вершигоров В. М. Влияние индукторных систем на эффективность магнитно-импульсной штамповки // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2008. – №.1(14). с.147-151.
5. Иванов Д. В. и Доль А. В. Введение в ANSYS WORKBENCH: учебно-методическое пособие для студентов естественнонаучных дисциплин. – Саратов, 2016. – 56 с.
6. Huei-Huang Lee Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2019. – Taiwan: NSCU, 2019. – 612 p.
7. Фомин Ф. М., Гулидов А. И., Сапожников Г. А. и др. Высокоскоростное взаимодействие тел. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 1999. – 600 с.

8. Park H. Electromagnetic expansion joining between tubular and flat sheet component / J. Lee, J. H. Kim, D. Kim // Journal of Materials Processing Technology. – 2019. 273. 116246.
9. H. Yu Electromagnetic forming of aluminum circular tubes into square tubes: Experiment and numerical simulation / J. Chen, W. Liu, H. Yin, Ch. Li // Journal of Manufacturing Processes 31. – 2018. – p. 613-623
10. Psyk V. Electromagnetic forming—areview / Risch D., Kinsey B. L., Tekkaya A. E., Kleiner M. // Journal of Materials Processing Technology 211. – 2011. – p. 787–829.

СЕКЦИЯ 3. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

УДК 62

Дыбов Р.С. Технология 5G

5G Technology

Дыбов Ростислав Сергеевич

студент кафедры Электронная техника,
Института радиоэлектроники и информационной безопасности Севастопольского
Государственного Университета
Dybov Rostislav Sergeevich
Student of the Department of Electronic Engineering,
Institute of Radio Electronics and Information Security of Sevastopol State University

***Аннотация.** В данной статье рассказывается о пятом поколении мобильных сетей. Рассматриваются основные отличия и преимущества технологии 5G в сравнении с предыдущими мобильными сетями. Также говорится о перспективах, которые даст развитие 5G. Статья предназначена для студентов и инженеров, специалистов, ведущих свою деятельность в области таких технических наук как электроника, радиотехника и связь.*

***Ключевые слова:** Технология 5G, мобильная сеть, интернет, сенсор, радиочастота, волна, скорость.*

***Abstract.** This article describes the fifth generation of mobile networks. The main differences and advantages of 5G technology in comparison with previous mobile networks are considered. They also talk about the prospects that 5G will give. The article is intended for students and engineers, specialists leading their activities in the field of technical sciences such as electronics, radio engineering and communications.*

***Keywords:** 5G technology, mobile network, Internet, sensor, radio frequency, wave, speed.*

Технология 5G — это пятое поколение технологий мобильной связи. Главным ее отличием от предыдущих поколений является огромная скорость передачи данных.



Рисунок 1. Изменение скорости передачи данных от сети 1G до сети 5G.

Возможности сети 1G: передача речи по аналоговой сети. 2G: передача речи по цифровой сети, низкоскоростная передача данных (GPRS, EDGE). 3G: высокоскоростная передача данных (HSPA) и передача голоса по сети IP, а также мобильный доступ в интернет MBB. 4G: мобильный широкополосный доступ eMBB на базе LTE, LTE-A, передача голоса (VoLTE).

Сеть 5G существенно увеличивает функциональность мобильных сетей предшествующих поколений. Пятое поколение обеспечивает улучшенный мобильный широкополосный доступ eMBB, качественные коммуникации с низкой задержкой ULLRC, массивные межмашинные коммуникации Massive IoT/IIoT, mMTC.

Практические преимущества технологии 5G:

Сеть 5G обеспечивает скорость около 20 Гбит/с, что в 20 раз больше скорости 4G. При этом средняя скорость на одного пользователя достигает 100 Мбит/с. Также повысится и объем информации, которую можно передать на единицу частотного диапазона, в сети 5G он будет в 3 раза выше, чем в 4G. Еще 5G дает возможность пользователю перемещаться по площади покрытия сети между базовыми станциями со скоростью порядка 500 км/час без потери хендовера, что позволяет пользоваться сервисами 5G в скоростных поездах. Задержка в сети 5G составляет 1 миллисекунду, против задержки в 10 миллисекунд у 4G. На порядок увеличивается плотность терминалов в сети: на 1 квадратном метре поверхности могут располагаться десятки и даже сотни мини устройств (сенсоров IoT). На порядок выше энергоэффективность. Также в сети 5G на два порядка выше ёмкость трафика на единицу площади, то есть скорость передачи данных на квадратный метр площади покрытия сети.

Отличительные особенности сети 5G:

5G предполагается использовать в различных спектрах радиочастот. На данный момент были выделены частоты в спектре до 6 ГГц, куда входит и выделенный под Wi-Fi диапазон 5 ГГц. Использование низких частот для 5G позволит добиться оптимального покрытия сети без больших инвестиций в развитие её инфраструктуры. Низкочастотные участки спектра обеспечивают хорошее проникновение радиоволн в помещения, что необходимо для IoT. Особенно важен диапазон 700 МГц, используемый для систем связи M2M, «умных домов» и «умного города». Диапазоны 3,4-3,8 ГГц можно использовать для промышленной автоматизации, роботов, беспилотных автомобилей. Для обеспечения скорости передачи данных до 20 Гбит/с необходим высокочастотный спектр, например диапазоны 24,25-27,5 ГГц и 37-43,5 ГГц. Новые диапазоны 5G лежат в пределах от 2,5 до 40 ГГц, также ведутся обсуждения об использовании спектра до 100 ГГц.

