



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

1(109)
2010

Редакционный совет:

АКИМОВ В. А.
БАЛЫХИН Г. А.
БЕЛОВ С. В.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.
(председатель)
МАХУТОВ Н. А.
ПАВЛИХИН Г. П.
СИДОРОВ В. И.
СОКОЛОВ Э. М.
СОРОКИН Ю. Г.
ТЕТЕРИН И. М.
ТИШКОВ К. Н.
УШАКОВ И. Б.
ФЕДОРОВ М. П.
ЧЕРЕШНЕВ В. А.
АНТОНОВ Б. И.
(директор издательства)

Главный редактор

РУСАК О. Н.

Зам. главного редактора

ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь

ПРОНИН И. С.

Редакционная коллегия:

ГЕНДЕЛЬ Г. Л.
ГРУНИЧЕВ Н. С.
ИВАНОВ Н. И.
КАЛЕДИНА Н. О.
КАРНАУХ Н. Н.
КАРТАШОВ С. В.
КАЧАНОВ С. А.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.
КСЕНОФОНТОВ Б. С.
КУКУШКИН Ю. А.
МАСТРЮКОВ Б. С.
МЕДВЕДЕВ В. Т.
ПАНАРИН В. М.
ПОЛАНДОВ Ю. Х.
ПОПОВ В. М.
СИДОРОВ А. И.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.
ФРИДЛАНД С. В.
ХАБАРОВА Е. И.
ЦХАДАЯ Н. Д.
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

СОДЕРЖАНИЕ

Родин В. Е. Оберегая жизнь и здоровье трудящихся —
о Научно-исследовательском институте охраны труда в г. Екатеринбурге 2

ОХРАНА ТРУДА

Родин В. Е. О путях снижения профессиональных заболеваний и производственного
травматизма. 10
Родин В. Е., Исаков В. А., Суворов С. Б. Математическая модель формирования
и реализации опасности травмирования на рабочих местах. 12
Родин В. Е. Совершенствование нормативной базы на средства индивидуальной защиты
головы и средства защиты от падений с высоты 17
Родин В. Е., Казаков А. Ю. Разработка защитных касок с применением инновационных
методов проектирования 21
Родин В. Е., Замигулов Е. А. Сертификация организации работ по охране труда 26

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бондарев И. П., Тиньков А. Н., Перепелкин С. В., Подлужный С. М., Зубова Л. В.
Возрастно-стажевая динамика психофизиологических профессионально значимых качеств
у операторов технологических процессов 29
Бондарев И. П., Вылегжанин О. И., Зубова Л. В. Многофункциональная компьютерная
система для психофизиологического подбора на массовые профессии типа
"человек-техника" 33
Бондарев И. П., Вылегжанин О. И., Зубова Л. В. Компьютерная система
для психофизиологического тестирования профессионально значимых качеств
водителей автотранспорта 38

СНИЖЕНИЕ ШУМА

Воронцов Е. В., Смирнов В. Г., Воронцова Т. Е. Снижение шума при работе
вентиляторов В-06-300-8 44
Воронцов Е. В., Смирнов В. Г., Воронцова Т. Е. Снижение шума на промышленных
предприятиях методом звукоизоляции 46

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Рабинович В. Б. Исследование и разработка мокрых пылеуловителей СИОТ с шаровыми
насадками. 48
Ляпкин А. А., Чуракова Н. С. Газохроматографическое определение микропримесей
органических веществ в воздухе 51
Ляпкин А. А., Чуракова Н. С., Домрачев К. Ю. Применение адсорбционно-каталитических
методов для количественного определения оксида углерода и суммы органических веществ
в воздухе 54

Приложение. Тихонов М. Н. Радиационная география в системе научных знаний.

Журнал входит в "Перечень ведущих и рецензируемых научных журналов и изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на
соискание ученых степеней кандидата и доктора наук" и включен в систему Российского
индекса научного цитирования.



УДК [658.345 + 382.3]

В. Е. Родин, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф.,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Оберегая жизнь и здоровье трудящихся — о Научно-исследовательском институте охраны труда в г. Екатеринбурге

Приведена информация о деятельности института с момента его создания. Даны сведения о структуре, направлениях деятельности и основных результатах работы института за последние 10 лет.

Ключевые слова: лаборатория, пылегазоочистка, промышленная акустика, промышленная вентиляция, физиология и психология труда, аттестация рабочих мест, сертификация работ по охране труда, промышленная экология, средства индивидуальной защиты, патенты, паспортизация, инвентаризация, отходы.

Rodin V. E. Protecting employee life and health — about the labour protection scientific research institute in Ekaterinburg

The article covers the activities of the institute starting from the time of its establishment. It informs of its structure, areas of research and the key work results throughout the recent ten years.

Keywords: laboratory, gas treatment, industrial acoustics, industrial ventilation, labour physiology and psychology, certification of workplaces, certification of labour protection works, industrial ecology, individual protection means, patents, passport system, inventory count, waste.

История развития института

В последние годы по разным причинам масштабы травматизма и профессиональных заболеваний стали настолько велики, что стали существенными факторами влияния на демографическую ситуацию в стране. Одной из таких причин, на наш взгляд, стало принижение роли научных организаций в решении проблем охраны труда. Многие научно-исследовательские институты за двадцатилетний период перестройки перестали существовать, но отдельные специализированные институты, несмотря на полное отсутствие бюджетного финансирования, все-таки смогли найти свое место в современных рыночных условиях экономики.

Одним из таких институтов является Научно-исследовательский институт охраны труда в г. Екате-

ринбурге, который был учрежден в 1931 г. постановлением Президиума Свердловского исполнительного комитета как Институт научной организации труда, основной целью которого должна была стать работа по обеспечению безопасных условий труда на промышленных предприятиях Урала.

В момент создания институт состоял всего из трех отделов: психотехнического, физиологического и научной организации труда. Но уже в 1932 г. институт расширился, в нем были организованы новые отделы и лаборатории, такие как отдел техники безопасности, вентиляционный отдел, светотехническая лаборатория, физико-химическая лаборатория, отдел промышленной гигиены и др.

На начальном этапе развития института его работа носила больше практический характер. В основном занимались изучением санитарно-гигиенических условий труда и разработкой мероприятий по их улучшению, предупреждением травматизма и профессиональных заболеваний на предприятиях черной, цветной металлургии и горнодобывающей промышленности г. Свердловска и области.

Именно в эти 1930-е—1940-е годы закладывался фундамент современной науки об охране труда на Урале. У ее истоков стояли первый директор института Г. И. Семёнов, а также директора О. А. Гольденберг и П. А. Соболев.

В 1941 г. институт получил новое название — Всесоюзный научно-исследовательский институт охраны труда Всесоюзного Центрального Совета Профессиональных Союзов (ВЦСПС).

В этот период помимо выполнения научно-исследовательских работ проблемного характера институт оказывает большую практическую помощь промышленным предприятиям в создании безопасных условий труда и профилактике профессиональных заболеваний. Для этого на предприятиях и в учреждениях организуются курсы и кабинеты по технике безопасности, проводятся семинары и лекции по этой тематике, разрабатываются плакаты по охране труда. Был даже оборудован передвижной вагон-выставка по технике безопасности и производственной санитарии, который выезжал на заводы для оказания практической помощи.

Для условий военного времени были пересмотрены нормы и правила безопасности для работников черной и цветной металлургии, разработаны различные светомаскировочные устройства, а также рекомендации по применению женского труда, широко применявшегося в то время во всех отраслях промышленности. Сотни предприятий получили практическую помощь в области охраны труда и промышленной безопасности.

Особенно плодотворным для института стал послевоенный период. В эти годы значительно продвинулось изучение теоретических основ промышленной вентиляции и обеспыливания, физиологии и гигиены труда, промышленной акустики и освещения. Серьезное внимание стало уделяться широкому внедрению в производство результатов законченных исследований, разработок, технических устройств и приборов для улучшения условий труда, снижению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Одним из основных направлений института в тот период стала разработка средств и методов борьбы с промышленной пылью. Изучение пылевого фактора представляло большой научный и практический интерес, так как до этого времени не было исчерпывающих исследований физико-химического состава пыли и влияния пыли различной дисперсности на организм человека.

Неоценимый вклад в развитие этого направления внесли д-р техн. наук, проф., член-корр. АН СССР Сергей Ефимович Бутаков; д-р техн. наук, проф., а впоследствии — вице-президент МАНЭБ — Василий Васильевич Дьяков, который считается основоположником Уральской научной школы обеспыливающего проветривания рудников; д-р техн. наук, создатель теории пневматической уборки пыли — Евгений Васильевич Донат; канд. техн. наук, зав. лабораторией промышленной вентиляции Антон Михайлович Гervasев, автор серии пылеуловителей (циклонов) СИОТ. Эти циклоны и по настоящее время широко применяются как в нашей стране, так и за рубежом.

Наиболее активное развитие институт получил в 1970-е годы. Это годы реформ и преобразований, которые связаны с именем директора института А. Ф. Матросова. Именно в то время были созданы новые научные подразделения, такие как лаборатория математического анализа, лаборатория экономических исследований, лаборатория обеспыливания, лаборатория средств индивидуальной защиты (СИЗ), а также специальное конструкторское бюро (СКБ).

При проведении исследований стали применяться математические методы и вычислительная техника. Силами СКБ были созданы уникальные

приборы и оборудование для проведения научных исследований в области охраны труда. Численность института достигла 250 человек. Эти годы характеризуются как время наивысшей научной активности и изобретательской деятельности. На этот период приходится наибольшее количество защищенных диссертаций. Работы института на этом этапе многократно отмечались дипломами и премиями на всевозможных отечественных и международных конкурсах и выставках.

Достижения тех лет связаны, в первую очередь, с именами руководителей научных лабораторий, в числе которых заведующие лабораториями:

- технической безопасности — Ю. А. Чудов;
- обеспыливания — В. И. Шапотайло;
- промышленной вентиляции — Ю. И. Кац;
- рудничной вентиляции — А. И. Корзон;
- физиологии и психологии труда — А. В. Васильева;
- промышленного освещения и акустики — В. Б. Перетц;
- физико-химической лабораторией — Р. И. Оглоблина.

В марте 1992 г. после реорганизации ВЦСПС институт был передан Федерации независимых профсоюзов России (ФНПР) и стал называться "Научно-исследовательский институт охраны труда ФНПР в г. Екатеринбург".

Последние 20 лет для института, как и для всей страны, были наиболее трудными. Прекратилось бюджетное финансирование, начался отток кадров в коммерческие организации. Чтобы выжить в новых экономических условиях, понадобилось терпение, взаимопонимание и сплоченность коллектива. За выполненную институтом работу зачастую рассчитывались натуральными товарами: колбасой, лопатами, а подчас и вовсе не платили. Следует, в первую очередь, отдать должное специалистам института, которые в самые тяжелые годы остались верны своему призванию, не ушли из института в поисках лучшей доли, а сумели адаптироваться к новым условиям и нашли свою нишу в сложной рыночной конъюнктуре. Благодаря именно таким людям, а также поддержке Федерации независимых профсоюзов России институт сумел выжить и войти в число немногих эффективно работающих в области охраны труда научных учреждений.

Несмотря на трудности последних лет, был не только сохранен, но и преумножен научный потенциал института, обновлена лабораторная база и кадровый состав, созданы новые структурные подразделения, начал вновь работать Ученый совет. Возобновила свою работу и научно-техническая библиотека, фонд которой ежегодно пополняется десятками периодических и фундаментальных изданий. Все это позволило на протяжении последних



15 лет успешно проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также оказывать практическую помощь предприятиям черной и цветной металлургии, нефтегазовой промышленности, связи, энергетики и др.

Структура и направления деятельности института сегодня

В настоящее время в структуре института восемь научно-исследовательских лабораторий, три учебных центра, орган по сертификации работ по охране труда, испытательный центр по сертификации средств индивидуальной защиты, специализированная научно-техническая библиотека и патентное бюро, в том числе:

- лаборатории: средств индивидуальной защиты; обеспыливания; промышленной акустики; физиологии и психологии труда; аттестации рабочих мест; сертификации работ по охране труда; промышленной экологии;
- независимый испытательный центр по сертификации средств индивидуальной защиты головы и средств защиты от падений с высоты;
- учебно-методический сектор по подготовке специалистов по аттестации рабочих мест;
- независимый аттестационно-методический центр по подготовке специалистов по промышленной безопасности и промышленной экологии;
- Свердловский областной центр охраны труда Правительства Свердловской области;
- Уральский региональный центр по подготовке экспертов по сертификации в Системе сертификации организации работ по охране труда (ССОР).

Институт оснащен современным испытательным и измерительным оборудованием и аккредитован по целому ряду стратегических направлений в области охраны труда, в том числе по сертификации СИЗ, на измерение вредных и опасных физических и химических факторов, на анализ вредных веществ в воздухе рабочей зоны, в промышленных выбросах в атмосфере, на определение химического состава и токсичности отходов производства и потребления. Это практически единственная негосударственная организация в Уральском Федеральном округе, имеющая столь высокий статус в области экоаналитического контроля.

Проведенные преобразования и широкий спектр выполняемых работ позволили институту на протяжении последних 15 лет успешно проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также оказывать научно-практическую помощь многочисленным промышленным предприятиям и организациям Урало-Сибирского

региона. Ежегодно услугами института пользуются до 2000 предприятий и организаций.

Все работы, выполняемые институтом, носят, как правило, прикладной характер. Это — аттестация рабочих мест и сертификация организации работ по охране труда; разработка компьютерных программ психофизиологического отбора на травмоопасные профессии и разработки в области физиологии и психологии труда; разработка и сертификационные испытания средств индивидуальной защиты; разработка средств и рекомендаций по защите от промышленного шума, вибрации, запыленности и загазованности, выполнение проектных работ по аспирации технологического оборудования и промышленной вентиляции; разработка национальных стандартов в области охраны труда и разработка корпоративных норм бесплатной выдачи специальной одежды, обуви и других СИЗ для промышленных предприятий; работы в области промышленной экологии по нейтрализации промышленных выбросов, очистки сточных вод и утилизации отходов производства. К последним относятся

— инвентаризация источников выбросов вредных веществ для составления проектов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) предприятий;

— паспортизация пылегазоочистных установок (ПГОУ);

— исследование воздуха рабочей зоны при аттестации рабочих мест и производственном контроле;

— разработка проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР).

— образовательная, консультационная и издательская деятельность по различным направлениям охраны труда и многие другие работы.

Остановимся более подробно на работах, имеющих наибольшую востребованность.

Защита воздушного бассейна от загрязнения пылью

Традиционно большое внимание в институте уделяется борьбе с промышленной пылью и вредными газами, поскольку до 70...80 % всех профзаболеваний в Урало-Сибирском регионе — это заболевания органов дыхания. Работы в этой области направлены, в основном, на создание высокоэффективных средств локализации пыли и газовойыведений. К примеру, разработанные институтом средства очистки воздуха, такие как циклоны СИОТ широко применяются во всех отраслях промышленности в России и в странах ближнего зарубежья, а новые технологии пылеподавления при выдаче кокса и при погрузке сыпучих материалов в железнодорожные вагоны уже много лет успешно применяются в металлургическом и коксохимическом производстве на таких предприятиях как Нижнетагильский металлургический комбинат, "Алтай-

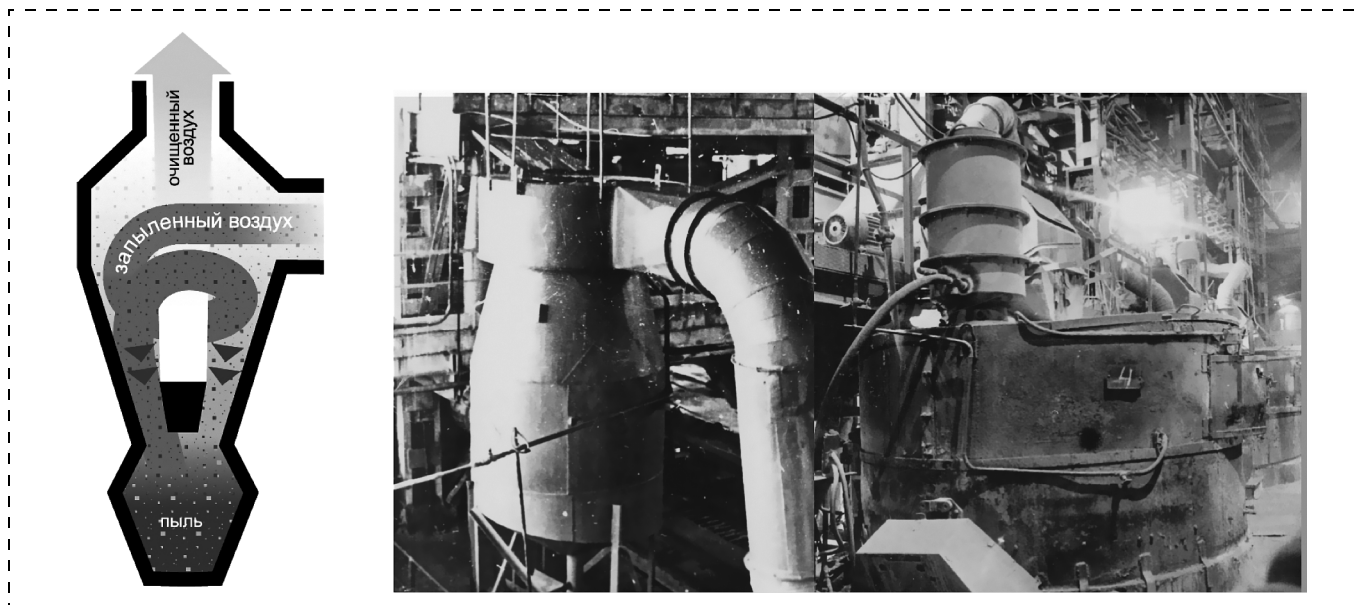


Рис. 1. Модернизированные сухие циклоны СИОТ

кокс" и др. (рис. 1). Циклоны СИОТ используются для грубой и средней очистки воздуха в различных отраслях промышленности. Применение циклонов позволяет снизить в 2 раза валовые выбросы пыли в атмосферу.

Исследования в области промышленной экологии

Одним из важнейших направлений института являются работы в области промышленной экологии, в частности, работы по нейтрализации промышленных выбросов, очистке сточных вод и утилизации отходов производства.

Институтом разработаны и запатентованы два новых и экономичных способа обезвреживания и утилизации диоксиноподобных веществ — полихлордифенилов (ПХД), которые используются в качестве масла для электротехнического оборудования.

По первому способу ПХД можно использовать как добавку к каменноугольному маслу при пропитке шпал, столбов, свай и т. д. Под воздействием солнечных лучей происходит дехлороллиз ПХД (рис. 2).

По второму способу предлагается одновременно с обезвреживанием (нейтрализацией) ПХД использовать полихлордифенилы в качестве сырья для получения четыреххлористого титана, рис. 3.

