

КОМПЛЕКСНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЯЮЩИХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ УСЛОВИЙ НАГРЕВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА

© 2009 Н.В. Савченко

Самарский государственный аэрокосмический университет,

Статья получена 06.10.2009 г.

Рассмотрены объем и последовательность экспериментальных исследований, проводимых в процессе создания энергопотребляющих средств индивидуальной защиты (ЭСИЗ), предназначенных для работ в условиях нагревающего производственного микроклимата. Обоснованы возможность и целесообразность сокращения инструментальных исследований, проводимых на последних этапах эксперимента, и проведения их на начальных этапах, что приводит к снижению суммарной трудоемкости и сокращению времени разработки изделия.

Ключевые слова: *средства индивидуальной защиты, кондиционируемая одежда, нагревающий производственный микроклимат, вихревой эффект*

В процессе создания новых средств индивидуальной защиты значительную часть трудоемкости работ составляют экспериментальные исследования. И чем неблагоприятнее условия труда и сложнее физические явления, используемые средствами индивидуальной защиты (СИЗ), тем объемнее оказывается эта часть. Разработка СИЗ, применяемых для работ в условиях нагревающего производственного микроклимата, является одной из самых трудоемких и во многом основывается на экспериментальных исследованиях. Эти исследования необходимы, прежде всего, для проверки теоретических предпосылок, закладываемых в основу функционирования кондиционируемой одежды, отработки отдельных ее элементов на соответствие расчетным характеристикам, получения отдельных количественных соотношений и характеристик элементов, расчеты которых затруднены вследствие недостаточности теоретических основ и отсутствия справочных данных.

Нами получен определенный опыт создания кондиционируемой одежды для сварщиков-судосборщиков и для ремонтных рабочих металлургических плавильных печей, позволяющий в последующих разработках аналогичных СИЗ оптимизировать последовательность и объем экспериментальных исследований. На наш взгляд исследования целесообразно проводить в следующей последовательности:

1. *Экспериментальная оценка условий проведения технологических процессов, для которых создается кондиционируемая одежда.*

В результате данных исследований создается объективная качественная и количественная

картина состояния окружающее производственной среды и действий работающих. Так, например, при обследовании рабочих мест сварщиков-судосборщиков инструментально определено температурное поле в отсеке корпуса строящегося судна и оценка его постоянства по времени, а также характерность для других отсеков. Определены законы перемещения (изменение положения по времени) рабочих в процессе выполнения технологических операций. Так скорость перемещения составила не более 4 м/час. Отношение объема типового отсека к объему, занимаемому человеком, составило не менее 30. Расстояние от открытого пространства до рабочего места 5-25 м.

Одновременно на строящемся судне в неблагоприятных условиях могли находиться до 30 работающих. Для преодоления неблагоприятных температурных условий рабочий график был сдвинут на конец ночи и утро. В летнее время работа проводилась в одну смену.

В результате анализа параметров нагревающего микроклимата и характера выполняемых работ, мы пришли к выводу, что в данной ситуации наиболее приемлемым будет индивидуальное кондиционирование работающих. Исходя из значительной длительности нахождения в условиях нагревающего микроклимата (в течение всей рабочей смены) и малоподвижным характером работ, кондиционирование целесообразно проводить с подводом энергии к необходимым расходным материалам извне по гибким коммуникациям. К аналогичным выводам мы пришли в результате обследования и анализа условий работы ремонтных рабочих металлургических плавильных печей, когда необходимые ремонтные невозможно начать до полного расхолаживания. На рис. 1 приведена организация кондиционирования сварщика-судосборщика в корпусе строящегося судна.