Оптимизированная технология OFDM — мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов. Эта технология применялась в 4G/LTE-A и в последних версиях Wi-Fi.

Формирование лучей — технология, перешедшая от концепции к реализации. Она даёт возможность направлять луч радиоволн от базовой станции на определённые устройства (движущиеся и стационарные), не влияя при этом на другие лучи, направленные на эти же устройства.

MIMO — это метод пространственного кодирования сигнала, который увеличивает полосу пропускания канала. Метод был использован в Wi-Fi и 4G. В 5G MIMO был усовершенствован и позволяет усилить сигнал для определенного пользователя, при этом влияние на других пользователей минимально.

Технологии совместного использования спектра. Данные технологии разработаны для более эффективного использования спектра радиочастот.

Унифицированное межчастотное взаимодействие — обеспечивает интерфейс взаимодействия между базовыми станциями при переходе канала с одной частоты на другую.

Маленькие соты. Волны сверхвысокой частоты плохо преодолевают препятствия в виде стен зданий и быстро затухают. Поэтому необходимо множество мелких «сот» (недорогих, простых в установке и обслуживании базовых станций небольшой мощности).



Рисунок 2. Возможности 5G

Перспективы сети 5G:

Гигабайт в секунду. Благодаря новому спектру радиочастот, сеть 5G может значительно увеличить скорость передачи данных через разные технологии радиодоступа (RAT). При этом пользователь получает неограниченную полосу пропускания, как для различных целей предприятий, так и для домашнего использования.

Умный дом. Для решения систем «Умный дом» и «Умное здание» будет доступен ряд различных сервисов интернета вещей IoT: управление системой безопасности, видеонаблюдение, управление бытовой техникой, хранилище контента и пр.

Умный город – это горизонтальное и вертикальное масштабирование спектра сервисов «Умного дома». К основным сервисам «Умного города» относятся: безопасный город, электронное правительство, электронное здравоохранение, электронное образование, электронный банкинг, электронный сбор показаний ЖКХ. 5G даст возможность в режиме реального времени осуществлять передачу данных с намного большего числа сенсоров на разных объектах. Благодаря этому могут быть реализованы новые сервисы. Например, в медицине: удаленный мониторинг состояния пациента, удаленное проведение операций с использованием робота (особенно актуально для маленьких населенных пунктов). Для обеспечения порядка в городе возможно использование сенсоров «умного освещения» и сенсоров звука. Для сетей электропередач использование датчиков дает возможность быстрого обнаружения повреждений на линии.

Новые видео услуги 4K/8K. Сервис имеет такие опции как: экран сверхвысокой чёткости (UHD), объёмное видео и эффект присутствия.

Работа в облаке. Этот сервис обеспечивает хранение данных в облачном хранилище, извлечение данных из хранилища и использование программ, которые работают напрямую из облака. Использование возможно на любом устройстве и в любом месте. Также, облачные провайдеры имеют возможность предоставлять услуги абонентам оператора сети 5G, используя интерфейсы прикладного программирования API.

Дополненная и виртуальная реальность (AR/VR). Сервис дополненной реальности (AR) комбинирует реальную среду с виртуальными предметами. Сервис виртуальной реальности (VR) погружает человека в другой мир и воздействует на его органы чувств, в частности на зрение (VR-очки). Эти сервисы можно использовать не только для развлечения, они могут улучшить процессы обучения.

Промышленная автоматизация. Сеть 5G может значительно повысить автоматизацию производства с помощью интернета вещей IoT, искусственного интеллекта и промышленных датчиков IIoT.

Критически важные приложения. Это такие приложения как: связь при чрезвычайных ситуациях, электронная медицина, тактильный интернет и др.

Беспилотный транспорт. Такой транспорт может быть частью услуги «Умный город», а может иметь и собственную платформу. К беспилотному транспорту относятся автомобили, тракторы для «умного сельского хозяйства», беспилотные поезда для метро и поезда для пригородных железных дорог, дроны и др. Также возможна реализация системы помощи водителю ADAS.

В сентябре 2019 года в Сколковском институте науки и технологий была запущена первая в России базовая станция 5G. Она работает в диапазоне 4,8–4,99 ГГц. На 5G-смартфонах Huawei Mate 20X была достигнута скорость более 300 Мбит/с.

Развитие технологии 5G даст возможность улучшить качество жизни в городах. Позволит вывести на новый уровень такие сферы человеческой деятельности как медицина, образование, экономика, машиностроение и др.

Библиографический список

1. Как 5G изменит нашу жизнь? // УНИАН URL: <https://www.unian.net/longrids/5G/>
2. 5G (пятое поколение мобильной связи) // TAdviser URL: <http://www.tadviser.ru/a/270048>
3. Сеть пятого поколения: перспективы 5G в России // IPQuorum URL: <https://rg.ru/2019/12/30/set-piatogo-pokoleniia-perspektivy-5g-v-rossii.html>
4. В Сколково запустили первую базовую станцию 5G // Sk URL: <https://sk.ru/news/b/press/archive/2019/09/13/v-skolkovo-zapustili-pervuyu-bazovuyu-stanciyu-5g.aspx>

СЕКЦИЯ 4. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004

Gasymova Z.V., Pronkin N.N. Problems of information security in electronic medical records

Проблемы информационной безопасности в электронных медицинских картах

Gasymova Z.V.,

Baku branch of the I. M. Sechenov First Moscow state medical University of the Ministry of health of the Russian Federation (Sechenov University), Baku, Azerbaijan

Pronkin N.N.