Разработана новейшая технология очистки хромосодержащих стоков с последующим квалифицированным использованием осадков. Технология основана на пропускании хромовых стоков через слой алюминиевой и медной стружки. После обработки осадка фосфорной кислотой получают алюмохромфосфатное связующее, используемое в качестве



Рис. 2. Утилизация диоксиноподобных веществ



Рис. 3. Схема нейтрализации диоксиноподобных веществ

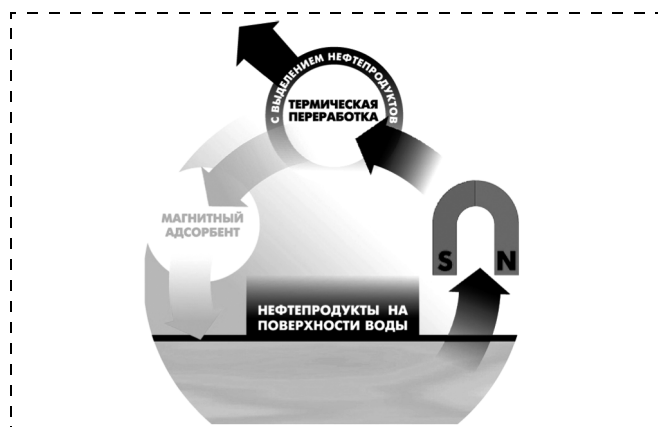


Рис. 4. Схема адсорбционной очистки водоемов от нефтепродуктов

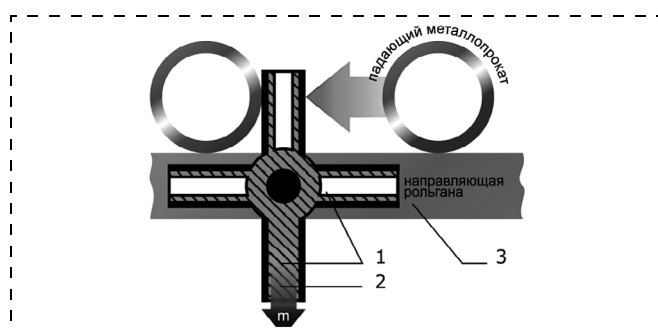


Рис. 5. Вращающиеся демпферы для снижения шума при транспортировке труб:

1 — три полых стержня и один цельный для центровки демпфера; 2 — резиновый кожух; 3 — направляющая рольгана

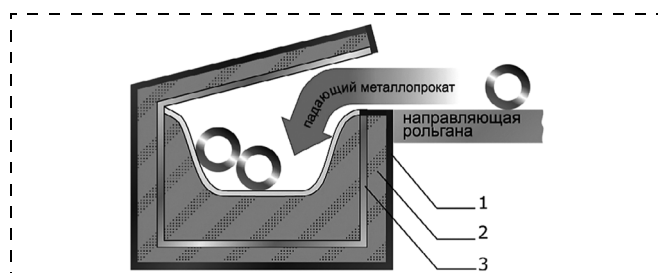


Рис. 6. Звукоизолированный карман для металлопроката:

1 — стальной корпус; 2 — звукопоглощающий материал; 3 — перфорированный лист

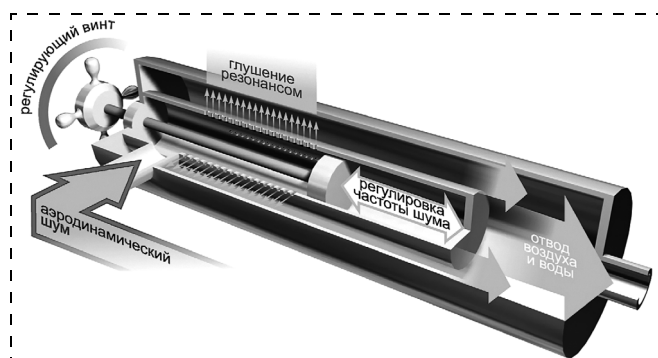


Рис. 7. Резонансный глушитель для снижения аэродинамического шума

связующего в литейном производстве для изготовления огнеупорных клеев, для получения огне-стойких древесностружечных плит и для изготовления катализаторов.

Запатентованы и широко используются два новых способа адсорбционной очистки поверхностных вод от нефтепродуктов:

— способ адсорбционной очистки с погружением адсорбента на дно водоема (адсорбент — отработанные стержневые смеси на основе фенольных смол);

— способ адсорбционной очистки с последующим сбором адсорбента (пылевидных отходов сталеплавильных печей) с помощью магнита (рис. 4).

Помимо чисто научных работ в области промышленной экологии ежегодно около 200 предприятий пользуются услугами института по проведению инвентаризации источников выбросов вредных веществ в атмосферу, исследованию воздуха рабочей зоны, обоснованию отнесения отходов производства к классам опасности и составлению паспортов на опасные отходы.

Разработка технических устройств по защите от промышленного шума

Для многих предприятий Урало-Сибирского региона (Серовского металлургического завода, Кизеловской ГРЭС, ОАО "Уралхиммаш", ОАО "Уралтрансаш", ООО "Юганскводоканал" и многих других) в течение последних 5 лет были разработаны и успешно внедрены эффективные средства снижения шума, некоторые из которых показаны на рис. 5—7.

Разработки компьютерных программ для психофизиологического отбора специалистов на работы, связанные с повышенной опасностью и ответственностью

Принимая во внимание, что до 70 % всех несчастных случаев на производстве связано с так называемым человеческим фактором, институтом разработан большой пакет программ компьютерного психофизиологического отбора работников на травмоопасные профессии и профессии, требующие повышенного внимания — водители автотранспорта, диспетчеры, операторы, электромонтеры и многие другие (рис. 8 — см. 3-ю стр. обложки).

Особенно востребованными в последние годы стали программы по отбору водителей автотранспорта, тем более, что статья 328 Трудового кодекса РФ предусматривает профотбор водителей при приеме на работу. Эти программы уже более 10 лет успешно применяются практически во всех учебно-курсовых комбинатах по подготовке водителей на территории Свердловской области, а также на круп-

ных автотранспортных предприятиях в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Челябинске, Тюмени и др. По данным ГИБДД г. Екатеринбурга внедрение программ профотбора в автобусном парке города позволило снизить число дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в 2—3 раза.

Разработка и сертификация средств индивидуальной защиты

Уже более 20 лет институт занимается проблемами, связанными с разработкой и сертификацией таких наиболее необходимых и распространенных средств индивидуальной защиты, как средства защиты головы и средства защиты от падения с высоты, и много делает для того, чтобы на российский рынок поступали надежные и качественные средства индивидуальной защиты.

На базе института работает подкомитет № 7 технического комитета ТК-320 Ростехрегулирования, которым только за последние четыре года разработано более 20 государственных и межгосударственных стандартов ССБТ по системам управления охраной труда и средствам индивидуальной защиты.

В рамках работ по СИЗ в период с 2001 по 2008 гг. была разработана и запущена в серийное произ-

водство целая серия новых видов защитных касок для таких травмоопасных профессий как строители, монтажники, горняки. Это защитные каски "Маяк", "Байкал", "Луч" (рис. 9).

В последние два года институтом разработаны также несколько новых моделей защитных каскеток, которые защищают работника не от падающих сверху предметов, а от ударов о боковые поверхности и предметы. Такие средства защиты головы, в первую очередь, необходимы тем, кто работает в стесненных пространствах, либо в помещениях, где исключается падение предмета на голову. Новые каскетки будут существенно отличаться от европейских аналогов как в конструкторском плане, так и в плане более высоких эксплуатационных характеристик.

Параллельно с разработкой каскеток в 2008 г. был разработан государственный стандарт для таких СИЗ. Поэтому предприятия уже сейчас могут смело включать в отраслевые типовые нормы каскетки. Ранее, пока стандарта на каскетки не было, не имело смысла их и выпускать.

Совместно с компанией "Очки для Вас" (г. Екатеринбург) институт в 2007 г. разработал специальные антибликовые очки для водителей. Эти очки серийно выпускаются и пользуются большим спросом у водителей.

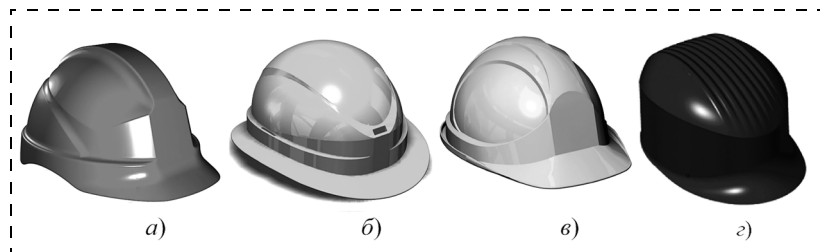


Рис. 9. Защитные каски, разработанные институтом:
а — "Луч"; б — "Маяк"; в — "Байкал"; г — каскетка

С принятием Закона об обязательной сертификации средств индивидуальной защиты на базе института в 1997 г. был создан независимый испытательный центр "Урал", оснащенный современным оборудованием для испытаний средств индивидуальной защиты головы и средств защиты от падений с высоты (некоторые виды оборудования показаны на рис. 10). На сегодняшний день это практически единственный испы-



Рис. 10. Испытательное оборудование ИЦ СИЗ "Урал"



тательный центр в России такого уровня. До 80 % всех средств защиты этого класса (сотни различных видов СИЗ), производимых в России и поставляемых на российский рынок из-за рубежа, проходят испытания в этом центре. По рекомендациям центра были сняты с производства многие виды СИЗ неудовлетворительного качества, а сотни СИЗ, соответствующих российским стандартам, были сертифицированы.

Международное сотрудничество

По различным проблемам в области СИЗ институт тесно сотрудничает со многими зарубежными компаниями. В рамках международного сотрудничества институтом совместно с центром техники безопасности профессионального товарищества строителей земли Северный Рейланд-Вестфалия "BG BAU", г. Вуперталь (Германия) впервые в России был организован и успешно осуществлен крупный международный проект "Сибирь" по разработке, испытанию и внедрению новой системы защитной одежды для ведущих отраслей промышленности, работающих в условиях экстремального холода. В проекте принимали участие предприятия нефтегазового комплекса ("Сургутнефтегаз" и "Сургутгазпром"), энергетики из "Тюменьэнерго", горняки компаний "АЛРОСА" и "Севуралбоксит-руда", а также горноспасатели Урала и Магаданской области. От зарубежных партнеров в проекте участвовали представители ведущих европейских компаний-производителей специальной одежды из Швеции, Дании, Германии и США (рис. 11 — см. 3-ю стр. обложки).

Система одежды включала нижнее белье и верхнюю защитную одежду. Эта одежда должна была быть в первую очередь "дышащей", т. е. человек в ней не должен потеть, и при этом быть непродуваемой и непромокаемой. Помимо этого она должна была обладать определенными функциональными свойствами. Если эта одежда для газовиков, то она помимо всего прочего должна быть антистатической, если это одежда для нефтяников, то она должна быть маслостойкой, чтобы нефтяные пятна не разъедали одежду. Для энергетиков, которые лазают по высоковольтным вышкам, она должна быть легкой и удобной (рис. 12 — см. 3-ю стр. обложки).

Цель проекта "Сибирь" состояла в том, чтобы подобрать для различных профессий приемлемую комбинацию нижней нательной и верхней защитной одежды применительно к условиям экстремального холода.

Разработками института в области СИЗ в последнее время заинтересовались международные компании. В январе 2009 г. институт посетил президент одной известной немецкой компании. Эта

компания уже много лет специализируется на производстве защитных касок и мотошлемов премиум-класса, в том числе шлемов для "Формулы-1". Был подписан договор о намерениях по сотрудничеству с этой компанией как в области разработки защитных касок, так и каскеток.

В 2005 г. за комплекс исследований по совершенствованию и разработке средств индивидуальной защиты головы и специальной защитной одежды для шахтерских профессий авторский коллектив института был удостоен высшей премии по безопасности в области горного дела — премии им. академика А. А. Скочинского, с вручением медали лауреата конкурса.

Свои разработки по СИЗ институт представляет ежегодно на международных конференциях и конгрессах. Только в 2008 г. институт дважды с докладами участвовал в подобных конференциях, в том числе — в г. Дрездене в октябре и одной — в г. Екатеринбурге в ноябре.

В Екатеринбурге конференция проходила под названием "О проблемах и инновациях в области СИЗ" (рис. 13 — см. 4-ю стр. обложки). Ее организатором являлся научно-исследовательский институт охраны труда. С докладами на конференции выступили представители одиннадцати Европейских компаний, которые представили в своих докладах новые, неординарные решения в области средств индивидуальной защиты.

Аттестация рабочих мест и сертификация работ по охране труда

Очень много работ институт выполняет по аттестации рабочих мест и сертификации работ по охране труда. Более чем 20-летний опыт работы по аттестации позволяет институту проводить аттестацию на предприятиях любой ведомственной принадлежности. Это ежегодно более 50...60 крупных промышленных предприятий и организаций или более 15 тыс. рабочих мест.

На 25...30 промышленных предприятиях ежегодно проводится сертификация работ по охране труда. Внедрение мероприятий, разработанных институтом, позволило существенно улучшить условия труда на сотнях предприятий, снизить травматизм и уменьшить число профзаболеваний (рис. 14 — см. 4-ю стр. обложки).

В тесном взаимодействии с международными компаниями "ТЮФ Интернационал" (Германия) и Бюро Веритас Русь (Франция) осваиваются новые перспективные направления по подготовке предприятий к сертификации по международным общепризнанным стандартам, таким как ISO 9000 (система менеджмента качества), ISO-14000 (система экологического менеджмента), OHSAS-18001

(система менеджмента профессиональной безопасности и здоровья). В рамках этих работ специалисты института были подготовлены в качестве ведущих аудиторов по вышеуказанным стандартам.

Обучение по охране труда

Значительное место в работах института уделяется обучению вопросам охраны труда работников предприятий. На базе института с 1997 г. по 2004 г. успешно функционировал Урало-Сибирский научно-методический центр по подготовке специалистов по аттестации рабочих мест и экспертов по сертификации работ по охране труда. С 2004 г. этот центр был преобразован в Уральский центр по подготовке экспертов по сертификации в системе ССОТ. Только за последние 10 лет институтом было подготовлено свыше 10 тысяч специалистов по аттестации рабочих мест и экспертов из разных регионов нашей страны.

Около 15 лет в статусе структурного подразделения института работает Свердловский областной центр охраны труда Правительства Свердловской области, осуществляющий подготовку и проверку знаний специалистов по охране труда, а также оказывающий им необходимую методическую помощь. За время работы центра в нем прошли обучение тысячи специалистов различных предприятий области. Новая технология преподавания, предусматривающая модульную форму обучения, рекомендованную международной организацией труда, в сочетании с лекционной формой позволяет существенно повысить качество обучения слушателей (рис. 15 — см. рис. 4-ю стр. обложки).

В рамках реализации решения экономического совета при Губернаторе Свердловской области о развитии и повышении форм социального партнерства в формировании кадровых ресурсов институтом были проведены работы по изучению социальных и психологических аспектов, мотивации работников к повышению своего образовательного уровня. Полученные результаты исследований позволяют выявлять и учитывать факторы, влияющие на повышение квалификации специалистов.

Успехи и достижения института

Неотъемлемым элементом научной деятельности является и изобретательская работа. Только за последние 8 лет было получено свыше 30 патентов на изобретения и промышленные образцы, многие из которых вошли в типовые проекты и внедрены в серийное производство.

За последние годы почти на 100 % обновилась материальная и лабораторная база института. В настоящее время все подразделения, лаборатории и

испытательные центры оснащены современными приборами и оборудованием для оценки условий труда и экспериментальных исследований.

Правильный выбор приоритетных направлений, а также соответствующая социальная и кадровая политика позволили за последние 5 лет увеличить доходы института более чем в 2 раза, а заработную плату в 1,8 раза.

Достойная зарплата, хорошие условия труда и возможность профессионального роста позволили укомплектовать институт квалифицированными кадрами, значительно пополнить кадровый состав молодыми специалистами. В институте появились аспиранты и соискатели. До 40 % всех сотрудников — это молодежь до 30...35 лет. Только за последние 5 лет в институте защищено две докторских и две кандидатских диссертации. В этом году также планируется защита кандидатской диссертации.

За счет средств института проводится обучение сотрудников в вузах и повышение их квалификации как у нас в стране, так и за рубежом.

В рамках социальной политики регулярно оказывается материальная помощь ветеранам и бывшим сотрудникам института к праздникам, юбилейным датам и по другим поводам.

Работы института ежегодно отмечаются многочисленными дипломами и медалями региональных, Всероссийских и Международных выставок и конкурсов, а также Почетными грамотами и благодарностями Минздравсоцразвития и других министерств и ведомств.

По итогам Всероссийского конкурса "Здоровье и безопасность-2006" институт был удостоен золотой медали в номинации "За успешный менеджмент в сфере услуг по обеспечению безопасных условий труда, за создание эффективной системы управления и успешное развитие научно-технического и кадрового потенциала".

Не умаляя достигнутых успехов, нельзя не сказать о проблемах сегодняшнего дня и наших перспективах.

К наиболее актуальным проблемам, требующим ближайшего решения, следует отнести, прежде всего, дальнейшую подготовку кадров высшей квалификации и развитие новых перспективных научных направлений. Ближайшие перспективы видятся также в расширении международных контактов и связей, увеличении доли теоретических исследований и более эффективном их внедрении.

Надеюсь, что знакомство с Научно-исследовательским институтом охраны труда в г. Екатеринбурге, с его историей и работами окажется интересным и полезным многим специалистам и читателям журнала "Безопасность жизнедеятельности", занимающимся вопросами охраны труда.

УДК [658.345 + 382.3]

В. Е. Родин, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф.,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

О путях снижения профессиональных заболеваний и производственного травматизма

Приведены данные анализа влияния стажа работы во вредных условиях на количество профзаболеваний и динамика выплат компенсаций по временной нетрудоспособности одного из регионов России. Предложены мероприятия, позволяющие снизить производственный травматизм и профессиональные заболевания с минимальными затратами.

Ключевые слова: профессиональные заболевания, стаж работы, системы профотбора, средства коллективной и индивидуальной защиты.

Rodin V. E. On possible methods of decreasing occupational disease and on-the-job injury rates

The article analyzes how employee service period under harmful conditions affects the occupational disease rate and shows dynamics of payment of temporary disability allowances in one of the Russian regions.

It describes the measures that can decrease the on-the-job injury and occupational disease rate at minimum cost.

Keywords: occupational diseases, length of service, vocational selection systems, group and individual protection means.

Ежегодно в стране на компенсацию временной нетрудоспособности трудящихся выплачиваются сотни миллиардов рублей, при этом около 40...50 % всех выплат связано с профессиональными заболеваниями (рис. 1).

Это колоссальные материальные расходы и убытки в виде квалифицированной рабочей силы и человеческого здоровья. Помимо экономического ущерба масштабы профзаболеваемости и производственного травматизма настолько велики, что они становятся существенными факторами влияния на демографическую ситуацию. В этом аспекте и следует рассматривать задачу улучшения условий труда как важную социальную проблему.

Анализ данных фонда социального страхования одного из крупных промышленных регионов России — Свердловской области показывает, что основными профзаболеваниями для этого региона являются заболевания органов дыхания, составляющие до 80 % от всех заболеваний (рис. 2).

Профзаболевания органов дыхания являются основной патологией многих промышленных регионов. Поэтому решение этой проблемы, а именно — снижение профессиональных заболеваний органов дыхания, является важнейшей проблемой как субъектов Федерации, так и промышленных предприятий. И полумерами здесь не обойтись.