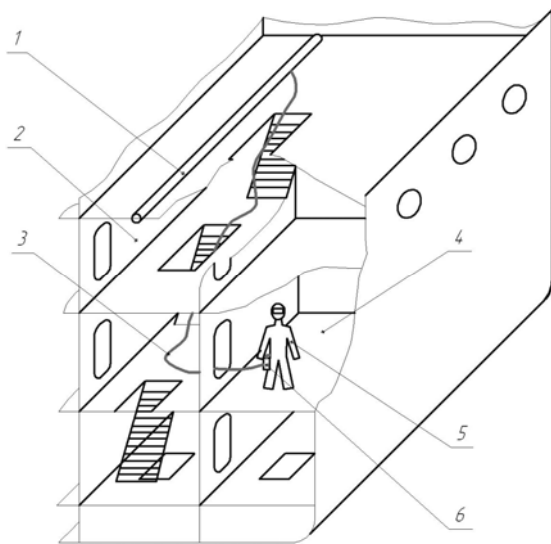


Рис. 1. Схема организации индивидуального кондиционирования в отсеках строящегося судна

Сжатый воздух по общей магистрали 1 подается во внутреннее пространство корпуса судна 2 и по раздаточным шлангам 3 поступает к месту проведения работ в отсеки 4. Рабочий одет в комплект кондиционируемой одежды, состоящий из комбинезона 5 и кондиционера 6. Сжатый воздух в качестве рабочего тела выбран исходя из возможности его комплексного использования. Во-первых, он обладает значительной потенциальной энергией, которую возможно использовать в кондиционере для его же охлаждения, во-вторых, создает внутри защитного комбинезона воздушную прослойку – естественную среду обитания с комфортной температурой, препятствует контакту с загрязненной окружающей средой. Кроме того, воздух используется для дыхания и в него испаряются продукты жизнедеятельности организма в виде пота. В климатических условиях южных регионов в отсеках строящегося на открытом построечном месте судна летом в дневное время температура достигает $+70^{\circ}\text{C}$. С учетом большой протяженности коммуникаций подводящих сжатый воздух, его температура может достигать той же величины. Теплоизоляция трубопроводов результата не дает, т.к. их диаметр на конечных участках меньше диаметра критической теплоизоляции.

Для снижения температуры кондиционирующего воздуха до $+25^{\circ}\text{C}$ предназначается индивидуальный кондиционер. Он снижает температуру подводимого воздуха на $50-40^{\circ}\text{C}$. Это возможно осуществить при использовании эффекта энергетического разделения газа, реализуемого в вихревой трубе [1].

2. Экспериментальные исследования кондиционера, его элементов и систем кондиционирования на его основе.

Несмотря на то, что предполагаемые к использованию в кондиционере физические явления хорошо изучены, в нашем случае вихревой эффект, специфика их применения требует

дополнительных исследований. Для работы при температуре окружающей среды не выше $+70-80^{\circ}\text{C}$ целесообразно использование кондиционера, построенного на классической делящей вихревой трубе. При более высокой температуре необходимо использование комбинированных схем, в частности одно и двух каскадной гибридной схемы [2]. Исследование кондиционера по элементам и в целом проводилось на специализированных испытательных стендах, обеспечивающих испытуемый объект: расходными компонентами (воздух, вода) с заданными параметрами и необходимыми измерениями параметров.

3. Экспериментальные исследования элементов защитной одежды и способов теплоизоляции.

Использование в качестве основного расходного компонента сжатого воздуха, предопределило и способ теплоизоляции от внешнего теплопритока и метаболического тепла. Тепло забирается кондиционирующим воздухом, проходящим с необходимым расходом через пододежное пространство. При температуре окружающей среды до $+70-80^{\circ}\text{C}$ целесообразно применять защитную одежду, выполняющую функцию газонепроницаемой оболочки, располагаемой между одеждой на теле человека (белье, тонкая спецодежда) и штатной защитной спецодеждой. В этом случае экспериментально отрабатывается равномерность распределения кондиционирующего воздуха и организация потоков его выведения. Начиная с температуры окружающей среды $+80^{\circ}\text{C}$, а выше потребное количество кондиционирующего воздуха становится значительным, в связи с чем будет целесообразным использование динамической теплоизоляции. Сутью такого вида теплоизоляции является движение охлаждающего воздуха перпендикулярно поверхности защищаемого объекта и навстречу тепловому потоку, поступающему извне. Этот процесс идет по всей поверхности теплозащитной оболочки.