First Moscow State Medical I.M. Sechenov University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russia

Гасымова З.В.,

Бакинский филиал Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовского Университета), Баку, Азербайджан

Пронькин Н.Н.

Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Россия

***Abstract.** the article deals with the development and implementation of electronic medical records and related problems of ensuring the security of patient information.*

***Keywords:** electronic medical records, electronic medical records, the security of information*

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы развития и внедрения электронных медицинских карт и связанные с ними проблемы обеспечения безопасности информации о пациентах.*

***Ключевые слова:** электронные медицинские карты, электронная история болезни, безопасность информации.*

Every person's life path intersects to some extent with the doctors we trust with our health and life. Correct diagnosis is the basis for effective treatment of the patient. For correct diagnosis, information about deviations from the normal functioning of various organs and systems is necessary. This information can be obtained from three sources: conversation with the patient, examination of the patient, data from laboratory and instrumental research methods. It is considered that the entire volume of records about the patient's treatment process takes up 40% of the doctor's time. As a result, the doctor spends less time on the patient.

When collecting anamnesis, the patient may forget some information. Obtaining data on laboratory and instrumental methods of treatment also takes time. The image of the medical worker

and medicine in General has recently undergone major changes, and this is largely due to the development of information technologies.

The use of new information technologies in modern medical centers makes it easy to keep a complete record of all services provided, tests passed, and prescriptions issued. Also, when automating a medical facility, electronic outpatient records and medical histories are filled in, reports are compiled, and medical statistics are maintained. Automation of medical institutions is the creation of a single information space for medical institutions (health centers), which, in turn, allows you to create automated workplaces for doctors, organize the work of the Department of medical statistics, create databases, maintain electronic medical histories and combine all medical, diagnostic, administrative, economic and financial processes into a single whole. The use of information technologies in the work of clinics or hospitals significantly simplifies a number of work processes and increases their effectiveness in providing medical care to the population.

For a long time, medical centers and municipal hospitals have been using simple electronic patient records installed on computers in registries. These maps were created in order to simplify and speed up the diagnosis process, collect patient data, and prescribe treatment. The experience gained as a result of reviewing many similar programs allows us to create the optimal software for the patient's electronic card, which will meet modern requirements and meet the expectations of doctors and patients.

GOST R 52636-2006 introduces the terms "electronic medical history" (EIB) and "personal medical record". These terms are defined as follows:

- Electronic medical history – an information system designed for maintaining, storing on electronic media, searching for and issuing personal medical records based on information requests (including via electronic communication channels);
- Personal electronic medical record – any record made by a specific medical professional in relation to a specific patient, stored on an electronic medium.

Electronic medical history is a computerized application management system that provides access to medical data and their analysis in real time. Together with workstations and medical data storage technologies, eibs allow improving the quality of medical care based on the accumulated information, facilitating and accelerating interaction between medical organizations, and simplifying health management.

An important part of treatment is a single digital space for all medical institutions. All patients should be treated in a single electronic medical record, where all studies and prescribed treatment are collected. And all doctors who treat a particular patient should have access to this information system at all stages.

To date, the single electronic medical record of Muscovite has all patient examinations conducted in clinics, laboratory, instrumental analyses, and epicrisis from all city hospitals for 2019, as well as a single digital register of all vaccinations in the city. From January 2020, this medical card will be open to all patients and medical institutions in Moscow.

However, the preservation of medical secrecy is a priority in the development of electronic medical records. All services associated with the electronic medical card will use secure communication channels, that is, using certified security tools. It is possible that for greater security, electronic medical cards will be transferred to the blockchain.

However, some IT security experts doubt that the state will ever be able to fully ensure the security of medical information. Personal data of patients is one of the priority targets for hackers around the world. Since cybercriminals will constantly try to hack into the government database, it will be difficult to avoid information leaks.

Another important aspect is the correct introduction of information into the patient's electronic card.

Any electronic product is subject to the risks of information loss after hacking, Internet or hardware failures, power outages, and most importantly, the human factor.

For those who fear that important information from a paper medical record may be lost after being entered into an electronic medical record, there is an alternative. You can make medical notes yourself.

Medical mobile apps help you save your medical information. The multi-functional Medical Note mobile app allows you to save all important medical information yourself, and this information is available around the clock directly from your phone. Since the patient can personally enter the information in the app, there is no need to worry that the medical data will be lost. If necessary, this information can be quickly passed to your doctor.

Thus, thanks to the development of information technologies in healthcare, it has become possible:

- improve the quality and effectiveness of medical care;
- to improve the efficiency of health;
- prevent medical errors and improve the accuracy of medical care;
- reduce healthcare costs;
- to ensure reduction of paper documentation;
- expand the exchange of health information among medical staff.