Анализ показывает, что основная масса выявленных профессиональных заболеваний приходится на работников, проработавших от 10 до 30 лет во вредных условиях (рис. 3). Люди, проработавшие во вредных условиях такое время, как правило, приобретают хронические заболевания. Следствием

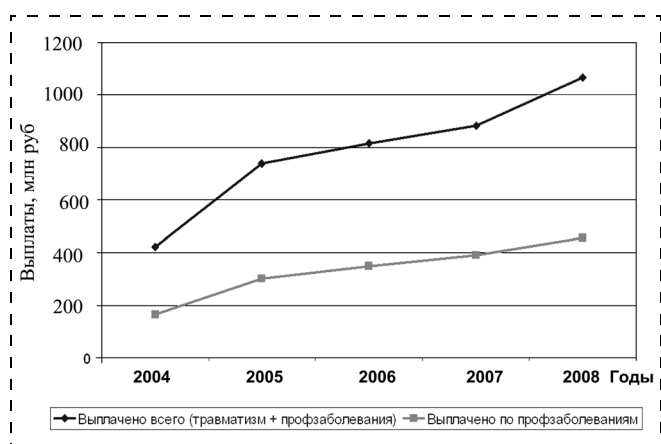


Рис. 1. Выплаты по травматизму и профзаболеваниям из фонда социального страхования

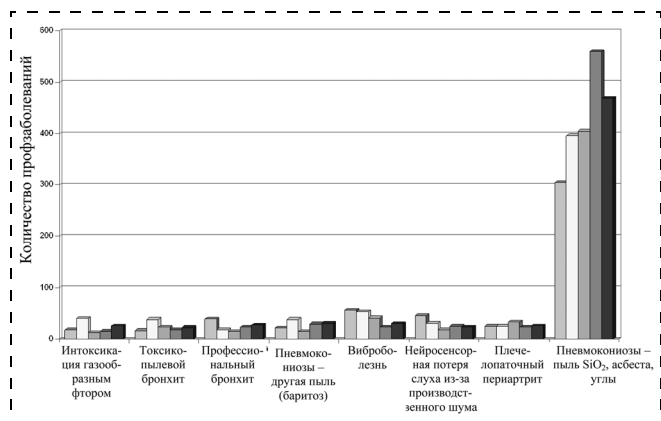


Рис. 2. Формы и количество профзаболеваний: по каждой форме профзаболевания столбцы слева направо: 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 годы

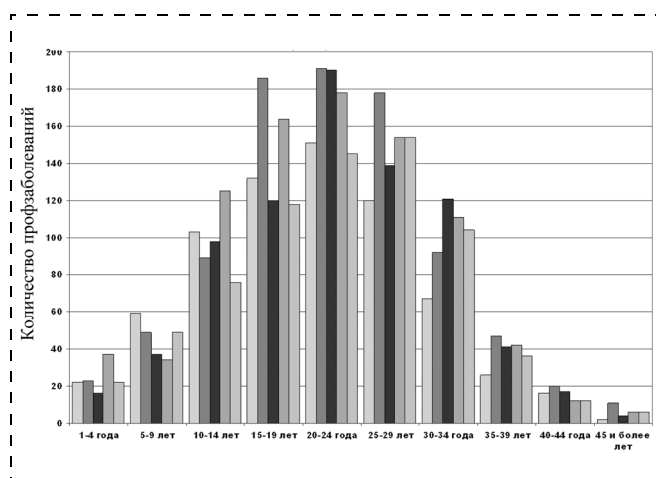


Рис. 3. Влияние стажа работы во вредных условиях на количество профзаболеваний: по каждому интервалу стажа работы столбцы слева направо: 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 годы

этого являются частое отсутствие работника на работе, потеря опытных квалифицированных специалистов, затраты компаний на обучение и подготовку новых специалистов, выплаты компенсаций травмированным или заболевшим работникам либо семьям погибших. В конечном итоге последствия неэффективной охраны труда негативно отражаются на психологическом климате в коллективе и на производительности труда.

Как правило, профессиональные заболевания получают опытные работники, от которых зависит и качество, и план, т. е. производительность труда. Решить проблему снижения роста профессиональных заболеваний путем совершенствования технологических процессов, применения средств коллективной и индивидуальной защиты не представляется возможным. Одним из основных, наиболее эффективных, путей снижения роста профессиональных заболеваний, на наш взгляд, является ограничение на стаж работы во вредных условиях, по аналогии с ограничением женского и детского труда. Например, 10 или 15 лет. Такое ограничение позволит сохранить здоровье тысяч людей, а, значит, и сохранить трудовые ресурсы и за счет этого снизить экономический ущерб и выплаты из фонда социального страхования.

На работу во вредные цеха идут, как правило, за льготами и компенсациями, порой, не задумываясь, что можно потерять там здоровье. Для того, чтобы, проработав 10 или 15 лет во вредных условиях, люди не стремились продолжать там работу, их следует переводить на работу с нормальными условиями труда с пожизненной выплатой соответствующей компенсации. Эта компенсация может быть из фонда социального страхования, либо из фонда предприятия, либо из внебюджетных фондов.

А пока такого ограничения нет, для снижения травматизма и профзаболеваний можно использовать следующие малозатратные мероприятия:

1. Контроль предрабочего функционального состояния работника (алкоголь, наркотики, психическое состояние) на травмоопасных работах.

2. Применение системы профотбора при приеме на травмоопасные работы и работы, требующие повышенного внимания (водители, монтажники, крановщики, электромонтеры, взрывники, диспетчеры).

3. Качественное обучение и инструктаж по охране труда специалистов всех уровней от рабочего до директора.

4. Применение сертифицированных средств коллективной и индивидуальной защиты.

Учитывая, что много несчастных случаев связано с так называемым человеческим фактором, необходимо уделять именно этому фактору наибольшее внимание. Для этого, в первую очередь, на работах с повышенной опасностью необходимо ввести систему контроля предрабочего функционального состояния работника, проще говоря, предсменный или предрейсовый медосмотр. Это позволит в значительной степени исключить появление на работе лиц в нетрезвом виде, а, значит, и избежать травм по этой причине, а это примерно около 20 % всех травм.

При приеме на работу рекомендуется шире применять системы профотбора на травмоопасные профессии и профессии, требующие повышенного внимания. Так, внедрение профотбора на Екатеринбургском объединении автобусов позволило снизить число дорожно-транспортных происшествий в 2—3 раза по сравнению с теми аналогичными предприятиями, где не проводился профотбор.

Более внимательно следует подходить к обучению и инструктажу по вопросам охраны труда, применяя качественные методы обучения и исключить формальный подход. Обучение и инструктаж должны проходить все — от рабочего до директора. Пока, к сожалению, это не везде так.

На работах во вредных условиях следует применять только проверенные, сертифицированные средства индивидуальной защиты достаточно известных производителей.

Рассмотренные мероприятия позволят существенно улучшить показатели травматизма и профзаболеваемости практически на любом предприятии без больших материальных затрат.

В заключение хотелось бы отметить важность анализа травматизма и профзаболеваний на каждом предприятии. Только такой подход позволит работодателю объективно и своевременно оценить ситуацию по условиям труда и выявить наиболее опасные участки, требующие первостепенного внимания с точки зрения нормализации условий труда.



УДК 658.382.3

В. Е. Родин, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф.,
В. А. Исаков, канд. техн. наук, **С. Б. Суворов**,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Математическая модель формирования и реализации опасности травмирования на рабочих местах

Предлагается модель формирования и реализации опасности травмирования на рабочих местах, математическое описание которой позволяет производить достоверную количественную оценку риска травмирования и решать ряд прикладных задач охраны труда.

Ключевые слова: опасный фактор, фактор риска, несчастный случай, травмоопасность, вероятность, математическая модель.

Rodin V. E., Isakov V. A., Suvorov S. B.
Mathematical model of forming and implementation of on-the-job injury risk

The article suggests the model for forming and implementation of on-the-job injury risk. Its mathematical description provides valid quantity assessment of injury risk and to solve a number of applied tasks related to labour protection.

Keywords: dangerous factor, risk factor, accident, injury risk, probability, mathematical model.

Управление профессиональными рисками, переход к которому от традиционных систем управления охраной труда намечен в Концепции демографической политики, утвержденной Президентом Российской Федерации, неизбежно требует наличия такого метода оценки травмоопасности рабочих мест, который позволит производить достоверную количественную оценку риска травмирования.

Оценка травмоопасности рабочих мест является основой для принятия инженерных и управленческих решений по обеспечению безопасности труда и их эффективной реализации, обеспечения права работников на информацию о степени профессионального риска, условиях труда и охране труда на рабочих местах.

Обязательными условиями травмирования работающего являются наличие на рабочем месте:

- опасного фактора — фактора, обладающего потенциалом опасности, который при некоторых обстоятельствах (при наличии соответствующего фактора риска) может с некоторой вероятностью реализоваться в виде несчастного случая;

— фактора риска — фактора, создающего условия, необходимые и достаточные для реализации потенциала опасных факторов с некоторой вероятностью.

Например электрический ток является опасным фактором, а к факторам риска, создающим условия для реализации его потенциала, можно отнести отсутствие или неудовлетворительное состояние заземления, изоляции и других средств электробезопасности.

Механизм возникновения потенциальной опасности показан на рис. 1.

Потенциальная опасность, обусловленная некоторой комбинацией "опасный фактор — фактор риска" может реализоваться с некоторой вероятностью в виде несчастного случая (рис. 2).

Количество (концентрация) опасных факторов на рабочем месте определяется спецификой производства и выражается номенклатурой опасных факторов. Количество (концентрация) факторов риска на рабочем месте зависит от состояния охраны труда и уровня организации работ.

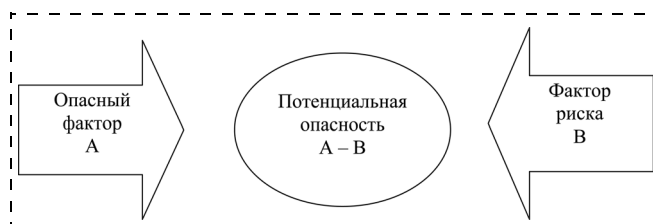


Рис. 1. Механизм возникновения потенциальной опасности

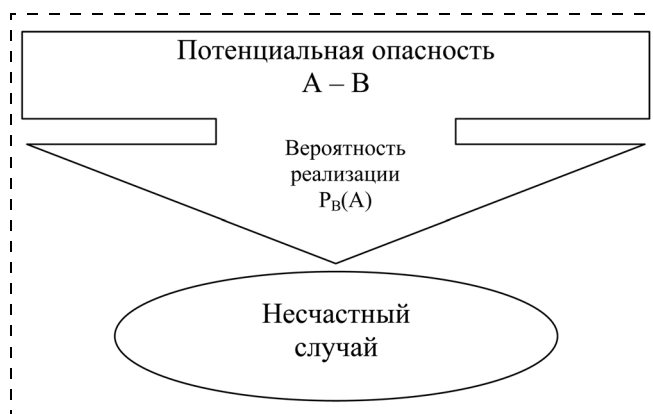


Рис. 2. Схема реализации потенциальной опасности

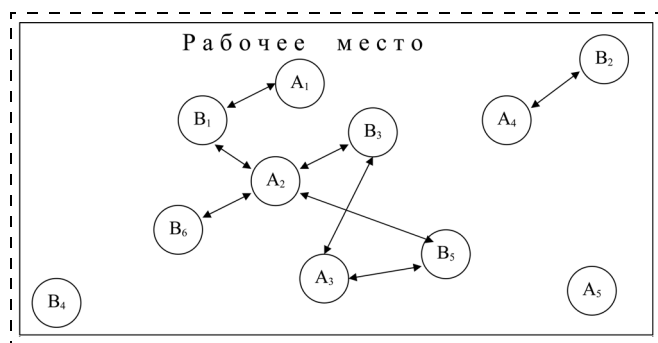


Рис. 3. Графическая модель травмоопасности рабочего места

Опасные факторы и факторы риска могут образовывать потенциально опасные комбинации — элементарные образования, которые многократно повторяются на множестве рабочих мест. Такие *элементарные комбинации* можно считать инвариантными, поскольку вероятно их многократное повторение на множестве других рабочих мест. При этом их изменяются их характеристики, в том числе вероятность реализации в виде несчастного случая.

Если какой-либо опасный фактор обозначить A_i , а фактор риска — B_j , то на рабочих местах могут образовываться различные виды комбинаций потенциальной опасности A_i-B_j .

На рис. 3 представлена графическая модель травмоопасности рабочего места. На графической модели имеются различные виды комбинаций: простые (A_4-B_2), когда фактор опасности и фактор риска образуют одну единственную комбинацию; сложные, когда один опасный фактор может образовывать комбинации с несколькими факторами риска (A_2-B_1 , A_2-B_3 , A_2-B_5) или когда один фактор риска образует комбинации с несколькими опасными факторами (A_2-B_3 , A_3-B_3). Например, несчастный случай может произойти в результате воздействия избыточного давления по причине либо отсутствия или неработоспособности предохранительных устройств, либо отсутствия или неисправности приборов безопасности, либо неисправности или нарушения сроков и низкого качества технического обслуживания оборудования и др. Отсутствие необходимых средств индивидуальной защиты может быть причиной несчастного случая в результате воздействия либо потенциальной или кинетической энергии объектов, либо электрического тока и др.

Наличие на рабочем месте опасных факторов, не образующих комбинаций, и факторов риска не представляет интереса с точки зрения травмоопасности, поскольку их опасный потенциал не может реализоваться.

Каждое рабочее место с точки зрения травмоопасности индивидуально. Индивидуальность рабочего места определяется количеством и видом эле-

ментарных комбинаций "опасный фактор — фактор риска" ($A-B$). Чем больше на рабочем месте опасных факторов и факторов риска, тем больше возможностей для образования потенциально опасных комбинаций "опасный фактор — фактор риска" различного вида, тем выше степень травмоопасности рабочего места.

Травмоопасность рабочего места можно снизить сокращением количества опасных факторов за счет совершенствования технологии; сокращением количества факторов риска за счет улучшения состояния охраны труда и повышения уровня организации производства. При этом наибольший положительный эффект достигается в том случае, если ликвидируются опасные факторы или факторы риска, образующие наибольшее количество опасных комбинаций с высокой вероятностью реализации опасности.

Основными характеристиками комбинации "опасный фактор — фактор риска" являются:

- вероятность образования комбинации;
- вероятность реализации опасного потенциала комбинации.

Если на рабочем месте имеются неустраняемые факторы риска, то вероятность образования комбинаций с их участием равна единице. Если фактор риска возникает на рабочем месте в результате нарушения требований безопасности, то вероятность образования соответствующей комбинации равна вероятности нарушения требований безопасности.

Вероятностные характеристики комбинации "опасный фактор — фактор риска" определяют значимость данной комбинации с точки зрения травмобезопасности рабочего места. Поскольку на рабочем месте может иметь место достаточно большое количество комбинаций "опасный фактор — фактор риска", то с целью снижения трудоемкости оценки травмоопасности желательно производить предварительный отбор значимых комбинаций.

Вероятность — мера того, что событие может произойти. Математическое определение вероятности: "действительное число в интервале от 0 до 1, относящееся к случайному событию". Число может отражать относительную частоту в серии наблюдений или степень уверенности в том, что некоторое событие произойдет. Вероятность, связанная с событием, может быть рассчитана для определенного интервала времени.

Введем следующие обозначения:

$P(A_i)$ — вероятность несчастного случая;

$P(B_j)$ — вероятность возникновения на рабочем месте фактора риска B_j и обусловленной его наличием потенциально опасной комбинации;

$P_{B_j}(A_i)$ — вероятность реализации потенциала опасного фактора A_i при наличии фактора риска B_j .

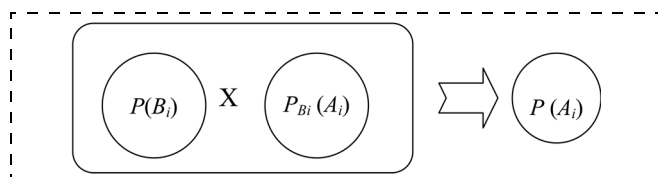


Рис. 4. Вероятностная модель несчастного случая в результате реализации комбинации определенного вида

Вероятностная модель несчастного случая представлена на рис. 4.

Вероятность несчастного случая, обусловленного каким-либо опасным фактором и фактором риска, можно описать уравнением:

$$P(A_i) = P(B_i)P_{B_i}(A_i). \quad (1)$$

Возможные частные случаи решения этого уравнения представлены в таблице.

Вероятность потенциальной опасности, обусловленная наличием фактора риска $P(B_i)$, может принимать значения от 0 до 1. Если наличие какого-либо фактора риска исключено, то $P(B_i) = 0$. Если фактор риска неизбежен для какого-нибудь производства, то $P(B_i) = 1$ (например: плохая видимость, высокая тяжесть и напряженность труда и т. п.). Между этими крайними ситуациями $P(B_i)$ может принимать любые значения от 0 до 1 в зависимости от состояния охраны труда и уровня организации работ. Если фактор риска исключен ($P(B_i) = 0$), то и несчастный случай по данной причине также исключен $P(A_i) = 0$.

Для рабочих мест, на которых имеют место неустраняемые факторы риска, а также выявлены на-

Частные случаи определения вероятности несчастного случая в результате возникновения и реализации определенной комбинации "опасный фактор — фактор риска"

Фактор риска	Опасный фактор		
	Опасный фактор отсутствует $P_{B_i}(A_i) = 0$	Реализация опасного фактора вероятна $1 > P_{B_i}(A_i) > 0$	Опасный фактор реализуется при наличии фактора риска $P_{B_i}(A_i) = 1$
Фактор риска исключен $P(B_i) = 0$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$
Фактор риска с определенной вероятностью может иметь место $1 > P(B_i) > 0$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$	Вероятность несчастного случая $P(A_i) = P(B_i)P_{B_i}(A_i)$	Возможность несчастного случая равна вероятности появления фактора риска $P(A_i) = P(B_i)$
Фактор риска имеет место $P(B_i) = 1$	Несчастный случай исключен $P(A_i) = 0$	Вероятность несчастного случая $P(A_i) = P_{B_i}(A_i)$	Несчастный случай неизбежен $P(A_i) = 1$

рушения требований безопасности, являющиеся факторами риска, значение вероятности наличия этих факторов риска принимают равными единице: $P(B_i) = 1$.

Для рабочих мест, на которые распространяются требования безопасности и которые соответствуют этим требованиям, вероятность возникновения возможных факторов риска должна приниматься равной среднестатистической вероятности, присущей данному производственному объекту:

$$P(B_i) = N_{p.m}/n_{p.m}, \quad (2)$$

где $N_{p.m}$ — количество рабочих мест, на которых выявлено нарушение, соответствующее фактору риска B_i ; $n_{p.m}$ — общее количество рабочих мест, на которое распространяются данные требования безопасности.

Если на производственном объекте достаточно много аналогичных рабочих мест, то значение вероятности наличия фактора риска целесообразно определять по группе аналогичных рабочих мест

$$P(B_i) = N_{ан.р.м}/n_{ан.р.м}, \quad (3)$$

где $N_{ан.р.м}$ — количество аналогичных рабочих мест, на которых выявлено нарушение, соответствующее фактору риска i ; $n_{ан.р.м}$ — количество аналогичных рабочих мест, на которые распространяются данные требования безопасности.

Вероятность реализации потенциала опасного фактора при наличии определенного фактора риска $P_{B_i}(A_i)$ может принимать значения от 0 до 1.

Если какой-либо опасный фактор отсутствует на рабочем месте, то $P_{B_i}(A_i) = 0$ независимо от наличия факторов риска. Есть опасные факторы, опасный потенциал которых неизбежно реализуется при наличии соответствующего фактора риска. В этом случае $P_{B_i}(A_i) = 1$, а вероятность несчастного случая равна вероятности появления на рабочем месте фактора риска $P_{B_i}(A_i) = P(B_i)$. Например, избыточное давление в герметичной системе при отказе предохранительных клапанов неизбежно приведет к аварии и травмированию находящихся в опасной зоне работников.