Экспериментальные исследования проводились в два этапа. На первом этапе стендовых испытаний были определены теплотехнические характеристики процесса. Исследовались образцы волокнистых материалов различного химического состава, плотности, толщины, построение структуры. Исследовались так же способы организации движения воздуха в толще материала. На втором этапе исследовался и отрабатывался процесс организации движения охлаждающего воздуха в оболочке кондиционируемой одежды.

4. Экспериментальные исследования подводящих коммуникаций.

Вихревой кондиционер обеспечивает работоспособность всей системы до температуры сжатого воздуха, поступающего из подводящего шланга, $+130^{\circ}\text{C}$. Сама же кондиционируемая одежда обеспечивает нахождение в окружающей среде до $+250^{\circ}\text{C}$, а при внешнем слое из негоряемого волокна или металлорезины, в принципе, до температуры их плавления. Использование в качестве подводящей магистрали сжатого воздуха «потеющих» шлангов

позволяет обеспечить на выходе из него воздуха с температурой не выше $+100^{\circ}\text{C}$. Исследование процесса теплоизоляции шлангов испарением (кипением) воды на их поверхности проводилось на установке, моделирующей необходимые внешние условия.

5. Экспериментальные исследования комплектов кондиционируемой одежды в тепловой камере.

Данные исследования проводятся по завершению всех испытаний элементов кондиционируемой одежды. В тепловой камере моделируются условия, существующие в реальности на рабочих местах. На рис. 2 приведена схема конструкции тепловой камеры, состоящей из двух стальных оболочек 1, пространство между ними заполнено волокнистой изоляцией. Внутренние размеры камеры $1400 \times 1200 \times 2200$ мм. Камера снабжена входным люком 2 большого сечения, открывающимся наружу и смотровым окном 3 с двойным остеклением. В нижней части камеры по периметру располагается коллектор 4, подводящий подогретый воздух из нагревающего устройства 5 равномерно по объекту. В процессе нагрева и поддержания температурного режима воздух забирается и вновь поступает в нагревающее устройство из нижней части камеры и частично из верхней части. В тепловой камере необходимо моделировать объемное температурное поле, аналогичное существующему в реальности на рабочем месте.

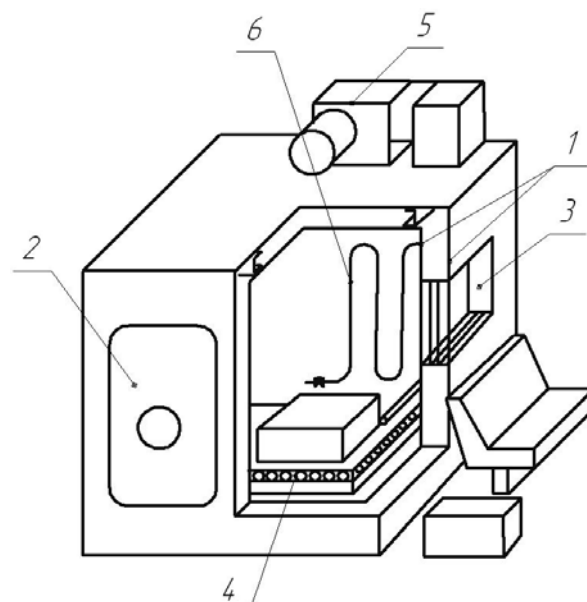


Рис. 2. Тепловая камера

На рис. 3а приведены характеристики температурного поля, измеренного в вертикальной плоскости отсека корпуса строящегося судна и являющиеся типичными. На рис. 3б приведены в виде изотерм характеристики температурного поля смоделированного в тепловой камере.