References

1. Ivanov N. V., Pronkin N. N. Computer as chemical reactor. International Journal of Professional Science. 2019. No. 9. Pp. 11-15.
2. Komarova A., Tsvetkova L., Kozlovskaya S., Pronkin N. Organizational educational systems and intelligence business systems in entrepreneurship education. Journal of Entrepreneurship Education. 2019. Vol. 22. No. 5. P. 15.
3. Kurilova, A., Lysenko, E., Pronkin, N., Mukhin, K., & Syromyatnikov, D. The impact of strategic outsourcing on the interaction market in entrepreneurship education. Journal of Entrepreneurship Education. 2019. Vol. 22. No. 4. P. 15.
4. Artamonov Yu. N., Yelizarov V. S., Pronkin N. N., Novikov A. N. Programming technology. Educational and methodical complex for the direction 230200.62 "Information systems" / Moscow, 2009.
5. Glushchenko V. M., Yelizarov V. S., Zhandarov a.m., Alekseev A. K., Artamonov Yu. N., Gaponenko V. F., Kamanin I. O., Kovaleva E. D., Kozlov M. N., Kroshennikov V. M., Kudryavtsev A. S., Malyshev M. N., Novikov A. N., Pronkin N. N., Prudkin V. E., Tarasova E. I., Yushin Yu. S. Information systems and technologies. Textbook for students studying in the field of training 230400.62 "Information systems and technologies" (bachelor's degree) / nauch. ed. V. M. Glushchenko; State educational institution of higher professional education Moscow city University of management Of the government of Moscow. Moscow, 2012.
6. Glushchenko V. M., Yelizarov V. S., Kamanin I. O., Pronkin N. N. Informatics. Educational and methodical complex for the direction 230200.62 "Information systems" / V. M. Glushchenko. Moscow, 2009.
7. Glushchenko V. M., Yelizarov V. S., Novikov A. N., Pronkin N. N. Information and reference systems. Educational and methodological complex for students of the specialty 100103.65 "Social and cultural service and tourism" of full-time and part-time higher professional education / Moscow city University of management Of the government of Moscow. Moscow, 2009.
8. Glushchenko V. M., Yelizarov V. S., Novikov A. N., Pronkin N. N. Modeling of systems. Educational and methodical complex for the direction 230200.62 "Information systems" / V. M. Glushchenko, V. S. Elizarov, A. N. Novikov, N. N. Pronkin. Moscow, 2011.
9. Glushchenko V. M., Yelizarov V. S., Novikov A. N., Pronkin N. N. System theory and system analysis. Educational and methodical complex for the direction 230200.62 "Information systems" / V. M. Glushchenko, V. S. Elizarov, A. N. Novikov, N. N. Pronkin. Moscow, 2011.
10. Glushchenko V. M., Elizarov V. S., Novikov A. N., Pronkin N. N. Theory of information processes and systems. Educational and methodical complex for the direction 230200.62 / Moscow, 2011.

11. Glushchenko V. M., Yelizarov V. S., Pronkin N. N., Novikov A. N. Information technologies in management activity. Training manual for civil servants of Moscow who are trained in education. the professional development programme, Moscow, 2010.
12. Glushchenko V. M., Yelizarov V. S., Pronkin N. N., Traynev V. A. Electronic network models in education (practical application in the educational process). Textbook. - Moscow: Moscow city University of management Of the government of Moscow, 2012.
13. Greibo S. V., Novoselova T. E., Pronkin N. N., Semenycheva I. F. Architecture of computer systems. Nizhny Novgorod, 2019.
14. Greibo S. V., Novoselova T. E., Pronkin N. N., Semenycheva I. F. Informatics. Nizhny Novgorod, 2019.
15. Pronkin N. N. Internet technologies in healthcare management. Textbook. Moscow: Exlibris Press, 2016.
16. Pronkin N. N. Information and communication technologies in the educational process. International Journal of Professional Science. 2019. No. 5. Pp. 11-16.
17. Pronkin N. N. Modeling complex of information and calculation problems "Parity". Certificate of registration of the computer program RUS no. 2019661181. Application no. 2019660121 dated 14.08.2019. Publ. 21.08.2019.
18. Pronkin N. N. Program for processing and displaying the results of the modeling complex. Certificate of registration of the computer program RUS no. 2019663074. Application no. 2019661592 dated 20.09.2019. Publ. 09.10.2019.
19. Pronkin N. N., Gaponenko V. F. Designing information systems in management. Educational and methodical complex / Moscow city University of management Of the government of Moscow. Moscow, 2011.

СЕКЦИЯ 5. БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

УДК 614.87

Мушников В.С., Вьюхин В.В., Лихтенштейн В.И., Копылова Ю.А., Логинов В.С.
Профессиональный риск потери слуха

Professional risk of hearing loss

Мушников Валерий Сергеевич,

Кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасность жизнедеятельности,

Вьюхин Владимир Викторович,

Старший преподаватель кафедры Безопасность жизнедеятельности,

Лихтенштейн Владимир Иосифович,

Кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасность жизнедеятельности,

Копылова Юлия Андреевна,

Студент кафедры Безопасность жизнедеятельности,

Логинов Вадим Сергеевич,

Студент кафедры Безопасность жизнедеятельности,

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург

Mushnikov Valery Sergeevich,

Ph.D., Associate Professor, Department of Live safety

Vyukhin Vladimir Viktorovich,

Senior Lecturer of the Department of Life Safety,

Liechtenstein Vladimir Iosifovich,

Ph.D., Associate Professor, Department of Live safety

Kopylova Julia Andreevna,

Student of the Department of Life Safety,

Loginov Vadim Sergeevich,

Student of the Department of Life Safety,

Ural federal university

name after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg

Аннотация. Приведены сведения о профессиональном риске для здоровья работников, об анализе профессионального риска, этапах его оценки. Представлена апробированная методика расчета производственного риска потери слуха, предложены направления управления профессиональным риском.