Таким образом, возможны следующие частные случаи вероятности несчастного случая на рабочем месте:

$$P(A_i) = 0, \text{ если } P(B_i) = 0 \text{ или } P_{B_i}(A_i) = 0;$$

$$P(A_i) = P(B_i), \text{ если } P_{B_i}(A_i) = 1, \text{ а } 1 > P(B_i) > 0;$$

$$P(A_i) = P_{B_i}(A_i), \text{ если } P_{B_i} = 1;$$

$$P(A_i) = 1, \text{ если } P(B_i) = 1, \text{ а } P_{B_i}(A_i) = 1.$$

Поскольку определенные комбинации "опасный фактор — фактор риска" (A_i-B_j) — элементарные образования, которые могут многократно повторяться на множестве рабочих мест, то вероятность реализации потенциальной опасности комбинации (A_i-B_j) определенного вида $P_{B_j}(A_i)$ допустимо считать инвариантной величиной: $P_{B_j}(A_i) = \text{const}$.

Поскольку комбинация (A_i-B_j) многократно повторяется на множестве аналогичных рабочих мест, а вероятность $P_{B_j}(A_i)$ величина постоянная, то она может определяться методами математической статистики и рассчитываться по формуле

$$P_{B_j}(A_i) = N^{A-B}/n^{A-B}, \quad (4)$$

где N^{A-B} — количество несчастных случаев, причиной которых явилась комбинация "опасный фактор — фактор риска" (A_i-B_j); n^{A-B} — количество рабочих мест, на которых имеет место комбинация (A_i-B_j).

На рабочем месте могут быть в наличии одновременно несколько различных потенциально опасных комбинаций "опасный фактор — фактор риска", каждая из которых может быть причиной несчастного случая.

В общем случае вероятность несчастного случая на рабочем месте можно описать формулой Байеса (формула полной вероятности):

$$P(A_i) = \sum_{i=1}^R P(B_i) P_{B_i}(A_i), \quad (5)$$

где R — количество на рабочем месте потенциально опасных комбинаций "опасный фактор — фактор риска" (A_i-B_j).

Вероятность несчастного случая на рабочем месте — сумма произведений вероятностей реали-

зации потенциально опасных факторов на вероятность возникновения факторов риска, создающих необходимые и достаточные условия для реализации опасностей.

На рис. 5 представлена матрица определения вероятности несчастного случая на рабочем месте. Матрица позволяет производить расчет:

— вероятности реализации какого-либо опасного фактора

$$P(A_c) = \sum_{i=1}^c P(B_i) P_{B_i}(A_c); \quad (6)$$

— вероятности реализации какого-либо фактора риска

$$P(A_s) = \sum_{i=1}^s P(B_s) P_{B_s}(A_i); \quad (7)$$

— вероятности несчастного случая

$$\sum_{i=1}^{c,s} P(B_i) P_{B_i}(A_i). \quad (8)$$

Математический аппарат теории вероятности позволяет решать ряд прикладных задач безопасности труда.

Зная вероятности несчастных случаев на отдельных рабочих местах производственного объекта, можно определять: вероятность безопасной работы на данном объекте; вероятность возникновения хотя бы одного несчастного случая на производственном объекте.

Вероятность того, что на рабочем месте несчастный случай не произойдет

$$Q(A) = 1 - P(A). \quad (9)$$

Вероятность того, что на производственном объекте, включающем n рабочих мест, не произой-

			Опасные факторы							Вероятность реализации фактора риска	
			A ₁		A ₂		A ₃	...	A _c		
Факторы риска	P(B ₁) ₁	×(	P _{B₁} (A ₁)	+	P _{B₁} (A ₂)	+	P _{B₁} (A ₃)	+...+	P _{B₁} (A _c)	)=	ΣP(B ₁) P _{B₁} (A _i)
	P(B ₂) ₂	×(	P _{B₂} (A ₁)	+	P _{B₂} (A ₂)	+	P _{B₂} (A ₃)	+...+	P _{B₂} (A _c)	)=	ΣP(B ₂) P _{B₂} (A _i)
	P(B ₃) ₃	×(	P _{B₃} (A ₁)	+	P _{B₃} (A ₂)	+	P _{B₃} (A ₃)	+...+	P _{B₃} (A _c)	)=	ΣP(B ₃) P _{B₃} (A _i)
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	P(B _s) _s	×(	P _{B_s} (A ₁)	+	P _{B_s} (A ₂)	+	P _{B_s} (A ₃)	+...+	P _{B_s} (A _c)	)=	ΣP(B _s) P _{B_s} (A _i)
Вероятность реализации опасного фактора			ΣP(B _i) P _{B_i} (A ₁)	+	ΣP(B _i) P _{B_i} (A ₂)	+	ΣP(B _i) P _{B_i} (A ₃)	+...+	ΣP(B _i) P _{B_i} (A _c)	=	$\sum_{i=1}^{c, s} P(B_i) P_{B_i} (A_i)$

Рис. 5. Матрица определения вероятности несчастного случая на рабочем месте:

c — количество потенциально опасных факторов на рабочем месте; s — количество факторов риска на рабочем месте



дет ни одного несчастного случая (иначе формулируя, вероятность безопасности объекта):

$$Q^{об}(A) = \prod_{i=1}^n Q_i(A). \quad (10)$$

Вероятность несчастного случая на производственном объекте

$$P^{об}(A) = 1 - Q^{об}(A). \quad (11)$$

Знание значения вероятности несчастного случая позволяет прогнозировать возможное число несчастных случаев. Наиболее вероятное число несчастных случаев выражается математическим ожиданием данного случайного события

$$M(A) = \sum_{i=1}^z N_{\text{прогн. } i} P_i(A), \quad (12)$$

где $N_{\text{прогн. } i}$ — возможное количество несчастных случаев ($0 < N_{\text{прогн. } i} \leq z$); $P_i(A)$ — вероятность наступления $N_{\text{прогн. } i}$ несчастных случаев; z — количество рабочих мест с одинаковой вероятностью несчастного случая при расчете наиболее вероятного числа несчастных случаев на нескольких аналогичных рабочих местах или продолжительность оценки (количество лет) при расчете наиболее вероятного числа несчастных случаев на одном рабочем месте за несколько лет.

Поскольку при нахождении возможного числа несчастных случаев за какой-либо период времени вероятность несчастного случая в любом году одинакова, можно математическое ожидание рассчитать по упрощенной формуле

$$M(A) = zP_i(A). \quad (13)$$

Вероятность того, что произойдет $N_{\text{прогн. } i}$ несчастных случаев, рассчитывается по формуле Бернулли:

$$P_i(A) = \frac{z!}{N_{\text{прогн. } i}!(z - N_{\text{прогн. } i})!} P(A) Q(A)^{z - N_{\text{прогн. } i}}. \quad (14)$$

Распределение вероятности несчастных случаев подчиняется закону Пуассона, что позволяет для практических расчетов использовать формулу

$$P_i(A) = \frac{\lambda^z}{z!} e^{-\lambda}, \quad (15)$$

где $\lambda = zP(A)$.

При данном законе распределение вероятности

$$M(A) = \lambda = zP(A). \quad (16)$$

Предлагаемый математический аппарат позволяет определять значимость нарушений различных

требований безопасности с точки зрения травмобезопасности. Вероятность того, что несчастный случай произойдет в результате нарушения какого-либо конкретного требования безопасности, может быть рассчитана по формуле

$$P_{A_i}(B_i) = \frac{P(B_i)P_{B_i}(A_i)}{\sum_{i=1}^c P(B_i)P_{B_i}(A_i)}. \quad (17)$$

Чем выше вероятность несчастного случая вследствие нарушения какого-либо требования безопасности, тем больше значимость данного требования безопасности с точки зрения травмоопасности.

Математическая модель вероятности травмирования позволяет:

- прогнозировать количество несчастных случаев на отдельных рабочих местах и в организации в целом;

- моделировать влияние на уровень травматизма различных травмоопасных факторов, определять наиболее значимые травмоопасные факторы.

Кроме того, представленный математический аппарат позволяет решать некоторые прикладные задачи охраны труда:

- усовершенствовать методику аттестации рабочих мест по травмобезопасности и классификацию травмобезопасности рабочих мест;

- производить объективную (независимую от специфики и характера производства) оценку состояния охраны труда в организации;

- повысить эффективность инвестиций в охрану труда путем направления финансовых средств на устранение наиболее значимых травмоопасных факторов;

- дифференцировать страховые тарифы для рабочих мест при добровольном страховании работников от несчастных случаев на производстве.

Так, например, оценку состояния охраны труда в организации можно производить путем расчета среднестатистической вероятности нарушения требований безопасности на производственном объекте. Данный показатель по существу является степенью соответствия фактического состояния требованиям безопасности, поэтому представляется целесообразным его использование в качестве показателя соответствия в системе сертификации работ по охране труда в организациях. Данный показатель характеризует также деятельность работодателя и службы охраны труда организации по обеспечению безопасности труда. Анализ вероятности реализации отдельных факторов риска позволяет корректировать деятельность службы охраны труда.

УДК [614.89.004 + 614.89.001.4]

В. Е. Родин, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф.,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Совершенствование нормативной базы на средства индивидуальной защиты головы и средства защиты от падений с высоты

Приведены сведения о разработанных и действующих в настоящее время национальных стандартах на средства индивидуальной защиты головы и средства защиты от падения с высоты системы ССБТ, гармонизированных на соответствие требованиям Европейских стандартов (EN). Даны сведения о стандартах на средства защиты от падения с высоты, планируемые к разработке к 2011 г.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты (СИЗ), стандарт, гармонизация.

Rodin V. E. Improvement of standards for individual head protection and fall protection means

The article covers the effective national standards for individual head protection and fall protection means manufactured in conformity with the SSBT (Labour Safety Standard System) harmonized to conform to the European standards (EN). The article informs of the standards for fall protection means that are to be developed by 2011.

Keywords: individual protection means (IPM), standard, harmonization.

По данным официальной статистики и данным Рострудинспекции наибольшее число несчастных случаев как в Российской Федерации, так и за рубежом связано с падением рабочих при работах на высоте и падением предметов на голову. Чтобы избежать производственных травм в этих случаях необходимо применять надежные и удобные средства индивидуальной защиты (СИЗ). Однако далеко не всегда работниками применяются средства индивидуальной защиты, соответствующие требованиям безопасности в условиях конкретного производства.

По разным источникам 10...15 % всех травм со смертельным исходом происходит из-за отсутствия, несовершенства либо неприменения СИЗ. Неприменение СИЗ во многих случаях объясняется их неудовлетворительными эксплуатационными характеристиками, а также функциональным несоответствием применяемых СИЗ характеру работы.

Средства защиты должны не только гарантировать безопасность жизни и здоровья рабочих, но также быть удобными при использовании, не затруднять движений, быть легкими, не приводить к преждевременной утомляемости и снижению производительности труда.

Средства индивидуальной защиты должны быть спроектированы и изготовлены так, чтобы потребитель мог легко выполнять свои функции в этих защитных средствах и в то же время знать, что он максимально защищен от опасности. Качество и защитные свойства СИЗ тесно увязаны с требованиями национальных стандартов. Именно стандарты регламентируют требования к качеству и защитным свойствам СИЗ, к методам их испытаний, а также к срокам хранения и условиям эксплуатации.

В 1988 г. Госстандартом СССР была разработана новая концепция национальной системы стандартизации, одной из основных задач которой явилось повышение конкурентоспособности отечественных товаров на международном рынке. Решение этой непростой задачи стало возможным через гармонизацию отечественных стандартов с международными.

В рамках этой политики с 1992 г. стали поэтапно разрабатываться и вводиться новые стандарты, гармонизированные на соответствие европейским стандартам, а в 1994 г. постановлением Госстандарта России была введена обязательная сертификация СИЗ.

Вся работа по планированию, координации и разработке стандартов на все классы СИЗ была возложена на технический комитет по стандартизации СИЗ (ТК-320) с его подкомитетами. В частности, разработкой и гармонизацией стандартов на СИЗ головы и СИЗ от падений с высоты занимался подкомитет ПК-7 при НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге (сведения о разработанных ПК-7 несертифицированных стандартах не приводятся).

Актуальность разработки и гармонизации отечественных стандартов по этим классам СИЗ была очевидна. Достаточно сказать, что до 1999 г. в РФ на средства страховки от падения с высоты был всего один стандарт — это ГОСТ Р 12.4.184—95 ССБТ "Пояса предохранительные. Общие технические условия. Методы испытаний", в то время как в Евро-



пейской системе стандартизации на этот класс СИЗ было около 30 стандартов.

На многие распространенные к этому времени в странах Евросоюза страховочные системы с использованием средств защиты ползункового типа с жесткими и гибкими анкерными линиями, с устройствами втягивающего типа, позволяющие эффективно останавливать падение, российские стандарты отсутствовали. Отсутствовали также стандарты на многие компоненты страховочных систем: амортизаторы, соединительные элементы, стропы, привязи страховочные, удерживающие, для рабочего позиционирования, для сидячего положения. Отсутствие отечественных стандартов исключало возможность их попадания на российский рынок, а, значит, и применения, что самым печальным образом отражалось на безопасности труда работников соответствующих профессий.

Отечественные стандарты на защитные каски также требовали переработки, так как они не предусматривали таких необходимых видов испытаний как боковая деформация каски, искусственное старение, устойчивость к воздействию брызг металла и др. Отсутствовали также требования к срокам носки защитных касок в зависимости от условий их эксплуатации.

Отсутствовал стандарт на защитные каскетки, предназначенные для защиты от сильных ударов о твердые неподвижные предметы, в результате которых возможны ушибы или иные поверхностные повреждения вплоть до потери сознания.

Все вышесказанное явилось основанием для разработки

Таблица 1

Перечень гармонизированных стандартов на средства индивидуальной защиты от падения с высоты (на 01.07.2009 г.)

№ пп	Наименование национального стандарта	Европейский аналог	Образец
1	2	3	4
1	ГОСТ Р EN 363—2007 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Страховочные системы. Общие техни- ческие требования	EN 363:2002	
2	ГОСТ Р EN 353-2—2007 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Средства за- щиты от падения пол- зункового типа с гибкой анкерной линией	EN 353-3:2002	
3	ГОСТ Р EN 358—2008 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Привязи для удержания и позицио- нирования на рабочем месте и стропы для рабо- чего позиционирования	EN 358:2000	
4	ГОСТ Р EN 355—2008 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Амортизаторы. Взамен ГОСТ Р 12.4.222—99	EN 355:2002	
5	ГОСТ Р EN 361—2008 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Страховочные привязи. Взамен ГОСТ Р 12.4.224—99	EN 361:2002	
6	ГОСТ Р EN 362—2008 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Соединитель- ные элементы. Взамен ГОСТ Р 12.4.225—99	EN 362:2004	
7	ГОСТ Р EN 353-1—2008 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Средства за- щиты ползункового типа на жесткой анкерной линии	EN 353-1:2002	

Окончание таблицы 1

№ пп	Наименование национального стандарта	Европейский аналог	Образец
1	2	3	4
8	ГОСТ Р EN 360—2008 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Средства за- щиты от падения втяги- вающего типа	EN 360:2002	
9	ГОСТ Р EN 813—2008 ССБТ. СИЗ отпадения с высоты. Привязи для положения сидя	EN 813:1997	
10	ГОСТ Р 12.4.223—99 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Стропы	EN 354:1992	
11	ГОСТ Р 12.4.226—99 ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Основные требования к инструк- ции по применению и маркировке	EN 365:1992	ГОСТ Р 12.4.226-99 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Система стандартов безопасности труда СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ПАДЕНИЯ С ВЫСОТЫ Основные требования к инструкции по применению и маркировке Издание официальное ГОСТАНДАРТ РОССИИ Москва
12	ГОСТ Р 12.4.206—99 ССБТ. Средства инди- видуальной защиты от падения с высоты. Ме- тоды испытаний	EN 364:1992	

серии государственных стан-
дартов ССБТ на средства ин-
дивидуальной защиты головы
и средства защиты от паде-
ния с высоты.

Всего за период с 1999 по
2009 г. подкомитетом ПК-7
было разработано 18 госу-
дарственных стандартов, из них
16 стандартов на СИЗ от паде-
ния с высоты и 2 стандарта на
СИЗ головы. Четыре из этих
стандартов были вторично гар-
монизированы в 2007—2008 гг.
Перечень действующих в на-
стоящее время стандартов при-
веден в табл. 1 и 2. В их числе
стандарты на амортизаторы,
страховочные привязи, соеди-
нительные элементы, привя-
зи для удержания и позицио-
нирования на рабочем месте,
стропы для рабочего позицио-
нирования, средства защиты
ползункового типа на жест-
кой анкерной линии, средства
защиты от падения втягиваю-
щего типа и т. д. Эти стандар-
ты являются основополагаю-
щими для построения страхо-
вочных систем, применяемых
в мировой практике.

Все стандарты были разра-
ботаны в соответствии с пла-
нами стандартизации Ростех-
регулирования и охватывают
значительный спектр приме-
няемых на практике средств
индивидуальной защиты го-
ловы и средств страховки от
падения с высоты.

В 2009 году ПК-7 осуще-
ствляет по плану государст-
венной стандартизации раз-
работку еще четырех стан-
дартов системы ССБТ, сведения
о которых приведены в табл. 3.

Разработанные в новых
стандартах требования и ме-
тоды испытаний средств ин-
дивидуальной защиты головы
и средств защиты от падений
с высоты соответствуют основ-



Таблица 2

Перечень разработанных стандартов на средства индивидуальной защиты головы и изменений к ним

№ пп	Наименование национального стандарта	Европейский аналог	Образец
1	ГОСТ Р 12.4.207—99 ССБТ. Каски защитные. Общие технические требования. Методы испытаний. Изменение № 1 к ГОСТ Р 12.4.207—99 ССБТ. Каски защитные. Общие технические требования и методы испытаний. Принято в феврале 2003 г. (ИУС 5—2003). Взамен ГОСТ 12.4.128—83	EN 397: 1995 + A1: 2000	
2	ГОСТ Р 12.4.245—2007 ССБТ. Каскетки защитные. Общие технические требования и методы испытаний	EN 812: 1997 + A1: 2001	

Таблица 3

Перечень стандартов, находящихся в стадии разработки по плану Ростехрегулирования на 2009—2010 гг.

№ пп	Наименование национального стандарта	Европейский аналог	Статус проекта стандарта
1	"ССБТ. Каски защитные. Общие технические требования. Методы испытаний" Изменение ГОСТ Р 12.4.207—99 (шифр. 1.16.320-1.002.09)	EN 397/A1: 2000	Первая редакция
2	ГОСТ Р 12.4—20/ЕН 365 ССБТ.СИЗ от падения с высоты. Основные требования к инструкции по применению, обслуживанию, ремонту, маркировке и упаковке. Шифр задания 1.16.320-1.007.09. (Стандарт разрабатывается взамен ГОСТ Р 12.4.226—99)	EN 365: 2004. С изменением EN 365: 2004/AC: 2006 (E)	Первая редакция
3	ГОСТ Р 12.4.-20/УН 354 "ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Стропы". Шифр задания 1.16.320-1.008.09. (Стандарт разрабатывается взамен ГОСТ Р 12.4.223—99)	EN 354: 2002	Первая редакция
4	ГОСТ Р 12.4.-20/ЕН 341 "ССБТ. СИЗ от падения с высоты. Устройства для спуска". Шифр задания 1.16.320-1.009.09	EN 341: 1992/A1: 1996	Первая редакция

ным требованиям международных (ISO) и европейских (EN) стандартов.