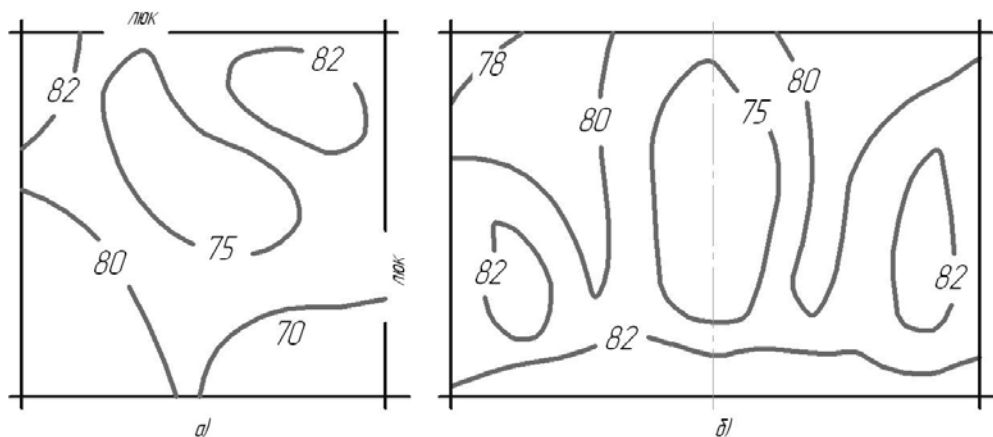


Рис. 3. Тепловые поля на строящемся судне и в тепловой камере

На полу камеры расположен постамент высотой 0,2 м. При подъеме на него в заданном режиме испытатель выполняет физическую нагрузку (стоп-тест). На стенке камеры размещены подводящий шланг 6, необходимой длины, имитирующий глубину проникновения работающего в зону с нагревающим микроклиматом. В камере установлены кварцевые нагреватели для имитации локальных тепловыделений (например сварки). Задымление при необходимости создается сжиганием капели масла на нагретой поверхности. В процессе эксперимента измеряется температура в нескольких точках по объему камеры и температура подводимого к кондиционеру сжатого

воздуха. Вся информация выводится на пульт управления, расположенный за пределами тепловой камеры. В процессе эксперимента получение информации о параметрах работы кондиционера и о кондиционируемой одежде сведены к минимуму, т.к. характеристики всех элементов выявлены в процессе предшествующих исследований на стендах. Критерием оценки эффективности применения индивидуального кондиционирования может служить, прежде всего, тепловое состояние других функциональных систем при выполнении физической работы в условиях нагревающего микроклимата. Само по себе тепловое состояние характеризуется удельным теплосодержа-

нием и является расчетной величиной, основанной на большом количестве температурных параметров, измерение которых представляет определенные трудности. Вместе с тем, важно знание не самой количественной величины, а отсутствие отклонения от нормального теплосодержания. На основании анализа большого количества сведений об информативности различных физиологических показаний, отражающих тепловое состояние организма [С.М. Городинский, Н.К. Витте и др.] мы считаем возможным ограничиться следующими из них:

- температура тела и кожного покрова;
- артериальное давление;
- частота сердечных сокращений.

При наличии технических возможностей этот перечень может быть расширен статической и динамической нагрузками. Наряду с показаниями, объективно отражающими состояние человека, большое значение имеют субъективные данные испытуемого: самочувствие, оценка тепловых ощущений и удобства пользования кондиционируемой одеждой.

Испытания в тепловой камере завершают

инструментальные исследования. В качестве интегральной характеристики, свидетельствующей о соответствии исследуемого комплекта кондиционируемой одежды концепции энергопотребляющих средств индивидуальной защиты (ЭСИЗ) и о возможности его использования для работы в условиях нагревающего микроклимата, на наш взгляд, может служить независимость удельного теплосодержания тела человека от времени пребывания в неблагоприятных температурных условиях. Зависимость удельного теплосодержания от времени пребывания при различной температуре окружающей среды приведена на рис. 4.

Зависимость теплосодержания при температуре $+40^{\circ}\text{C}$ окружающей среды получено при нахождении испытуемого без кондиционируемой одежды и приведена для сравнения. Отсутствие роста удельного теплосодержания после быстрой стабилизации на уровне в пределах нормы свидетельствует о полной тепловой независимости от состояния окружающей среды.