Ключевые слова: профессиональный риск, анализ риска, этапы оценки профессионального риска, потеря слуха, управление профессиональным риском.

Abstract. Information is given on occupational health risks for workers, on the analysis of occupational risk, and the stages of its assessment. An approved methodology for calculating the production risk of hearing loss is presented, and directions for managing professional risk are proposed.

Keywords: professional risk, risk analysis, stages of professional risk assessment, hearing loss, professional risk management.

Целью науки безопасности жизнедеятельности является сохранение здоровья и жизни человека в техносфере, защита его от опасностей технического и естественного происхождения и создание комфортных условий жизнедеятельности [1]. Опасности - это явления, процессы, предметы, способные в определенных условиях наносить ущерб здоровью человека непосредственно или косвенно, т.е. вызывать нежелательные последствия. Опасности могут быть реализованы в форме травм или заболеваний только в том случае, если зона формирования опасностей (ноксосфера) пересекается с зоной деятельности человека (гомосфера). В производственных условиях – это рабочая зона и источник опасности как один из элементов производственной среды. По данным Всемирной организации труда свыше 100000 химических веществ, около 50 физических и 200 биологических факторов, около 20 неблагоприятных экономических условий и столько же видов физических нагрузок наряду с бесчисленными психологическими и социальными проблемами могут быть вредными факторами и повышать риск несчастных случаев, болезней или стресс-реакций, вызывать неудовлетворенность трудом и нарушать благополучие. Человеческая практика дает основание утверждать, что ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности и поэтому был сделан вывод, что любая деятельность потенциально опасна. Чтобы опасность реализовалась, нужны соответствующие причины или условия. Количественной оценкой проявления опасности является риск. Риск – это сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба [2].

Профессиональный риск – это вероятность повреждения (утраты) здоровья или смерти, связанная с исполнением обязанностей по трудовому договору (контракту) и (или) в иных установленных законом случаях [3].

Оценка профессионального риска является одним из элементов методологии анализа риска для здоровья, включающим оценку риска, управление риском и информирование о риске.

Для конкретного работника, занятого во вредных или опасных и (или) тяжелых условиях труда, оценка риска – это количественная и/или качественная характеристика вредных эффектов, способных развиваться в результате воздействия производственно-профессиональных факторов на конкретном рабочем месте в определенной профессии при специфических условиях экспозиции с возможными дальнейшими вредными последствиями.

В соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05 [4] к вредным производственным факторам относятся: физические, химические, биологические.

Физические факторы:

температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение;

неионизирующие электромагнитные поля и излучения: электростатические поля, постоянные магнитные поля (в том числе и геомагнитное), электрические и магнитные

поля промышленной частоты (50 Гц), электромагнитные излучения радиочастотного диапазона, электромагнитные излучения оптического диапазона (в том числе лазерное и ультрафиолетовое);

ионизирующие излучения;

производственный шум, ультразвук, инфразвук;

вибрация (локальная, общая);

аэрозоли (пыли) преимущественно фиброгенного действия;

освещение – естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность, прямая и отраженная слепящая блескость, пульсация светового потока);

электрические заряженные частицы воздуха – аэроионы.

Химические факторы:

- вредные вещества, в том числе биологической природы (антибиотики, витамины, гормоны, ферменты, белковые препараты), получаемые химическим синтезом.

Биологические факторы:

- патогенные микроорганизмы,
- микроорганизмы-продуценты,
- препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов, белковые препараты.

По факторам производственной среды условия труда подразделяются на 4 класса [4]:

1. оптимальные 1^й класс,
2. допустимые 2^й класс,
3. вредные 3^й класс,
4. опасные (экстремальные) 4^й класс.

При воздействии вредных и опасных условий труда (3-й и 4-й класс), характеризующихся наличием вредных производственных факторов с превышением показателей гигиенических нормативов, возможно неблагоприятное действие на организм работника уже в начале контакта, даже при незначительном стаже работы. Однако эти эффекты,

в том числе физический и моральный вред, не всегда определяются современными методами диагностики. В дальнейшем при нарастании экспозиции неблагоприятные эффекты накапливаются и у работника проявляются сначала функциональные изменения, затем начальные признаки легких форм общих и профессиональных заболеваний. При дальнейшем контакте формируется профессиональное заболевание средней тяжести с потерей профессиональной трудоспособности (страховой случай), а затем могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности).

Профессиональное заболевание – заболевание, развившееся в результате воздействия факторов риска, обусловленных трудовой деятельностью [5]; профессиональное заболевание – хроническое или острое заболевание, являющееся результатом воздействия вредного производственного фактора и повлекшее временную или стойкую утрату профессиональной трудоспособности [3].

По каждому из перечисленных факторов или, при необходимости, по нескольким факторам одновременно, проводится анализ риска, который состоит из оценки риска, управления риском и информации о риске (Руководство Р 2.2.1766-03) [6].

Оценка риска включает: выявление опасности, оценку экспозиции, оценку зависимости «доза-ответ» и характеристику риска.

Управление риском – это принятие решений и действий, направленных на обеспечение безопасности и здоровья работников.