Использование разработанных стандартов в практической деятельности позволит:

- повысить требования к качеству, надежности и защитным свойствам СИЗ от падения с высоты и защиты головы;
- правильно выбрать средства защиты от падения с высоты, защитные каски или каскетки для работ в конкретных условиях;
- определить реальные сроки носки защитных касок, при которых они сохраняют свои защитные свойства;
- повысить безопасность труда на объектах повышенной опасности.

Стандарты обладают патентной чистотой в отношении РФ.

Построение и оформление стандартов выполнено в соответствии с государственной системой стандартизации Российской Федерации.

Использование новых стандартов в практической деятельности значительно расширяет возможности для разработки, производства, испытания и применения как отечественных, так и зарубежных СИЗ от падения с высоты. При этом больше всего выиграют потребители, у которых появляется возможность более широкого выбора СИЗ с учетом условий их применения, вида выполняемых работ и степени опасности.

УДК 614.89.001.4

В. Е. Родин, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф., **А. Ю. Казаков**, асп.,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбург
E-mail: iot@etel.ru

Разработка защитных касок с применением инновационных методов проектирования

Описана основа технологии конструирования и дизайн-проектирования защитных касок с точки зрения обеспечения каски максимальными защитными свойствами. Дано обоснование по выбору формообразующей поверхности корпуса каски, материала каски, по определению толщины и ширины ребра жесткости каски, а также параметров лучшей амортизатора. Показаны элементы компьютерного дизайн-проекта корпуса каски.

Ключевые слова: каска, ребро жесткости, модуль упругости, амортизатор, дизайн-проект, внутренняя оснастка.

Rodin V. E., Kazakov A. Yu. Development of protection helmets using innovative design methods

The article provides information on the basic principles of development and design of protection helmets to ensure maximum protection.

The article explains reasons for choosing the shape-generating surface of the helmet shell and the helmet material and for determining the thickness and width of the helmet reinforcement rib and the shock absorber parameters. Elements of computer design of the helmet are shown.

Keywords: helmet, reinforcement rib, modulus of elasticity, shock absorber, design, internal gear.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) головы являются важнейшей составной частью комплекса мер, направленных на снижение производственного травматизма работающих. Согласно правилам безопасности защитные каски в обязательном порядке должны применяться повсеместно, где есть вероятность травмирования от падения предметов на голову.

Существует три вида опасности при ударе по незащищенной голове.

Первый вид — разрушение костей черепа, которое происходит при приложении сосредоточенной нагрузки удара энергией 50 Дж [1, 2].

Второй вид — повреждение шейных позвонков, которое наблюдается, если вертикальный удар эквивалентен статическому усилию 4...8 кН.

Третий вид — сотрясение головного мозга, которое наступает при энергии удара более 12 Дж [3].

Чтобы снизить вероятность травмирования головы работника, с учетом выше приведенных факто-

ров опасности, защитная каска должна обладать как соответствующими прочностными свойствами, так и хорошей амортизацией энергии удара (для защиты шейных позвонков). При этом каски, по возможности, должны быть легкими и комфортными.

Прочностные свойства, степень амортизации и удобство применения защитной каски тесно увязаны с ее формой, размерами и толщиной корпуса, а также с формой ребер жесткости.

Защитные свойства каски существенно зависят также от материала, из которого она выполнена, а также от ее формы и конструктивных параметров корпуса и внутренней оснастки (амортизатора).

1. Общие сведения о конструкции защитной каски

Защитная каска состоит из корпуса и внутренней оснастки (рис. 1 и 2).

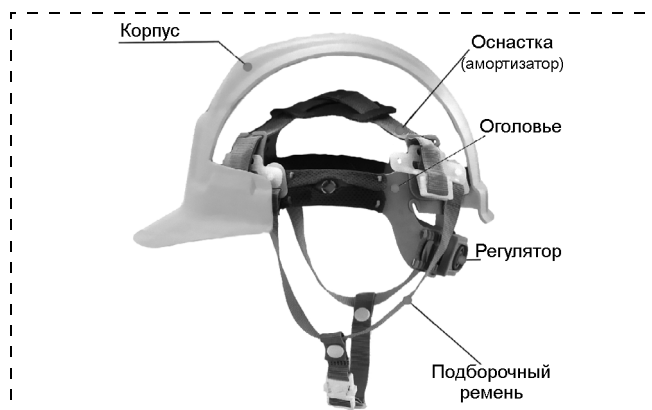


Рис. 1. Конструкция защитной каски



Рис. 2. Конструкция внутренней оснастки (ПЭНД — полиэтилен низкого давления)



Корпус — главная часть каски, воспринимающая основную нагрузку при выполнении каской ее защитных функций. Корпус может быть с козырьком или широкими полями, с желобчатыми полями или без них. Для большей прочности на корпусе могут быть ребра жесткости.

Внутренняя оснастка — это сборная конструкция, предназначенная для фиксации каски на голове, поглощения кинетической энергии, возникающей при ударе, и распределения усилия по поверхности головы. Внутренняя оснастка включает амортизатор, несущую и затылочную ленты.

Амортизатор — часть внутренней оснастки, изготовленная из текстильных или полимерных материалов, охватывающая голову и предназначенная для поглощения удара.

Несущая лента — элемент внутренней оснастки, который полностью или частично охватывает голову над бровями и фиксирует каску на голове.

Затылочная лента — элемент несущей ленты, регулирующий размер каски.

В большинстве случаев внутренняя оснастка разборная и крепится к корпусу шнуром или заклепками. Конструкция защитных касок такова, что между внутренней оснасткой и корпусом создается пространство сверху и по всему периметру на уровне несущей ленты. Верхнее пространство между вершиной оснастки и внутренней поверхностью купола корпуса называется вертикальным безопасным зазором, наличие которого предохраняет голову работающего от непосредственного удара падающим предметом. Расстояние между несущей лентой и корпусом называется кольцевым зазором, благодаря которому осуществляется проветривание подкасочного пространства. В ряде касок для усиления подкасочной вентиляции в боках корпуса делаются отверстия, прикрываемые при необходимости специальными пластинками. Подбородочный ремень с замком и устройством, позволяющим регулировать длину ремня, предназначен для фиксации каски на голове. Крепление ремня к корпусу или к внутренней оснастке может быть съемное или постоянное.

В комплект некоторых видов касок могут входить пелерина, защищающая шею и плечи рабочего от влаги, а также ватный или шерстяной подшлемник, применяемый в холодный период года. Конструкция пелерины и подшлемника позволяет прочно фиксировать их на каске или убирать при ненадобности.

2. Выбор формообразующей поверхности каски

Первое, с чего начинается проектирование каски — это выбор формообразующей поверхности корпуса. Логично, что формообразующая поверхность защитной каски должна быть близкой к форме поверхности свода головы. Наиболее полно этой

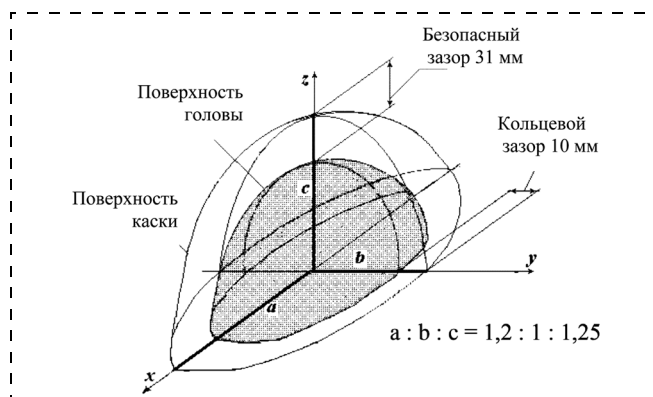


Рис. 3. Рациональное соотношение полуосей эллипсоида формообразующей поверхности каски

поверхности соответствует формообразующая поверхность корпуса защитной каски в виде отсеченной верхней части трехосного эллипсоида с соотношением продольной "a", поперечной "b" и вертикальной "c" полуосей $a:b:c = 1,2:1:1,25$ (рис. 3).

Такая поверхность обеспечивает необходимый кольцевой зазор у основания каски, а также вертикальный безопасный зазор между каской и поверхностью головы для всех типоразмеров головы.

3. Выбор материала для корпуса каски

Корпуса защитных касок чаще всего изготавливают из различных полимерных материалов: полиэтилена, АБС-пластика, поликарбоната, эрапола и др. Наиболее распространенным материалом, из которого изготавливают защитные каски, является полиэтилен низкого давления.

На примере ПЭНД покажем, чем нужно руководствоваться при выборе материала. Основным показателем, характеризующим свойства полиэтилена, является модуль упругости. Однако для полиэтилена, а также для других полимеров этот показатель нестабилен. Он меняет свое значение с изменением температуры. К примеру, с изменением температуры от $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ модуль упругости полиэтилена увеличивается в 3 раза. При этом материал каски становится более жестким и хрупким, что приводит к ее разрушению. В то же время, уменьшение модуля упругости, связанное с ростом положительных температур, приводит к размягчению материала и смятию корпуса в точке удара, что также не допустимо.

Поэтому при конструировании касок нужно подбирать материал с таким значением модуля упругости, который бы удовлетворял прочностным требованиям как при положительных, так и при отрицательных температурах.

На рис. 4 показана область допустимых значений модуля упругости материала E , т. е. рабочая зона,

при которых напряжение P на поверхности каски не превосходит уровня разрушающего напряжения, а относительное смятие ε не достигает величин, характеризующих появление микротрещин. Диапазон этих значений колеблется в пределах от 500 до 800 МПа для температурных значений $\pm 20^\circ\text{C}$. В этом диапазоне значений модуля упругости для заданных температурных значений и следует выбирать полиэтилен. Аналогичные расчеты можно сделать и для других материалов, использующихся для изготовления корпусов касок.

4. Определение толщины каски

При ударе по каске происходит прогиб упругой выпуклой оболочки каски, который приводит к значительным напряжениям в месте ее изгиба. При этом деформация выпуклой оболочки под действием внешней нагрузки (прогиб) рассматривается как зеркальное отражение исходной ее формы относительно некоторой секущей плоскости (рис. 5). Толщина корпуса каски должна определяться из условия, что максимальное напряжение при изгибе не должно превосходить допустимого. При этом обязательно должно учитываться направление удара, от которого зависит это напряжение (рис. 6).

При ударе по каске энергией 50 Дж (это требование ГОСТа) и при наличии амортизатора, гасящего до 70 % энергии удара, толщина корпуса каски, выполненного из ПЭНД, в зависимости от уровня разрушающего напряжения может быть переменной: от 2 мм у основания каски до 3...4 мм в верхней точке свода.

5. Выбор ширины ребра жесткости каски

Исследования показали, что форма и размер ребра жесткости существенно влияют на величину амортизации энергии удара по каске. В момент удара на верхней поверхности ребра жесткости образуется область прогиба (рис. 7). Область прогиба представляет собой эллипс, размеры которого зависят от энергии удара и толщины каски. Как только область прогиба достигает боковых границ ребра жесткости, оставшаяся часть энергии удара через вертикальные стенки ребра жесткости передается на поверхность купола, т. е. происходит разделение энергии удара: часть энергии расходуется на преодоление сил упругой деформации ребра жесткости, а оставшаяся часть передается на купол каски. Это позволяет определить допустимую ширину ребра жесткости.

На рис. 8 приведены зависимости напряжения, возникающего при прогибе каски в результате удара, от ширины области прогиба при различной температуре. Расчеты проведены с учетом того, что часть энергии удара расходуется на преодоление упругой деформации амортизатора.

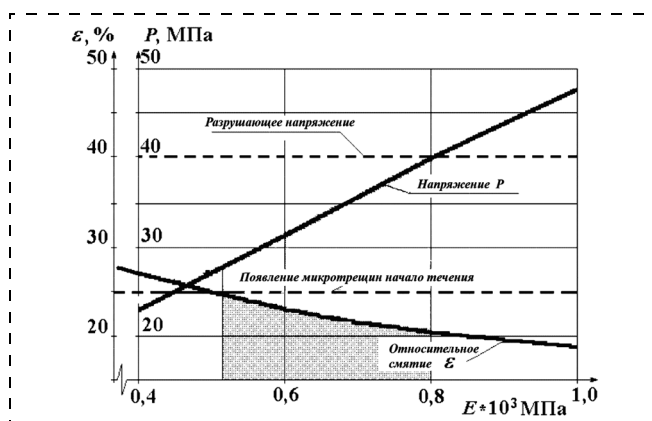


Рис. 4. Выбор области допустимых значений модуля упругости ПЭНД

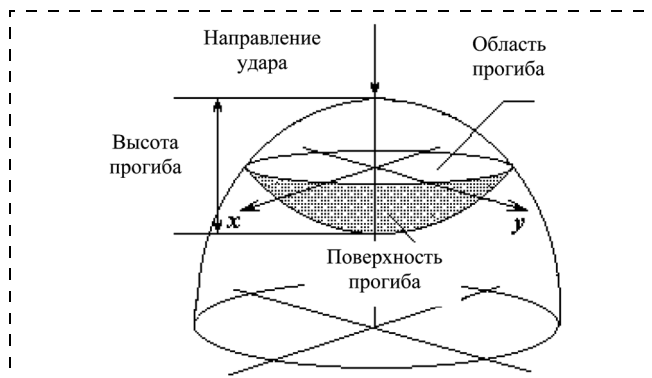


Рис. 5. Модель деформации корпуса каски при ударе

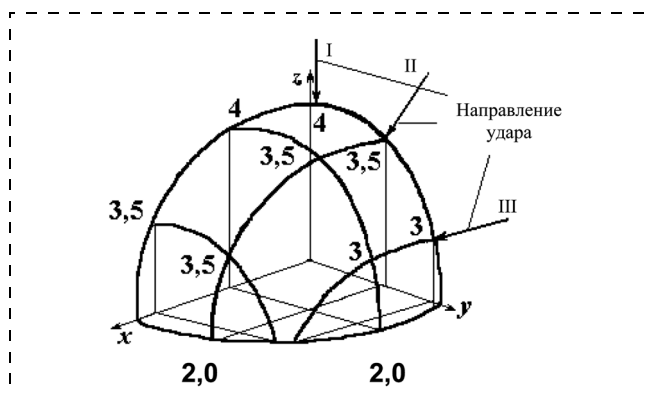


Рис. 6. Расчетная толщина корпуса каски, мм: I — вертикальный удар; II — боковой удар под углом 20° ; III — боковой удар под углом 60°

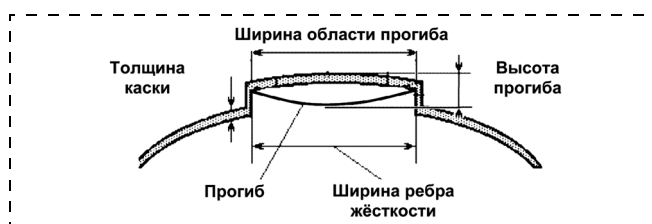


Рис. 7. Образование области прогиба ребра жесткости при ударе

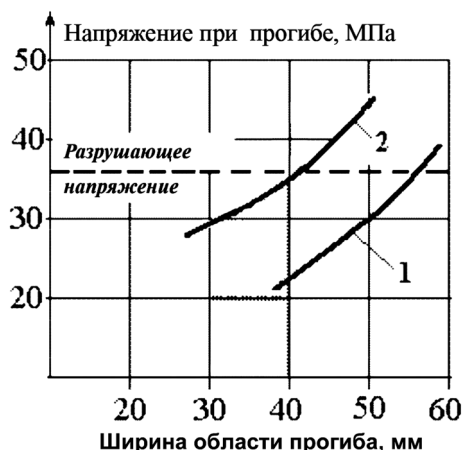


Рис. 8. Зависимость напряжения прогиба каски от ширины области прогиба:

1 — при температуре +20 °C; 2 — при температуре -20 °C



Рис. 9. Модель деформации луча амортизатора

Для примера можно сказать, что верхняя граница ширины ребра жесткости для полиэтилена с величиной разрушающего напряжения 37 МПа для температур от -20 °C до +20 °C должна быть до 40 мм. Нижняя граница не должна быть менее 20 мм, так как при меньших значениях степень амортизации будет недостаточная. Такое ребро будет выполнять свою функцию как при положительных, так и при отрицательных температурах.

6. Определение параметров внутренней оснастки каски

При действии ударной нагрузки на защитную каску энергия удара переходит в энергию упругой деформации амортизатора и энергию деформации корпуса каски. Причем на преодоление упругой деформации амортизатора расходуется до 70 % энергии удара.

При изучении амортизационных свойств внутренней оснастки защитной каски амортизатор каски рассматривался как совокупность плоских, симметрично расположенных линейно-упругих элементов — лучей амортизатора. Каска, удерживаемая несколькими такими элементами, получив в результате удара начальную скорость, направленную вертикально вниз, растягивает луч амортизатора до некоторой предельной длины, при которой на макет головы передается максимальное усилие. Растяжение луча амортизатора происходит по линии, проходящей по поверхности сферы (макета головы), а затем по прямой, направленной по касательной к этой сфере до точки прикрепления к каске (рис. 9).

Для определения максимального перемещения каски после удара применен закон сохранения полной механической энергии

$$T_0 + P_0 = T + P, \quad (1)$$

где T_0 , P_0 — значения кинетической и потенциальной энергии в момент начала движения каски ($P_0 = 0$); T , P — значения этих же величин при максимальном перемещении каски (в этот момент $T_0 = 0$).

На основании результатов численных экспериментов с использованием итерационных процедур установлено, что усилие, передаваемое на голову после удара, и высота подкасочного пространства зависят от угла отклонения луча амортизатора φ от продольной оси каски и, в значительной степени, от площади сечения луча и количества лучей амортизатора.

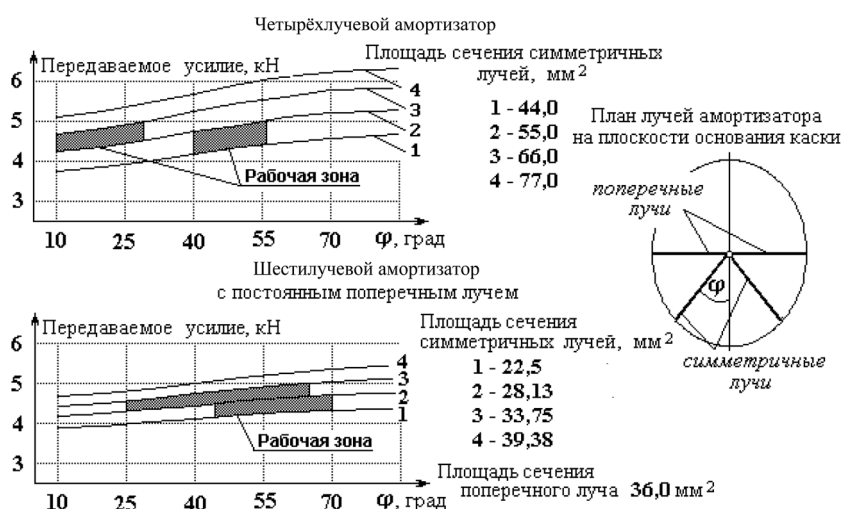


Рис. 10. Выбор рабочих зон допустимого изменения площади сечения лучей четырехлучевого и шестилучевого амортизаторов

В качестве примера на рис. 10 приведены графики усилия, передаваемого на голову после удара в зависимости от количества лучей амортизатора и от положения точки крепления луча для различных значений площади его сечения. Рисунки представляют собой результаты расчетов на персональном компьютере по заданным исходным данным.