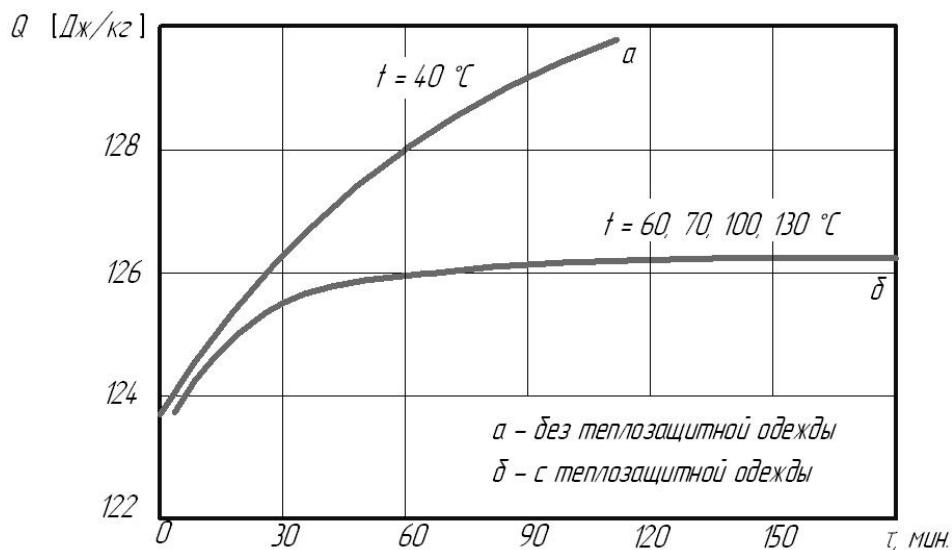


Рис. 4. Зависимость удельного теплосодержания от времени пребывания в условиях окружающей среды с различной температурой

6. Экспериментальные исследования комплектов кондиционируемой одежды.

Целью проведения исследований в условиях производства является проверка на пригодность к использованию в условиях штатных технологических процессов. В настоящих исследованиях применительно к следующим видам работ:

- проведению сварочных работ в отсеке корпуса строящегося судна при температуре окружающей среды $+60-70^{\circ}\text{C}$ (вентилируемая кондиционируемая одежда.)
- проведению ремонтных работ в металлургической плавильной печи, находящейся в ре-

жиме расхолаживания и начатые при температуре $+130^{\circ}\text{C}$.

В процессе испытаний не потребовались дополнительные инструментальные измерения параметров. В условиях действующего производства такие измерения практически не реальны. Испытуемыми были штатные рабочие, прошедшие перед и после работы медосмотр с измерением температуры, частоты пульса и артериального давления. Отклонений измеряемых параметров за пределы нормальных отмечено не было.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Меркулов, А.П. Вихревой эффект и его применение. – Самара: Оптима, 1997. – 346 с.
2. Савченко, Н.В. Проектирование гибридной схемы кондиционирования // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Архитектура: сб. науч. тр. – Самара, 2002.
3. Савченко, Н.В. Исследование регенеративной схемы индивидуально кондиционирования. // Безопасность жизнедеятельности предприятий топливно-энергетического комплекса России: Материалы X Междун. Науч.-практ. конф. «Белые ночи». Кемерово-СПб, 2002. - С. 117-120.
4. Савченко, Н.В. Локальное обеспечение оптимальных температурных условий. // Экология и здоровье человека: Материалы VI Междун. Конгр. - Самара, 1999.

**COMPLEX EXPERIMENTAL RESEARCHES OF POWER CONSUMOTION
MEANS OF INDIVIDUAL PROTECTION FOR CONDITIONS HEATING UP
INDUSTRIAL MICROCLIMATE**

© 2009 N.V. Savchenko
Samara State Space University
Article is received 2009/10/06

The volume and sequence of experimental researches spent during creation of power consumption means of individual protection, intended for works in conditions of heating up industrial microclimate are considered. The opportunity and expediency of reduction the tool researches spent at last stages of experiment, and their carrying out at initial stages that leads to decrease in total labour input and reduction of development time of a product are proved.

Key words: *individual protection means, conditioned clothes, heating up industrial microclimate, vortical effect*