Информация о риске доводится до работодателей, работников и других заинтересованных сторон с соблюдением установленных законодательством Российской Федерации условий и этических норм.

По критериям Руководства [6] результаты оценки профессионального риска (ПР) подразделяют на следующие категории доказанности риска:

- категория 1А (доказанный ПР) – на основе результатов гигиенической оценки условий труда по критериям Руководства, материалов периодических медицинских осмотров, физиологических, лабораторных и экспериментальных исследований, а также эпидемиологических данных;
- категория 1Б (предполагаемый ПР) – на основе результатов гигиенической оценки условий труда по критериям Руководства, дополненных отдельными клинико-физиологическими, лабораторными, экспериментальными данными (в том числе данными литературы);
- категория 2 (подозреваемый ПР) – на основе результатов гигиенической оценки условий труда по критериям Руководства.

Оценка риска, как правило, осуществляется в соответствии со следующими этапами: идентификация опасности, оценка экспозиции, оценка зависимости «доза-ответ», характеристика риска.

Исходными данными для проведения расчетов по оценке ПР являются результаты:

1. производственного контроля, проводимого согласно СП 1.1.1058-01[7];
2. государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
3. санитарно-эпидемиологической оценки производственного оборудования и продукции производственного назначения;
4. аттестации рабочих мест, проводимой в соответствии с Порядком [8].
5. периодических медицинских осмотров работников в соответствии со ст. 213 Трудового Кодекса РФ [9].

Идентификация опасности – это процесс выявления всех потенциально опасных и вредных производственных факторов на данном рабочем месте, определения вредных эффектов воздействия, отбора приоритетных факторов для дальнейших углубленных исследований. Для этого необходимо на месте провести оценку фактического состояния условий труда, изучить данные аттестации рабочих мест, составить список вредных воздействий и др.

Оценка проводится на всех этапах производственного цикла, т.е. при осуществлении основного технологического процесса, обслуживании и ремонте оборудования, непредвиденных аварийных ситуациях и др.

На основании полученных данных формулируются ожидаемые сценарии производственного воздействия на работников и устанавливаются:

- перечень приоритетных потенциально опасных факторов;
- расположение источников загрязнения производственной среды, их зоны воздействия;
- численность работников, подвергшихся воздействию;
- численность уязвимых групп работников (несовершеннолетние, инвалиды, беременные женщины, кормящие матери).

Оценка экспозиции – это установление количественного действия вредного фактора в результате производственного процесса. Этап является интегральным процессом как для оценки, так и для управления профессиональным риском.

На основании уровня воздействия рассчитываются величины экспозиции. Эти расчеты должны обязательно учитывать продолжительность воздействия (стаж работы в этих условиях, продолжительность рабочей смены и др.).

Оценка зависимости «доза-ответ» - это установление причинной обусловленности развития вредного фактора при действии данного вредного фактора, выявление наименьшей дозы, вызывающей развитие наблюдаемого эффекта и определение интенсивности возрастания эффекта при увеличении дозы. Для получения функции «доза-ответ», которая является основой для количественной оценки риска, пользуются данными эпидемиологических исследований или результатами исследований на животных.

В идеальном варианте оценка экспозиции должна опираться на фактические данные мониторинга. Однако нередко этот подход неосуществим в связи с возможными большими экономическими затратами.

Характеристика риска – это интеграция данных, полученных на предшествующих этапах исследований. Этап является связующим мостом между оценкой профессионального риска и управлением риском.

Следующим важным компонентом методологии оценки профессионального риска является определение границы допустимого (приемлемого) риска, не требующего применения дополнительных мер по его снижению. Рекомендованная в публикациях ВОЗ, а также в методических документах РФ и ряда зарубежных стран система критериев допустимого риска приведена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация уровней риска

Уровень риска	Индивидуальный пожизненный риск
Высокий – не приемлем для производственных условий и населения. Необходимо осуществление мероприятий по устранению или снижению риска	$> 10^{-3}$
Средний – допустим для производственных условий; при воздействии на все население необходимы динамический контроль и углубленное изучение источников и возможных последствий неблагоприятных воздействий для решения вопросов о мерах по управлению риском	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низкий – допустимый риск (уровень, на котором, как правило, устанавливаются гигиенические нормативы для населения)	$10^{-4} - 10^{-6}$

По данным Всемирной организации здравоохранения 4–7% населения планеты страдает теми или иными расстройствами слуха; затруднено общение с окружающими у 1,5–2,0%. Потеря слуха является, как правило, следствием воздействия шума на организм человека. В документе МОТ под шумом понимают любой звук, который может вызвать потерю слуха или быть вредным для здоровья или опасным в другом отношении [10]. Определенное таким

способом понятие «шум» включает в себя звуковые колебания (от 20 до 20 000 Гц) и колебания на инфразвуковых (ниже 20 Гц) и ультразвуковых (выше 20 000 Гц) частотах.

Под звуком понимают периодические и непериодические колебания давления воздуха. Однако не только в воздухе, но и во всех газах и жидкостях и твердых телах могут возникать подобные колебания, которые воспринимаются как звук. В настоящее время звуком называют любые механические колебания твердой, жидкой или газовой среды, в которой звуковые волны передают энергию возмущения от источника в диапазоне частот, воспринимаемым человеческим ухом, от 16 Гц до 20 кГц. Колебания ниже 16 Гц называют инфразвуком, выше 20 кГц – ультразвуком.