Из графиков видно, что усилие, передаваемое на голову после удара, зависит от положения точки крепления луча с каской, а также от площади сечения и количества этих лучей.

К примеру, для четырехлучевого амортизатора для конструктивных параметров, принятых в нашем случае, рабочей зоной изменения площади сечения лучей следует считать интервал $30...40 \text{ мм}^2$, а угол отклонения лучей от продольной оси каски выбирать в пределах $40...55^\circ$.

Для шестилучевого амортизатора рабочая зона устанавливается в зависимости от того, каким выбран постоянный поперечный луч.

Для поперечного луча сечением 45 мм^2 на рис. 10 показан диапазон рабочей зоны для выбора сечений остальных лучей.

Данная методика позволяет выбирать оптимальные значения площади поперечного сечения луча амортизатора и угол его наклона, при которых обеспечивается допустимый уровень переданного усилия на каску и необходимая высота подкаскочного пространства.

Приведенные на рис. 11 схемы являются основой для построения компьютерной трехмерной модели.

После того как разработана трехмерная модель корпуса каски, переходят непосредственно к ее изготовлению. Промежуточным звеном от теорети-

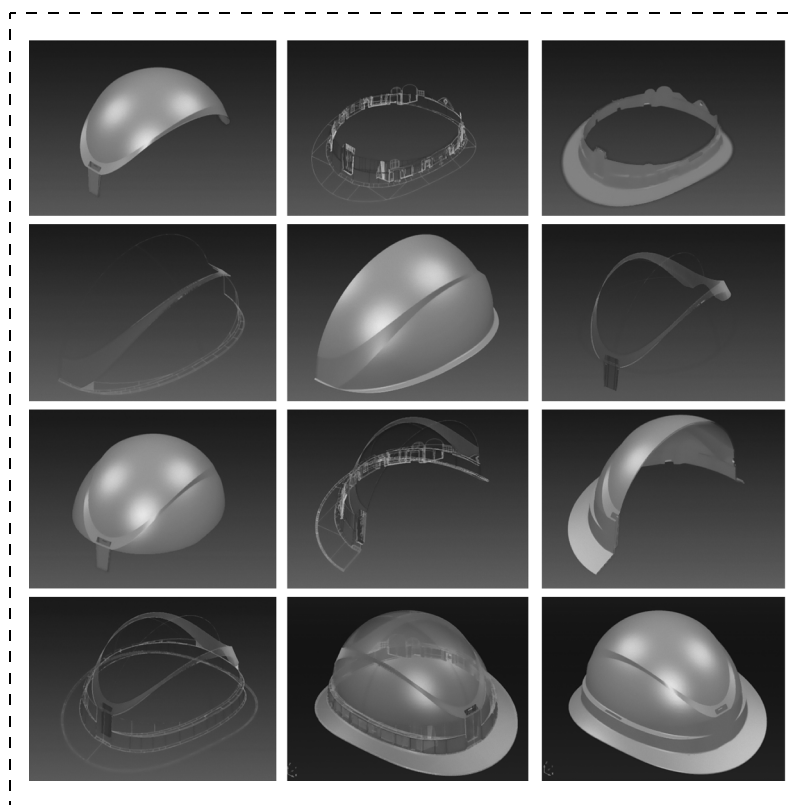


Рис. 11. Элементы для построения компьютерной модели каски "Маяк"

6. Компьютерный дизайн-проект корпуса каски

После того как определена форма каски, параметры корпуса и внутренней оснастки, переходим к разработке дизайна.

Так как поверхность защитной каски имеет сложные, перетекающие друг в друга трехмерные поверхности, показать размеры поверхности каски с помощью рабочих чертежей сложно и трудоемко. Наиболее удобной формой проектирования в этом случае является использование компьютерной трехмерной модели, основой которого служит проект дизайнера. При этом используя современные методы и программы компьютерного технического дизайна, с учетом заданных конструкторских размеров разрабатываются схемы построения основных элементов корпуса: купола каски, ребра жесткости и козырька.

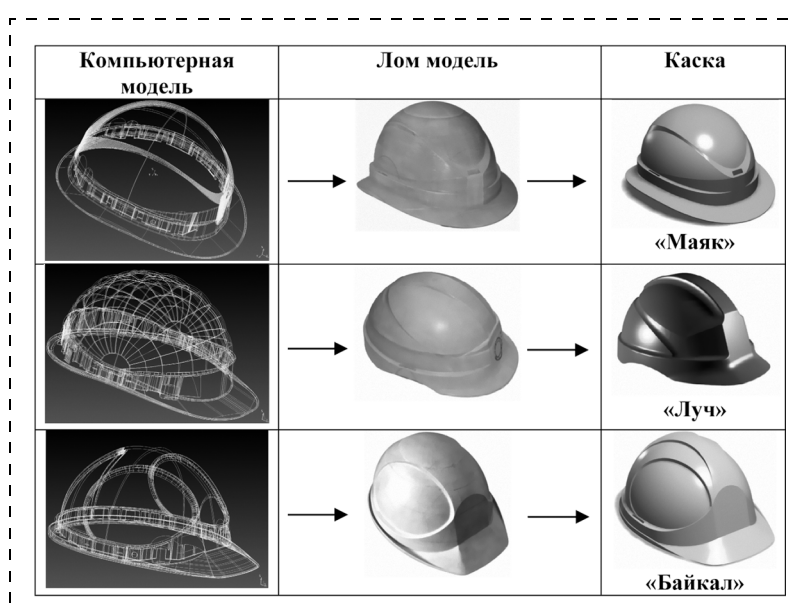


Рис. 12. От проектирования к производству



ческой модели до конкретного изделия является макетный образец, так называемая лом-модель.

Используя трехмерную модель, на станке с числовым программным управлением по заданной программе, изготавливаются образцы корпусов касок из папье-маше (бумаги) — лом-модель (рис. 12). На этих образцах производится проверка и уточнение размеров и формы касок.

После соответствующих корректировок, используя те же трехмерные модели, осуществляется про-

ектирование оборудования для изготовления касок и в дальнейшем их производство.

Использование подобной технологии разработки защитных касок позволяет существенно сократить время на проектирование и разработку касок, а также избежать многих ошибок и переделок.

В полном объеме данные исследования были использованы при разработке отечественных защитных касок нового поколения, таких как: "Байкал", "Маяк", "Луч".

УДК 331.45.008

В. Е. Родин, засл. деятель науки РФ, д-р техн. наук, проф., **Е. А. Замигулов**,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Сертификация организации работ по охране труда

Сертификация организации работ по охране труда — главный инструмент оценки соответствия организации работ по охране труда, но, к сожалению, мало кто знает о нем. Информация о сертификации, появляющаяся в периодике, не раскрывала основных целей оценки соответствия работ по охране труда. В статье рассматривается вопрос обязательности сертификации, приведен пошаговый порядок действий по подготовке к сертификации и закономерные следствия этой работы с учетом практического опыта органа по сертификации НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге.

Ключевые слова: сертификация организации работ по охране труда, порядок сертификации.

Rodin V. E., Zamigulov E. A. Certification of labour protection management

Certification of labour protection management is the key tool to assess labour protection management compliance. It's a shame that so few of us know about it. Information on certification that has been published in periodicals does not reveal the key objectives of labour protection management compliance assessment. The article deals with the issue of certification as a mandatory requirement and describes the step-by-step procedure of preparation for certification and the logical consequences of such work based on the experience of the Certification Agency at the Labour Protection SRI, Ekaterinburg.

Keywords: certification of labour protection management, certification procedure.

Сертификация организации работ по охране труда — это определение соответствия организации работ по охране труда требованиям нормативных правовых актов в области охраны труда.

Инженер по охране труда практически каждого предприятия, анализируя пункт того или иного нормативного акта в области охраны труда, в первую очередь решает: обязателен он к выполнению? Особенно это актуально в условиях кризиса, когда необходимо четко определять статьи расходов.

Проблема двустандартности и отсутствия в нормативных правовых актах точно выраженных требований, имеющих однозначное понимание, не миновала и процедуру сертификации организации работ по охране труда. Поэтому, очень часто инженер по охране труда, изучая ст. 212 Трудового кодекса Российской Федерации не может однозначно решить, обязательна сертификация или нет.

Судебная практика и позиция органов государственного контроля и надзора однозначно указывают на необходимость проведения сертификации организации работ по охране труда сразу после завершения аттестации рабочих мест по условиям труда. Следует отметить, что для качественного завершения аттестации рабочих мест следует провести анализ результатов аттестации, разработать план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда, издать приказ о завершении аттестации и ознакомить работников с картами аттестации рабочих мест по условиям труда.

После этого предприятие готово к сертификации организации работ по охране труда. Конечно, полностью соответствовать требованиям нормативных правовых актов по охране труда редко когда удастся, но это не должно служить препятствием для проведения сертификации.

В процессе сертификации независимые эксперты оценят организацию работ по охране труда и укажут на несоответствия, устранив которые предприятие получит Сертификат соответствия работ по охране труда.

До внесения изменений в Федеральный закон о техническом регулировании, сертификацию организации работ по охране труда можно было трактовать как добровольную процедуру подтверждения соответствия, хотя ст. 212 Трудового кодекса Российской Федерации всегда указывала на обязательность сертификации. После внесения изменений Федеральный закон о техническом регулировании перестал распространяться на социально-экономические, организационные и прочие меры в области охраны труда. Сертификация организации работ по охране труда как раз и есть такое организационное мероприятие.

Делая вывод из сказанного выше, определяем сертификацию организации работ по охране труда как обязательную процедуру. Чтобы реализовать требование Трудового кодекса Российской Федерации в части обязанностей работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда и не потратить деньги зря, необходимо провести перечисленные ниже мероприятия.

1. Организовать проведение аттестации рабочих мест по условиям труда в соответствии с Порядком проведения аттестации рабочих мест по условиям труда (утв. приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации № 569 от 31 августа 2007 г.) и обязательно обучить членов аттестационной комиссии предприятия в специализированной организации, адрес которой Вам подскажут в Департаменте по охране труда соответствующего субъекта Российской Федерации.

Если Вы намерены провести аттестацию рабочих мест по условиям труда с помощью сторонней организации, выбирайте такую, которая аккредитована в Системе сертификации организации работ по охране труда. Это позволит не проводить выборочные контрольные замеры и оценки условий труда при последующей сертификации организации работ по охране труда, что значительно снижает стоимость данной процедуры.

2. Выбрать Орган по сертификации организации работ по охране труда (далее Орган). При выборе такого Органа многие придают излишнее значение его территориальной близости, но расстояние не существенно увеличивает стоимость сертификации. Ключевыми критериями выбора являются: опыт проведения Органом сертификации организации работ по охране труда на предприятиях, работающих в той же отрасли, что и Ваше предприятие, а также квалификация и профессионализм экспертов данного Органа.

Стоимость сертификации в разных Органах может значительно отличаться: она зависит от человеко-дней, необходимых для сертификации, которые Орган определяет в зависимости от количества работников на Вашем предприятии, но дороже не означает качественнее. Сравните стоимость в нескольких Органах, подходящих по перечисленным выше критериям и выберете золотую середину.

3. Провести сертификацию организации работ по охране труда в соответствии с Правилами сертификации (приложение № 2 к постановлению Министерства труда и социального развития Российской Федерации № 28 от 24 апреля 2002 г.). Необходимо обязательно запросить в Органе программу сертификации, задать возникшие вопросы до приезда экспертов по сертификации и максимально подготовиться к их приезду. Это позволит рационально распределить временные и человеческие ресурсы в процессе аудита и получить полезные результаты при оценке Вашей системы управления охраной труда.

4. Убедиться, что в группу экспертов включены специалисты, имеющие опыт работы на предприятиях, относящихся к тому же виду экономической деятельности.

5. Если эксперты выявили несоответствия и Вы с ними согласны, следует устранить их. Если же Вы не согласны, то вправе подать апелляцию в Центральный орган системы сертификации.

6. На устранение некоторых несоответствий может понадобиться время и дополнительные ресурсы. Если данные несоответствия не несут угрозы жизни и здоровью работников и Вы уже начали работу по их устранению, то эксперты могут пойти Вам навстречу, но обязательно проверят именно эти несоответствия при ежегодном инспекционном контроле, и в случае если Вы не оправдаете их надежд — приостановят действие сертификата.

7. Уточнить сроки проведения ежегодного инспекционного контроля.



После завершения срока действия сертификата (не более 3-х лет), Вы вправе выбрать другой Орган по сертификации организации работ по охране труда.

Закономерным следствием грамотно проведенных аттестации рабочих мест по условиям труда и последующей сертификации организации работ по охране труда является совершенствование системы управления охраной труда на Вашем предприятии, а именно:

- определение фактических условий труда и разработка рекомендаций по их улучшению;
- благоприятный психологический климат в коллективе и как результат повышение производительности труда;
- снижение невыходов на работу в связи с несчастными случаями на производстве и профессиональными заболеваниями;
- снижение простоев и полное использование производственной базы;
- снижение потерь квалифицированного персонала и снижение затрат на его подготовку;
- снижение расходов на выплату компенсаций, штрафов, убытков и сопутствующих юридических расходов (обязательное условие для расчета скидок и надбавок к страховому тарифу в системе обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний);
- обоснование планирования и финансирования мероприятий по улучшению условий и охраны труда в организациях, в том числе за счет средств на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- снижение материального ущерба оборудованию и помещениям в результате происшествий и аварий;

- избежание конфликтов с профсоюзами, общественными организациями;
- в особых случаях необходимое условие для получения лицензии.

Система сертификации организации работ по охране труда постоянно развивается. В настоящее время пересматриваются Правила сертификации организации работ по охране труда, что повысит качество определения соответствия организации работ по охране труда требованиям нормативных правовых актов по охране труда.

Научно-исследовательский институт охраны труда в г. Екатеринбурге имеет статус сертификационного центра, т. е. аккредитован в качестве Органа в Системе сертификации организации работ по охране труда (ССОТ) (Аттестат аккредитации РОСС RU.0013.11 ОТ 460), и имеет в своем составе испытательную лабораторию для целей аттестации и сертификации, аккредитованную в той же системе (Аттестат аккредитации РОСС RU.0013.21 ОТ 684), что значительно снижает стоимость комплекса услуг.

Работы выполняются на высоком профессиональном уровне. В процессе сертификации разрабатываются и внедряются новые процедуры, применяется современный подход в области охраны труда, удовлетворяющий всем требованиям Международного стандарта OHSAS 18001. Орган по сертификации НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге укомплектован квалифицированными экспертами по сертификации организации работ по охране труда и аудиторами Систем менеджмента профессиональной безопасности и здоровья (OHSAS 18001), менеджмента качества (ISO 9001) и экологического менеджмента (ISO 14000). Пройдя сертификацию организации работ по охране труда в НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге, Ваше предприятие подготовится и в будущем пройдет сертификацию системы менеджмента профессиональной безопасности и здоровья на соответствие OHSAS 18001.

УДК 613.62.61

И. П. Бондарев¹, канд. биол. наук, А. Н. Тиньков², д-р мед. наук, проф.,
С. В. Перепелкин², д-р мед. наук, проф., С. М. Подлужный², Л. В. Зубова¹

¹ НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге

² Медицинская служба ООО "Оренбурггазпром"

E-mail: iot@etel.ru

Возрастно-стажевая динамика психофизиологических профессионально значимых качеств у операторов технологических процессов

Проанализирована динамика изменений психофизиологической профессиональной пригодности операторов технологических процессов в зависимости от возраста и стажа работы по специальности. Установлено, что изменения носят преимущественно возрастной характер и после 50 лет характеристики внимания и умственной работоспособности не соответствуют необходимому уровню, что ставит вопрос о повторном тестировании профпригодности после 50-летнего возраста.

Ключевые слова: психофизиологическая профессиональная пригодность, операторы технологических процессов, профессионально значимые качества, возрастно-стажевая динамика.

Bondarev I. P., Zubova L. V., Tinkov A. N., Perepelkin S. V., Podluzhnyi S. M. Age- and service length-specific dynamics of psychophysiological professionally important qualities in process operators

Monitoring changes of psychophysiological vocational fitness of process operators during long service in the sphere where they specialize. The changes are predominantly age-specific. After the age of 50, such parameters as attention and ability for mental work do not satisfy the professional requirements, which raises the question of repeated vocational fitness testing after the age of 50.

Keywords: psychophysiological vocational fitness, process operators, professionally important qualities, age- and service length-specific dynamics.

Профессиональная пригодность к различным видам работ, в том числе к операторскому труду, базируется, как известно, на определенном уровне развития психофизиологических профессионально значимых качеств. Обычно в литературе профессиональная пригодность рассматривается как постоянная характеристика. Однако психофизиологические качества человека в процессе трудовой деятельности не остаются стабильными. Во-первых, они подвержены естественным возрастным изме-

нениям. Так, у операторов тепловых электростанций с увеличением возраста значительно снижается скорость переработки зрительной информации [1]. В проведенных ранее исследованиях диспетчеров энергопредприятий было выявлено негативное влияние возраста на мнемонические процессы, характеристики внимания и мышления [2]. Во-вторых, уровень психофизиологических качеств может изменяться и под влиянием производственной среды. Например, было установлено снижение показателей зрительно-моторной координации при повышении уровня шума от 50 до 80 дБА [3], ухудшение показателей различных психофизиологических тестов при температуре окружающей среды 28 °С [4].

В связи с изложенным, целью описываемой работы явилось изучение возрастно-стажевой динамики профпригодности в целом и отдельных профессионально значимых качеств операторов технологических процессов для установления периодов снижения профессиональной пригодности и ее психофизиологических составляющих, а также выявление ведущих факторов, влияющих на эти изменения — возраста, либо особенностей производственной деятельности.

Объектом изучения были 162 оператора технологических установок и машиниста технологических компрессоров (далее операторы) газоперерабатывающего производства — мужчины в возрасте от 20 до 58 лет со стажем работы от 1 до 33 лет. Испытуемые были разделены на четыре возрастно-стажевые группы: 1) со стажем от 1 до 5 лет (средний возраст 25,9 лет); 2) со стажем от 6 до 17 лет (средний возраст 36,8 лет); 3) со стажем более 18 лет в возрасте до 55 лет (средний возраст 49,5 лет) и 4) работающие пенсионеры со стажем более 18 лет в возрасте 55 лет и старше.

Деятельность операторов, обслуживающих технологические установки, работающие в автоматическом режиме, заключается в постоянном наблюдении за ходом технологического процесса, информация о котором отражается на соответствующих приборах и устройствах, и сравнении текущей информации с нормативными значениями, характе-



ризующими нормальное протекание технологического процесса. В случае рассогласования текущей и нормативной информации операторы производят необходимые управляющие действия для нормализации технологического процесса. Операторы подвергаются в процессе работы комбинированному воздействию различных концентраций сероводорода, углеводородов, меркаптанов и сернистого ангидрида, в ряде случаев незначительно превышающих ПДК, а также пониженных температур в холодный период года и повышенного уровня шума, превышающего ПДУ на 4...9 дБА. В соответствии с Руководством Р 2.2.2006—2005 по напряженности трудового процесса работа этих операторов относится к классу 2, однако пять показателей, относящихся к интеллектуальным и сенсорным нагрузкам, оцениваются классом 3.1.

На основании профессиографического анализа трудовой деятельности операторов были построены и реализованы в компьютерном варианте адекватные методики для оценки уровня развития психофизиологических профессионально значимых качеств:

- эмоциональная стабильность (фактор С опросника Кэттелла);
- умственная работоспособность;
- способность к абстрактно-логическому мышлению (фактор В опросника Кэттелла);
- самоконтроль поведения (фактор "Q₃" опросника Кэттелла);
- объем и распределение внимания по разработанной методике [5];
- способность к вероятностному прогнозированию [6];
- скорость восприятия и оперативное мышление (тест "Шкалы" в общепринятом варианте);
- долговременная память на слова;
- способность к арифметическим действиям в уме (тест "Числа");
- устойчивость внимания по общепринятой методике "Корректирующая проба".

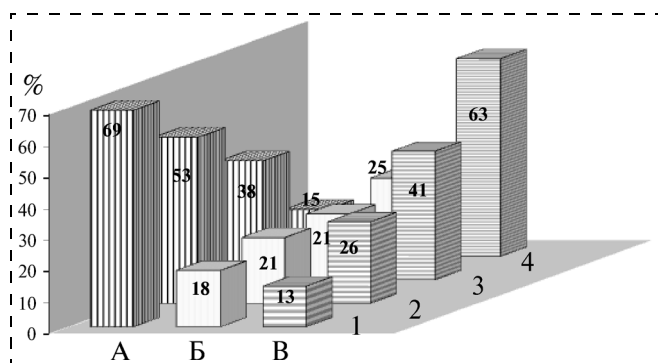


Рис. 1. Степень профессиональной пригодности операторов в различных возрастных группах:

А — пригодны; Б — условно пригодны; В — не пригодны; 1, 2, 3, 4 — возрастно-стажевые группы

Нормативные значения указанных психофизиологических качеств, на основе которых строилось решающее правило профотбора, определялись по результатам тестирования 50 операторов, выбранных экспертами (из числа их непосредственных руководителей) по критерию высокой эффективности и надежности работы. В качестве граничных служили значения 10-го и 90-го перцентилей, а для наиболее значимых с точки зрения экспертов качеств — значения 25-го и 75-го перцентилей. Решающее правило профотбора строилось на основе распределения числа показателей, выходящих за пределы граничных значений по результатам психофизиологического тестирования указанной выше группы операторов¹.

К профессионально пригодным были отнесены операторы, у которых отклонение от граничных значений было не более, чем по трем показателям, к условно пригодным — по четырем, к непригодным — по пяти и более показателям.

На рис. 1 представлены данные о степени психофизиологической профессиональной пригодности в четырех указанных выше возрастно-стажевых группах операторов. Общая закономерность такова, что с увеличением стажа работы и тесно связанного с ним возраста неуклонно снижается число операторов, соответствующих критерию психофизиологической профессиональной пригодности и соответственно этому увеличивается число операторов с низкой степенью профпригодности (непригодных) при незначительном возрастании числа "условно пригодных" операторов.

Для настоящей работы в первую очередь представляет интерес анализ тех показателей, которые выходят за пределы граничных значений решающего правила и снижают уровень профессиональной пригодности.

В таблице представлены рассчитанные показатели профессионально значимых психофизиологических качеств у операторов в различных возрастно-стажевых группах. Видно, что с увеличением возраста и стажа снижается уровень практически всех профессионально значимых психофизиологических показателей, входящих в решающее правило профотбора. Часть из них, однако, находится в пределах граничных значений (показатели эмоциональной стабильности, самоконтроля, абстрактно-логического мышления и др.), а уровень трех показателей в 3-й и 4-й возрастно-стажевой группах (объем и распределение внимания, его устойчивость и умственная работоспособность) выходит за их пределы.

¹ "Способ определения профессиональной пригодности" (патент № 2312598).

Показатели профессионально значимых психофизиологических качеств у операторов в различных возрастно-стажевых группах

Показатель	Нормативные значения	Возрастно-стажевые группы			
		1	2	3	4
1. Эмоциональная стабильность (фактор С опросника Кэттелла), баллы	>14	18,8	17,6*	15,7*	14,4**
2. Умственная работоспособность — отношение количества правильных ответов ко времени выполнения, усл. ед.	>0,75	0,99	0,95*	<u>0,76*</u>	<u>0,60*</u>
3. Способность к абстрактно-логическому мышлению (фактор В опросника Кэттелла) отношение правильно решенных задач ко времени выполнения, усл. ед.	>0,025	0,040	0,034*	<u>0,029*</u>	0,030*
4. Самоконтроль поведения (фактор Q ₃ опросника Кэттелла), баллы	>11	13,6	13,5*	13,7	11,5**
5. Объем и распределение внимания — отношение количества правильных ответов к интегральному показателю внимания, усл. ед.	>3,34	3,64	3,48*	<u>3,02*</u>	2,80**
6. Способность к вероятностному прогнозированию: — коэффициент прогнозирования, усл. ед. — число совпадений, ед.	<4 >13	3,0 24,1	3,8 25,1	5,5 <u>20,8*</u>	3,7 <u>18,5*</u>
7. Способность восприятия и оперативное мышление — отношение правильно решенных задач ко времени их решения, усл. ед.	>0,03	0,074	0,064*	<u>0,049*</u>	<u>0,050*</u>
8. Долговременная память на слова — число правильно названных слов, ед.	>2	5,9	5,0*	<u>5,0*</u>	6,0
9. Способность к арифметическим действиям в уме — отношение правильно решенных задач ко времени выполнения, усл. ед.	>0,1	0,20	0,20*	0,21	0,24
10. Устойчивость внимания — отношение количества правильно найденных чисел ко времени выполнения, усл. ед.	>0,94	1,17	1,11*	<u>0,86*</u>	0,80**

Примечание: знаком * обозначены показатели, достоверно различающиеся с 1-й группой; подчеркнутые показатели достоверно различаются со 2-й группой; знаком ** обозначены показатели, достоверно различающиеся с 3-й группой.

Возрастные изменения различных психофизиологических характеристик изучались достаточно широко. Однако в рассматриваемом возрастном диапазоне, включая работающих лиц пенсионного возраста, исследования немногочисленны. К наиболее представительным можно отнести работу А. О. Навакатикяна и В. В. Крыжановской [1], где были проанализированы показатели умственной работоспособности, в том числе сенсомоторные реакции, характеристики внимания, памяти, скорость переработки информации и мыслительные процессы у инженерно-технических работников (ИТР) в возрасте от 20 до 69 лет с 10-летним интервалом.

Особенность этих исследований относительно рассматриваемой работы заключается в том, что они были проведены на группе ИТР, производственная деятельность которых не оказывала выраженного неблагоприятного влияния на организм, но по характеру трудовых нагрузок, преимущественно интеллектуальных и сенсорных, приближалась к особенностям работы изученной группы операторов. Поэтому группа ИТР может рассматриваться в качестве контрольной (по отношению к обследованной выборке) для решения вопроса о том, какие факторы оказывают преимущественное влияние на изменения психофизиологических показателей у операторов технологических процессов — возраст или связанное со стажем воздействие производственных факторов. Здесь следует отметить, что возраст и стаж в обследуемой группе тесно связаны, поэтому "чистые" возрастные и стажевые группы (т. е. группы с одинаковым стажем и различающимся возрастом, равно как и наоборот) выделить невозможно. В связи с этим был предпри-

нят сравнительный анализ сходных показателей, характеризующих процесс внимания, у операторов и ИТР. Поскольку показатели внимания в обоих исследованиях различались, они были пронормированы и выражены в процентах по отношению к среднему уровню в четырех возрастно-стажевых группах.

На рис. 2 представлена динамика некоторых показателей объема и распределения внимания (отношение количества правильных ответов к интегральному показателю внимания) и корректурной пробы (отношение правильно найденных чисел ко времени выполнения задания) сопоставляемых

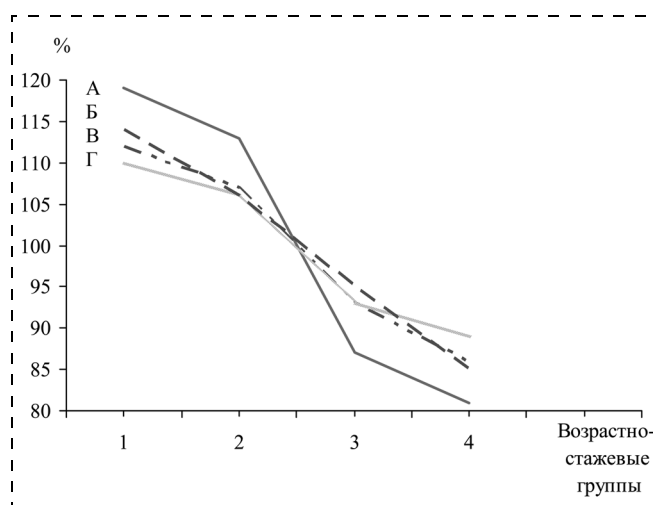


Рис. 2. Показатели корректурной пробы и объема распределения внимания в сопоставляемых возрастных группах операторов и представителей "контрольной" группы ИТР:

А, Б — показатели корректурной пробы и объема и распределения внимания у операторов; В, Г — те же показатели в "контрольной" группе ИТР



возрастных групп операторов (показатели А и Б на рисунке) и представителей "контрольной" группы ИТР (показатели В и Г). Видно, что изменение этих показателей носит практически совпадающий характер: наиболее высокий их уровень отмечается в первой возрастной группе (напомним, что у операторов этой группы средний возраст составляет 26,8 лет, а в контрольной группе — это ИТР в возрасте 20...30 лет.

В дальнейшем в группах испытуемых — операторов и ИТР — наблюдается неуклонное снижение уровня функционирования показателей внимания, но во 2-й возрастно-стажевой группе эти показатели еще превышают средний возрастной уровень, а в 3-й и 4-й — достоверно ниже среднего уровня. У операторов показатели в двух последних возрастно-стажевых группах имеют, кроме того, значения ниже критериальных с точки зрения психофизиологической профессиональной пригодности. А практически одинаковый характер изменения показателей внимания у операторов и представителей контрольной группы свидетельствует о том, что изменения в возрастно-стажевых группах операторов обусловлены прежде всего возрастом, а не влиянием производственных факторов. Об этом свидетельствует сходная динамика показателей у операторов и у представителей контрольной группы, которые не подвергались исследованиям.

Другими показателями, которые с увеличением возраста и стажа операторов выходят за пределы граничных (с точки зрения психофизиологической профессиональной пригодности) значений явились показатели умственной работоспособности.

В тесте "Умственная работоспособность" задачей испытуемого являлось составление осмысленных фраз из избыточного набора не связанных между собой слов. Успешное выполнение таких задач основывается, прежде всего, на оперативной памяти и скорости переработки информации в центральных структурах нервной системы. Понятно, что эффективность центральной переработки информации в первую очередь обеспечивается за счет функционального состояния центральной нервной системы, а в случае решения подобных задач особое значение имеет подвижность нервных процессов.

В этой связи интересно вновь обратиться к данным, полученным на группе ИТР в работе [1], где изучалась подвижность нервных процессов с помощью дифференцировочной рефлексометрии. Поскольку показатели теста "умственная работоспособность" у обследованных операторов и показатели скорости дифференцировочной рефлексометрии в "контрольной" группе различны, для сравнительного анализа они были выражены в процентах по отношению к их среднему уровню в четырех воз-

растных группах — у операторов и в "контрольной" (ИТР). При сравнении характера изменений показателей у операторов и ИТР обращает на себя внимание их сходство: так, в 1-й группе показатели у операторов превышали средний уровень на 20 %, в "контрольной" — на 17 %, в 3-й группе — ниже среднего уровня на 28 и 24 %. Вероятно именно возрастные изменения процесса старения организма и нервной системы, приводящие к снижению уровня ее функционирования и подвижности нервных процессов, ухудшают скорость центральной переработки информации, что сказывается как на показателях теста "умственная работоспособность" у операторов, так и на характеристиках дифференцировочной рефлексометрии в "контрольной" группе ИТР вследствие единого механизма, лежащего в основе реализации этих методик.

Другие показатели, на основании которых формируется психофизиологическая профессиональная пригодность операторов, также претерпевают неблагоприятные изменения с увеличением возраста и стажа, однако эти изменения остаются в пределах, граничных в аспекте профпригодности значений.

Таким образом, психофизиологическая профессиональная пригодность у операторов-технологов не остается в процессе трудовой деятельности постоянной. С увеличением возраста и стажа работы происходит ее снижение, отчетливо выраженное уже после 40-летнего возраста, причем, наиболее выражено ухудшение процессов внимания и центральной переработки информации в зрительном анализаторе. Ведущее значение в этих изменениях имеет возраст по сравнению с влиянием трудовых нагрузок. В связи с изложенным может быть поставлен вопрос о необходимости повторного психофизиологического тестирования профессионально значимых качеств у операторов после 40-летнего возраста, а после 50-летнего возраста переосвидетельствование профпригодности с учетом производственных показателей.

Список литературы

1. Навакатикиан А. О., Крышановский В. В. Возрастная трудоспособность лиц умственного труда. — Киев, "Здоров'я", 1979.
2. Бондарев И. П. Физиолого-психологические основы формирования и прогнозирования профессиональной пригодности к оперативным работам: дис. ... канд. биол. наук. — Ашхабад: НИИ Физиологии АН Туркменской ССР, 1981.
3. Simpson G. C., Cox T., Rothschild D. R. / The effects of noise stress on blood glucose level and skilled performance // *Ergonomics*. — 1974. — 17. — № 4.
4. Mortagy A. K., Ramsey J. D. / Monitoring performance as a function of work / rest schedule and thermal stress // *Am. ind. Hyg. Assoc. J.* — 1973. — № 1.
5. Бондарев И. П., Вылегжанин О. И., Чичерин Д. С., Софьян А. М. Новая методика оценки свойств внимания // *Вопр. Психологии*. — 2000. — № 5. — С. 127—131.
6. Вайсман А. И. Гигиена труда водителей автомобилей. — М.: Медицина, 1988.

УДК 658.311.44

И. П. Бондарев, канд. биол. наук, **О. И. Вылегжанин**, **Л. В. Зубова**,
НИИ охраны труда в г. Еквтеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Многофункциональная компьютерная система для психофизиологического подбора на массовые профессии типа "человек-техника"

Психофизиологический отбор на массовые профессии типа "человек-техника". По экспертным оценкам определяется набор и значимость профессиональных качеств для каждой специальности, а пригодность оценивается по степени близости показателей компьютерного тестирования кандидата с психофизиологическим "эталонном" для каждой профессии.

Ключевые слова: профотбор, экспертные оценки, психофизиологический профессиональный "эталон", массовые профессии типа "человек-техника".

Bondarev I. P., Vylegzhanin O. I., Zubova L. V. Multifunctional computer system designed for psychophysiological selection of candidates for "human-machine interaction" type mass jobs

Psychophysiological selection of candidates for "human-machine interaction" type mass jobs. Expert appraisal helps determine the set of professional qualities for each specialization, while the fitness assessment is based on how close the computer testing data are to the psychophysiological "benchmark" for each job.

Keywords: vocational selection, expert appraisal, psychophysiological vocational benchmark, "human-machine interaction" type mass jobs.

К. М. Гуревич [1] в свое время предложил классифицировать профессии на две группы по отношению к профессиональной пригодности: 1) профессии, требующие "абсолютной" профессиональной пригодности; 2) профессии, где допустима относительная пригодность. Соответственно этому возникает вопрос относительно выбора правильных подходов к разработке критериев профотбора для разных групп профессий.

Традиционный подход к разработке психофизиологических критериев профотбора для профессий первой группы основан на нахождении так называемых предикторов-показателей, "предсказывающих" профессиональную успешность. Например, у водителей во многих исследованиях эту роль играют показатели внимания, для работников в сфере обслуживания — характеристики экстравертиро-

ванности и др. При этом первоначально на основе профессиографического анализа трудовой деятельности определяется круг психофизиологических качеств, обеспечивающих профессиональную успешность в данной специальности, а после тестирования специалистов их психофизиологические показатели сравниваются с критериями профессиональной успешности и определяются предикторы. В их число входят только те показатели, которые статистически значимо коррелируют с показателями профессиональной успешности, т. е. характеризуются критериальной валидностью.

Этот подход имеет определенные недостатки. Во-первых, традиционный способ требует больших "затрат", связанных с проведением профессиографических исследований, подбором репрезентативной выборки и проведением тестирования, хотя первоначальная батарея тестов, сформированная на основе профессиограммы, всегда избыточна и значительно превосходит число предикторов: так, по результатам наших исследований, у электромонтеров, например, это соотношение составило 22 и 8, а у диспетчеров 29 и 9 [2]. Во-вторых, как показывают результаты исследований и данные литературы, для массовых профессий число предикторов сравнительно невелико, а их характер зачастую одинаков для многих специальностей, входящих в какую-либо одну профессиональную группу, например, по классификации Е. А. Климова ("человек-техника", "человек-человек" и т. д.). В-третьих, как было доказано в работах Е. А. Климова, в большинстве случаев овладение профессиями второго типа, не требующими "абсолютной" профпригодности, происходит успешно у лиц, обладающих самыми разными качествами, на основе выработки индивидуального стиля деятельности, поэтому для отбора на эти специальности пригодность обеспечивается, видимо, уже в том случае, если профессионально значимые качества развиты не ниже определенного уровня.

Изложенное выше позволяет считать, что подход к разработке критериев психофизиологического отбора на профессии второй группы должен быть другим. По своей сути это должен быть метод, позволяющий для каждого кандидата выбрать опти-



мальную модель прогнозирования, определяемую соотношением его существенных психофизиологических характеристик и требований профессиональной деятельности. Такой подход по своему смыслу является психофизиологическим профессиональным подбором, когда кандидат по результатам одного тестирования получает информацию о целом ряде профессий, которым он соответствует или не соответствует. Подобная методология была применена в работе [3] применительно к различным видам трудовой деятельности в экстремальных условиях. Однако в рамках какого-либо вида труда существует множество профессий и специальностей, требующих более дифференцированного подхода к прогнозированию профессиональной пригодности.

Методический прием, лежащий в основе разработанной системы, заключается в определении известными математическими методами степени близости психофизиологических характеристик кандидатов психофизиологическим "эталонам" различных специальностей типа "человек-техника", разрабатываемых на основе экспертных оценок. С этой целью было необходимо решить несколько задач.

Первая задача заключается в выборе предикторов — психофизиологических показателей, связанных с успешностью выполнения работы в различных профессиях типа "человек-техника". Этот выбор осуществлялся на основе анализа критериев профотбора для профессий типа "человек-техника", разработанных ранее в институте, и данных литературы.

Анализ разработанных критериев для таких профессий в различных отраслях промышленности (токари, штамповщики, слесари-сборщики, водители, электромонтеры, машинисты котлов, турбин и блоков, водители троллейбусов и автотранспорта, диспетчеры, операторы и наладчики поточных автоматизированных линий, монтажники электронной аппаратуры, контролеры электронных изделий, операторы прокатных станков и машинисты кранов) показал, что в большинстве случаев в число критериев входят различные характеристики внимания, подвижности и уравновешенности нервных процессов, показатели памяти, конструктивного, оперативного и логического мышления, восприятия пространственно-временных отношений, а для профессий с повышенной ответственностью и опасностью — эмоциональная стабильность, решительность, самоконтроль, низкий уровень фрустрированности и отношение к риску.

Как показывают исследования и данные литературы, безопасное поведение не связано с низким восприятием риска. Результаты анализа подтверждаются данными литературы относительно того, что многие тесты характеризуются валидностью не

для какой-либо одной профессии, а для многих специальностей. Так, в работе [4] приводятся сведения о валидности тестов технических способностей для водителей, рабочих, занятых в производстве электромеханических деталей и узлов, и других работников ручного труда. Таким же свойством обладают, например, тесты интеллекта.