Человек воспринимает шум слуховым анализатором – органом слуха, в котором происходит преобразование механической энергии рецептора в ощущение, наибольшая чувствительность наблюдается в области частот от 800 до 4000 Гц. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию слухового органа, к его утомлению. Установлено, что степень снижения слуховой чувствительности прямо пропорциональна продолжительности работы в условиях шумного производства.

Чрезмерные уровни шума приводят к нарушениям вегетативной, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем, к потере слуховой чувствительности (потере слуха). Представление о шумовой болезни сложилось в литературе 1960-1970-х годах [11]. Различают три формы воздействия шума на организм человека: утомление слуха, шумовая травма и профессиональные заболевания (гипертония и тугоухость). Последняя ведет к снижению слуха вплоть до его полной потери.

Тугоухость имеет четыре степени проявления: легкая с порогом слышимости >20 дБА (больные не слышат шепот); умеренная с порогом слышимости >40 дБА (больные не слышат разговорную речь); тяжелая с порогом слышимости >60 дБА (больные не слышат громкую речь); глухота (больные не слышат крик).

Проблема профессиональной тугоухости является старейшей в медицине труда: еще Плиний Старший (23-79 гг.) в своей «Натуральной истории» описал глухоту от шума воды у рыбаков, живших и ловивших рыбу около порогов и водопадов Верхнего Нила. В США свыше 8% рабочих подвергается шуму: около 15 млн человек – выше 80 дБА и по крайней мере 5,1 млн человек – выше 90 дБА; тугоухостью страдает 8 млн человек. В России по данным Госкомсанэпиднадзора кохлеарные невриты (тугоухость) в структуре профзаболеваний составляет более 20% с тенденцией к росту 0,5% в год [12].

При прогнозировании потери слуха базовой является гипотеза Комитета по слуху, биомеханике и биоакустике Национальной академии наук США о том, что временное смещение порога слуха (ВСП) спустя 2 мин после окончания смены в шуме (ВСП₂) равно постоянному смещению порога слуха через 10 лет (ПСП₁₀) работы в этом шуме. Начиная с 1973

г. все модели прогнозирования ПСП слуха мало отличаются друг от друга. Наиболее известные модели Робинсона, Пашиер-Вермеера, Бофна, Крайтера, NIOSH. Посередине среди других располагаются результаты, полученные по потере слуха на частоте 4 кГц при стаже 40 лет с использованием модели стандарта ИСО 1999.2 (1990) «Акустика. Определение профессиональной шумовой экспозиции и оценка нарушения слуха, вызванного шумом». Эта методика, учитывающая пол, возраст, уровень шума и стаж работы, использована ниже для оценки потери слуха.

Основным вредным эффектом при воздействии шума на организм человека является риск потери слуха (ПС). В группы риска входят работники многих профессий, в т.ч.: кузнецы, ткачи, горнорабочие и др.

Основными факторами риска в формировании ПС являются: экспозиция шума, возраст, наличие симптома «белых пальцев», потребление лекарств и уровень холестерина. Из средней величины ПС на частоте 4000 Гц, равной 27,3 дБ (средний стаж 16 лет), шум дал 17,8 дБ, возраст 7,6 дБ, симптом «белых пальцев» 1,5 дБ, потребление лекарств 1 дБ, уровень холестерина 0,5 дБ [12].

Методика расчета риска ПС от шума соответствует положениям стандарта ИСО 1999.2 (1990) [13], которая учитывает пол, возраст, уровень шума и стаж работы в нем.

Уровень ПС, связанный с возрастом и шумом Р работников, подверженных шуму, рассчитывают по формуле:

$$P = H + N - HN/120, \quad (1)$$

где: Н – уровень ПС, связанный с возрастом, дБА;

Н – ПС, связанная с шумом, дБА.

Последний член формулы начинает влиять при значениях $H + N > 40$ дБА.

Формула (1) применима только к соответствующим квантильным величинам Р, Н и N: от 0,05 до 0,95 с шагом 0,05, опорные значения квантилей 0,1, 0,5 и 0,9. В математической статистике квантиль – значение, которое заданная случайная величина не превышает с фиксированной вероятностью. Оценка ПС для квантиля 0,9 означает, что 90% лиц могут иметь данные ПС и выше (минимальные ПС); аналогично для квантиля 0,1 (максимальные ПС). Квантиль 0,5 отражает средние значения ПС.

Таким образом, вначале для каждого конкретного случая (для мужчины и для женщины) с использованием метода экстраполяции по таблице 2 определяются уровни ПС, связанные с возрастом, для каждого квантиля: $H_{0,1}$, $H_{0,5}$, $H_{0,9}$.

Таблица 2

Величина ПС в зависимости от возраста на речевых частотах

Пол	Квантили	Возраст, лет			
		30	40	50	60
		N _{возр, ср. реч., дБА}			
м	0,9	- 6	-5	-4	-2
	0,5	1	2	5	8
	0,1	10	12	16	22
ж	0,9	-6	-5	-4	-2
	0,5	1	2	5	8
	0,1	9	12	15	21

Величина ПС, обусловленная шумом, на речевых частотах (среднее арифметическое для частот 0,5, 1 и 2 кГц), в дальнейшем – на речевых частотах, для квантилей равна:

$$N=(u+v \lg S) \times (L_{\text{АЭКВ}} - L_0)^2, \quad (2)$$

где: S – стаж работы, лет;

L_0 – фактический уровень шума при работе;

$L_{\text{АЭКВ}}$ – эквивалентный уровень шума, равный ПДУ, который согласно СН 2.2.4/2.1.8-562-96 [14] составляет 80 дБ(А) и совпадает с нижней величиной экспозиции, требующей принятия мер по директиве Евросоюза 2003/10/ЕС.

Значения статистических коэффициентов u и v приведены в таблице 3.

Таблица 3

Значения статистических коэффициентов u и v

пол	квантиль	u	v
м	0,1	- 0,030	0,096
	0,5	- 0,032	0,082
	0,9	- 0,020	0,022
ж	0,1	- 0,024	0,090
	0,5	- 0,028	0,078
	0,9	- 0,016	0,018

Далее, с использованием формулы (2) и данных табл. 3 определяются уровни ПС, обусловленные шумом на речевых частотах, для каждого квантиля: $N_{0,1}$, $N_{0,5}$, $N_{0,9}$.

Затем по формуле (1) рассчитываются уровни ПС, связанные с возрастом и шумом для каждого квантиля: $P_{0,1}$, $P_{0,5}$, $P_{0,9}$.

С учетом суммарных значений $P_{0,1}$, $P_{0,5}$, $P_{0,9}$ по табл. 4 определяются степени ПС для каждого квантиля: I, II, III степеней.

Таблица 4

Степени потери слуха

Степени ПС	Величина ПС на речевых частотах, дБА
Признаки воздействия шума на орган слуха	Менее 10
I степень (легкое снижение слуха)	10–20
II степень (умеренное снижение слуха)	21–30
III степень (значительное снижение слуха)	31 и более

С учетом условий варианта и определенных степеней ПС, с использованием метода экстраполяции по табл. 5 определяется вероятность развития профессионального риска ПС у каждого работника: I, II, III степеней.

Таблица 5

Вероятность развития профессиональной ПС, (%)

Возраст, лет	Стаж работы, лет											
	10			20			30			40		
	Степени снижения слуха *											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
L _{экв} = 90 дБА												
30	12	0	0									
40	22	0	0	25	0	0						
50	33	0	0	35	3	0	37	3	0			
60	44	6	0	46	9	0	48	10	0			
L _{экв} = 100 дБА												
30	39	17	0									
40	47	25	5	62	32	6						
50	50	28	7	62	36	15	68	41	20			
60	60	37	19	71	44	25	76	48	30	82	53	33

Данная методика внедрена в учебный процесс в нашем университете как практическое занятие для студентов всех форм обучения всех специальностей по курсу «Безопасность жизнедеятельности».

Библиографический список

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / Графкина М.В., Михайлов В.А., Нюнин Б.Н. под общей редакцией Б.Н. Нюнина. – ТК Велби, Изд-во Проспект, 2007. – С. 608.
2. ГОСТ Р ИСО 73-2001 «Менеджмент рисков. Термины и определения».
3. Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» № 125-ФЗ 24.07.1998 г.
4. Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: утв. Постановлением Государственного санитарного врача Российской Федерации от 29 июля 2005 г.// Бюллетень нормативных и методических документов Санэпиднадзора. 2005. Вып. 3 (21), сентябрь.
5. Руководство МОТ. Регистрация и извещение о профессиональных несчастных случаях и заболеваниях. ISBN 92-2-109451-0.
6. Р 2.2.1766-03 Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки: Руководство.- М.: Федеральный Центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004 г.- 24 с.
7. СП 1.1.1058-01 Санитарные правила «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно – эпидемических (профилактических) мероприятий».
8. Приказ Минздравсоцразвития России от 26 апреля 2011 г. № 342н «Об утверждении Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда». – Екатеринбург: УрМФ ФГУ ВНИИ охраны и экономики труда, 2011. - 44с.
9. Трудовой Кодекс Российской Федерации от 2001г. с изменениями от 30.06.2006 г. М.: Изд-во АМБ, 2006.234 с.
10. Конвенция МОТ № 148 О защите работников от профессионального риска, вызываемого загрязнением воздуха, шумом и вибрацией на рабочих местах, ратифицированная Указом Президиума Верховного Совета СССР от 29 марта 1988г. № 8694-XI.
11. Андреева-Галанина Е.Ц., Алексеев С.В., Кадыскин А.В., Суворов Г.А. Шум и шумовая болезнь -Л.: Медицина, 1972. - 303 с.
12. Профессиональный риск для здоровья работников. (Руководство) / Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. – М.; Троянт, 2003. – 448 с.
13. ИСО 1999.2 (1990) «Акустика. Определение профессиональной звуковой экспозиции и оценка нарушения слуха, вызываемого шумом»
14. СН 2.2.4/ 2.1-562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Электронное научное издание

Научно-исследовательские парадигмы в области машиностроения, информационных технологий и энергетики

сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции

25 февраля 2020 г.

По вопросам и замечаниям к изданию, а также предложениям к сотрудничеству
обращаться по электронной почте mail@scipro.ru



ISBN 978-1-67818-532-9

90000



9 781678 185329

Формат 60x84/16. Усл. печ. Л 6.5. Тираж 100 экз.

Lulu Press, Inc. 627 Davis Drive Suite 300

Morrisville, NC 27560

Издательство НОО Профессиональная наука

Нижний Новгород, ул. М. Горького, 4/2, 4 этаж, офис №1