Таким образом был определен набор психофизиологических методик для профотбора на специальности типа "человек-техника". Этот набор включает методики для исследования кратковременной и оперативной памяти, скорости дифференцировочной реакции, свойств внимания, оперативного, абстрактно-логического и конструктивного мышления, восприятия информации, глазомера, точности реакции на движущийся объект (РДО), склонности к риску и различных свойств личности — эмоциональной стабильности (фактор С), самоконтроля (фактор Q₃), морального контроля поведения (фактор G), решительности (фактор H) и уровня рабочего напряжения по Кэттеллу (фактор Q₄). Эти методики были созданы в компьютерном варианте. Специально проведенные исследования показали, что компьютерные варианты методик обладают характеристиками надежности и содержательной валидности.

Вторая задача — выбор наиболее информативных показателей методик. С этой целью был проведен интеркорреляционный анализ 46 первоначальных показателей всех методик. Оказалось, что многие показатели достаточно тесно связаны между собой. Например, в табл. 1 приведены коэффициенты корреляции между показателями указанных выше факторов опросника Кэттелла (знаком * отмечены коэффициенты, значимые с вероятностью $P \leq 0,05$).

Видно, что всю группу факторов могут достаточно хорошо характеризовать факторы С и G, так как первый из них коррелирует с факторами H, Q₃ и Q₄, а второй только с факторами Q₃ и Q₄. Высокая степень связи обнаружилась также между показателями кратковременной и долговременной памяти, корректурной пробы и др.

Особую группу составляют методики, где была обнаружена отрицательная связь между показате-

Таблица 1
Корреляционная матрица факторов опросника Кэттелла

	С	H	G	Q ₃	Q ₄
С	1,00	0,55*	0,21	0,52*	-0,54*
H	0,55*	1,00	0,14	0,40*	-0,54*
G	0,21	0,14	1,00	0,34*	-0,33*
Q ₃	0,52*	0,40*	0,34*	1,00	-0,53*
Q ₄	0,54*	-0,54*	-0,33*	-0,53*	1,00

лями скорости и точности выполнения, как, например, в тесте "шифровка символов". Каждый из этих показателей зависит от мотивации испытуемого. Несмотря на инструкцию ("Вы должны быстро и точно"), в большинстве случаев испытуемый самостоятельно принимает какую-либо одну внутреннюю установку — работать более медленно, но точно, либо быстро, но в ущерб точности. Для таких методик эти два показателя были заменены одним, комплексным, определяемым отношением правильных ответов ко времени выполнения теста. Интересно, что лица, работающие более надежно с точки зрения безопасности, при выполнении таких тестов выбирают компромисс между скоростью и точностью.

Третья задача заключалась в определении нормативов психофизиологических показателей, с которыми сопоставляются характеристики кандидата, полученные при тестировании для оценки его профессиональной пригодности. Эти нормы были установлены по результатам тестирования 120...150 представителей различных профессий типа "человек-техника". Границы нормативных значений определялись методом процентильного шкалирования. В качестве "эталонных" значений психофизиологических качеств принимались показатели 25-го и 75-го процентилей в зависимости от того, большее или меньшее значение показателя соответствует высокому уровню развития качества (табл. 2). В ряде

случаев, например при оценке РДО, эталонным значением являлась величина 25-го процентиля модуля отклонений от нуля.

Важным этапом при решении любой задачи профотбора является определение профессионально значимых качеств, необходимых для достижения высокого профессионального уровня для каждой специальности. Обычно с этой целью применяется профессиографический анализ трудовой деятельности. Однако как было сказано выше, он не дает точного представления о составе таких качеств, перечень которых почти всегда является избыточным, что приводит к неоправданному усложнению экспериментальных исследований по разработке критериев профотбора.

В разработанной системе эта задача решается методом экспертных оценок. Для экспертов был разработан специальный опросник, содержащий краткие формулировки профессиональных качеств, которым соответствуют применяемые в разработанной системе психофизиологические методики. Например, тесту "Шкалы" соответствует вопрос: "Необходимо ли в данной профессии быстро воспринимать и понимать показания приборов, шкал и других индикаторов?".

Первоначально группа экспертов, хорошо знающих профессию, ранжирует весь перечень 14 профессионально значимых качеств по степени их

Таблица 2

Психофизиологические показатели и факторы теста Кэттелла, выбранные для построения решающих правил (выделены нормативные значения показателей)

№ пп	Показатели методик	Процентили				
		5	25	50	75	95
1	Кратковременная память — количество правильно запомненных слов, ед.	2	4	5	6	8
2	Дифференцировочная реакция — количество правильных ответов ко времени выполнения задания, усл. ед.	0,021	0,031	0,037	0,044	0,054
3	Устойчивость внимания — количество правильных ответов ко времени выполнения задания	0,79	1,02	1,12	1,23	1,50
4	Объем и распределение внимания: — количество правильно найденных символов ко времени выполнения задания, усл. ед. — показатель распределения внимания, усл. ед.	1,8 0,00 0,24	2,3 0,40 0,37	3,1 0,70 0,55	3,8 0,80 0,65	5,5 1,50 0,85
5	Склонность к риску, ед.	0,20	0,26	0,30	0,36	0,44
6	Оперативная память — количество правильно определенных символов ко времени выполнения задания, усл. ед.	0,20	0,26	0,30	0,36	0,44
7	РДО: — средняя величина модуля отклонения, мс — среднее квадратическое отклонение, мс	0,0 0,0	20,0 10,0	30,0 20,0	50,0 40,0	80,0 70,0
8	Глазомер: — средняя величина модуля отклонения, усл. ед. — среднее квадратическое отклонение, усл. ед.	0,0 0,46	0,1 0,70	0,2 0,94	0,5 1,16	1,0 1,58
9	Восприятие информации — количество правильно решенных задач ко времени выполнения задания, усл. ед.	0,010	0,030	0,045	0,075	0,110
10	Оперативное мышление — количество правильно решенных задач ко времени выполнения задания, усл. ед.	0,60	1,00	1,25	1,45	2,40
11	Логическое мышление — количество правильно решенных задач ко времени выполнения задания, усл. ед.	0,0	0,03	0,04	0,06	0,16
12	Конструктивное мышление — количество правильно решенных задач ко времени выполнения задания, усл. ед.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04
13	Эмоциональная стабильность (опросник Кэттелла), баллы	4	7	11	18	21
14	Моральный контроль поведения (опросник Кэттелла), баллы	1	3	11	15	18



важности для успешного выполнения данной работы. Их оценки проверяются на согласованность с помощью коэффициента конкордации, и по оценкам согласованной группы вычисляется средний ранг каждого качества. Если группа экспертов имеет не согласованные мнения, то эксперты разбиваются на группы, которые опять проверяются на согласованность.

Таким образом, для каждой специальности разрабатывается определенный профессиональный "портрет", который в сочетании с "необходимым" уровнем развития психофизиологических качеств создает своеобразный психофизиологический "эталон" данной специальности. Например, в табл. 3 приведены результаты ранжирования согласованной группы экспертов степени важности профессионально значимых качеств, составляющих профессиональный портрет операторов технологических установок газоперерабатывающего производства. Профессиональная пригодность, таким образом, может определяться на основе сравнения индивидуальных характеристик кандидата, полученных при тестировании, с этим "эталонном".

Заключительным этапом разработки системы явилась разработка решающего правила, позволяющего прогнозировать степень профпригодности кандидата. *Решающее правило* позволяет оценить степень близости психофизиологического образа испытуемого к эталону специальности и, в конечном

счете, определить пригодность испытуемого к данной специальности. Значимость же качеств для успешного овладения той или иной профессией определяется экспертами уже при ранжировании качеств путем определения весовых коэффициентов.

Предложен следующий способ определения весовых коэффициентов каждого из качеств. Эксперту из согласованной по мнениям группы предъявляется случайный перебор качеств, наиболее важных по усредненным экспертным оценкам. Эксперты оценивают качества по значимости в баллах от 1 до 3, где 3 — высшая оценка. В инструкции эксперту указывается, что следует руководствоваться следующим положением: 3 — качество абсолютно необходимое, 2 — качество важное, 1 — качество должно иметь достаточный уровень развития. Экспертам из однородной группы каждое качество из наиболее значимых предъявляется в случайном порядке несколько раз. Затем балльные оценки усредняются по предъявлениям каждому эксперту и по всем экспертам, т. е. вес качества P_k равен:

$$P_k = 1/m \sum_{j=1}^m 1/l \sum_{r=1}^l L_{kjr}, \quad (1)$$

где L_k — оценка качества; l — число предъявлений качества (принято $l = 3$); m — число экспертов; k — номер качества; j, r — индексы суммирования.

Такой способ определения весовых коэффициентов имеет следующие преимущества: позволяет скорректировать неточности оценки важности качеств, допущенные при ранжировании вследствие неуверенности эксперта; подтвердить объективность своего мнения при случайном предъявлении качеств; получить более точные значения весовых коэффициентов за счет двойного усреднения; устранить недостаток принятой методики ранжирования, не позволяющей присваивать качествам одинаковые ранги. С учетом весовых коэффициентов и нормирования показателей методик решающее правило принимает вид:

$$D = \sqrt{1/n \sum_{k=1}^n [P_k(x_{kэ} - x_{ki})/\Delta]^2} \leq 1, \quad (2)$$

где D — степень близости психофизиологического образа испытуемого к эталону специальности; Δ — размах значения показателя; $x_{kэ}$ — нормативное значение показателя (эталон); x_{ki} — измеренное значение показателя; n — число показателей.

Принято, что для $k < 7$ P_k определяется по формуле (1), если $7 < k \leq 10$, $P_k = 1$, при $k > 10$, $P_k = 0$.

Следовательно, решение о профпригодности принимается на основе 10 наиболее значимых качеств. Принято, если большее значение показателя характеризует лучшую выраженность качества, на-

Таблица 3

Ранжирование по степени важности профессионально важных качеств операторов

№ пп	Профессионально важные качества	Ранги
1	Точно запоминать что-либо на короткое время	0,026
2	Длительное время наблюдать за чем-либо, не ослабляя внимания	0,028
3	Быстро воспринимать и понимать показания приборов	0,089
4	Быть уравновешенным, чтобы действовать своевременно (не торопясь и не запаздывая)	0,112
5	Уметь выявлять закономерности для правильного решения задач	0,116
6	Одновременно выполнять несколько операций или удерживать в центре внимания сразу несколько объектов	0,093
7	Выбирать из большого объема информации только необходимую для установления логических связей	0,127
8	Запоминать что-либо на долгое время	0,038
9	Сохранять спокойствие и контролировать свое поведение при возникновении нестандартных ситуаций	0,146
10	Постоянно контролировать свои действия и поведение в соответствии с нормами, требованиями и правилами	0,104
11	Быстро производить в уме простые вычисления	0,029
12	Прогнозировать развитие событий, имея нечеткую или недостаточную информацию	0,092

пример, память, и оказывается $x_{ki} > x_{kэ}$, то $x_{kэ} - x_{ki} = 0$. Это делается для того, чтобы очень высокие показатели каких-нибудь качеств не компенсировали низкие значения других.

Структурная схема компьютерной системы, в которой реализованы изложенные выше принципы, приведена на рисунке. Система состоит из двух блоков, первый из которых автоматизирует этап разработки решающего правила, второй, работающий по жесткой схеме, проводит психофизиологическое тестирование кандидата и дает заключение о его профпригодности с использованием разработанных первым блоком решающих правил. Хотя блоки функционально разделены, они имеют внутреннюю программную связь. Работа на обоих этапах проводится в диалоговом режиме, имеются все необходимые средства, обеспечивающие "дружеский" интерфейс с пользователем. При запуске программы на экране монитора появляется меню, позволяющее обратиться к первому или второму блоку.

На стадии разработки решающего правила вначале проводится опрос экспертов и ранжирование психофизиологических качеств работников заданной специальности, затем выделяются группы экспертов с согласованным мнением и определяются весовые коэффициенты для профессионально значимых психофизиологических качеств путем опроса экспертов выбранной однородной группы. Далее формируется батарея тестов для обследования контингента работающих на заданную специальность и формируется решающее правило для диагностического заключения о профпригодности к данной специальности (при этом постоянно пополняется банк решающих правил для различных профессий).

На основании весовых коэффициентов и координат психофизиологического "эталона" специальности ("эталонные" значения психофизиологических показателей), формируется решающее правило на конкретную специальность. В нем неизвестны только координаты вектора психофизиологического образа испытуемого, которые находят путем обследования на компьютерной программе второго этапа. При необходимости полученное решающее правило на конкретную профессию может быть передано в банк решающих правил для даль-

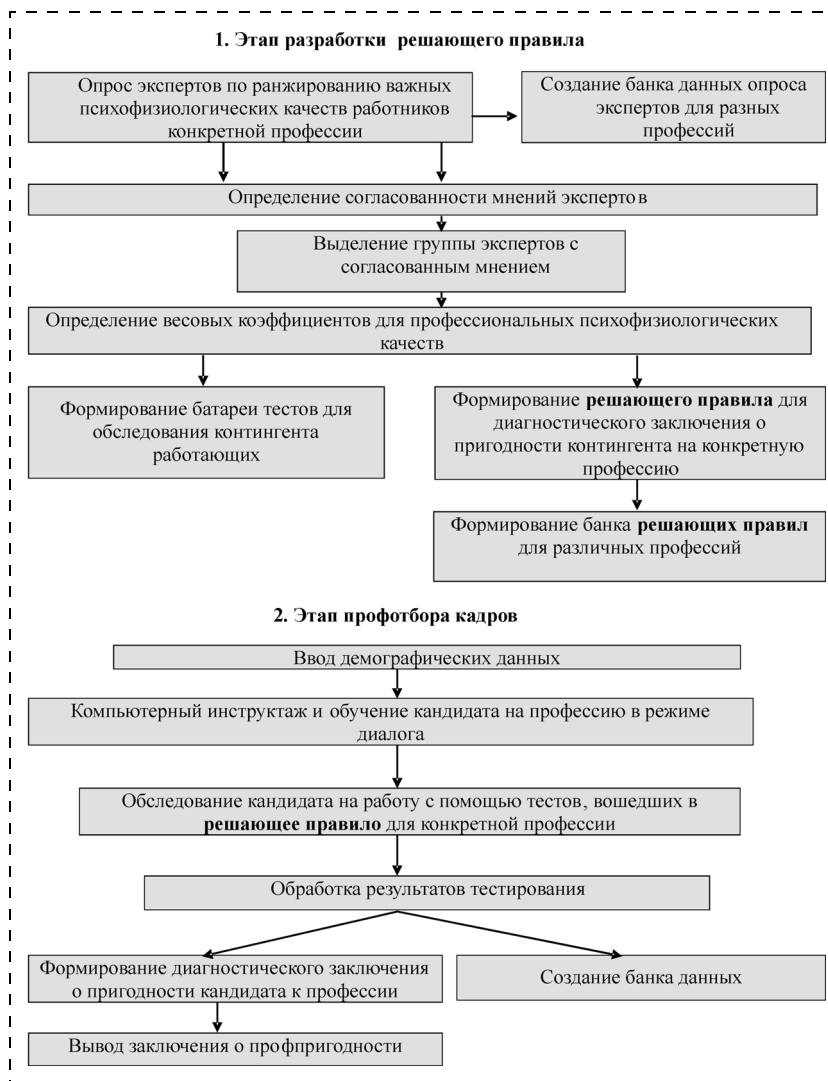


Схема компьютерной автоматизированной системы профотбора

нейшего использования. Его пополнение расширяет круг профессий с уже разработанными решающими правилами, что существенно сокращает стоимость и сроки процедуры профотбора.

Список литературы

1. Гуревич К. М. Профессиональная пригодность и основные свойства нервной системы. — М.: Наука, 1970. — 272 с.
2. Матюхин В. В., Порошенко А. С., Ямпольская Е. Г., Юшкова О. И., Елизарова В. В. Профессиональный отбор лиц в профессии с экстремальными условиями труда // Материалы 10-й Всероссийской конференции по физиологии труда с международным участием. — М.: 2001. — С. 91–92.
3. Мучинский П. Психология, профессия, карьера. — СПб, Изд-во "Питер", 2004. — 125 с.
4. Бондарев И. П., Вылегжанин О. И., Чичерин Д. С., Софьян А. М. Новая методика оценки свойств внимания // Вопросы психологии, 2000. — № 5. — С. 127–131.
5. Практикум по психодиагностике. Психодиагностика мотивации и саморегуляции. — М.: изд-во Московского университета, 1990. — С. 129–136.



УДК 613.62.61

И. П. Бондарев, канд. биол. наук, **О. И. Вылегжанин**, **Л. В. Зубова**,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Компьютерная система для психофизиологического тестирования профессионально значимых качеств водителей автотранспорта

Рассмотрены вопросы определения степени психофизиологического соответствия "эталонным" характеристикам профессионально пригодных водителей и даны рекомендации по методам и приемам вождения, позволяющим компенсировать недостаточное развитие профессионально значимых качеств в случае их несоответствия критериальным нормативам.

Ключевые слова: профессионально значимые качества, водители автотранспорта, тестирование, рекомендательное заключение.

Bondarev I. P., Vylegzhanin O. I., Zubova L. V. *Computer systems for psychophysiological testing of professionally important qualities in vehicle drivers*

The testing determines the psychophysiological conformity degree of drivers who qualify for the profession to the "benchmark" characteristics and automatically provides a recommendation-type opinion on the driving methods and techniques to compensate for inadequate development of professionally important qualities in case of their inconsistency with the standard criteria.

Keywords: professionally important qualities, vehicle drivers, testing, recommendation-type opinion.

Автомобильный транспорт развивается за последние годы быстрыми темпами. Постоянно увеличиваются скорость перевозок, грузоподъемность автомобилей, интенсивность дорожного движения. Однако наряду с этим более отчетливо проявляются и некоторые отрицательные тенденции автомобилизации, наиболее важной из которых является значительное число дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

На ДТП влияет множество факторов — состояние дорог, освещенность, техническое состояние автомобилей и множество других. Среди них, однако, важнейшее место занимает так называемый человеческий фактор. По различным данным в России водителей считают ответственными в 40...70 % во всех случаях ДТП, в Польше — в 70...75 %, в Германии — в 82 %, а некоторые авторы, изучающие

эту проблему, полагают, что в любом ДТП прежде всего виновен сам водитель. При этом значительное влияние на безопасность дорожного движения оказывает психофизиологическая пригодность водителей.

Известно, что профессия водителя предъявляет высокие требования к различным качествам человека: памяти, вниманию, координации движений, скорости и точности зрительно-двигательных реакций и др. Этим требованиям соответствуют не все водители. Поэтому психофизиологический отбор водителей, чьи индивидуальные качества соответствуют профессиональным требованиям, может существенно снизить число ДТП.

Однако при всей эффективности профотбора он не получил широкого развития по причине отсутствия серийно выпускаемой аппаратуры для оснащения кабинетов профотбора. Решение этого вопроса возможно при создании компьютерной технологии, позволяющей внедрить профотбор водителей практически в любых масштабах.

Первым этапом разработки такой системы явилась реализация на компьютере психологических методик, заключающаяся в том, что стимульная информация предъявляется на дисплее, а ответные действия производятся с помощью клавиатуры компьютера. На основании обзора данных литературы и многолетнего опыта работ в области психофизиологического отбора были определены профессионально значимые качества водителей и реализованы на компьютере методики их исследования: определение объема кратковременной памяти, скорости дифференцировочной зрительно-моторной реакции, устойчивости, объема и распределения внимания, линейного глазомера, склонности к риску, оперативной памяти, точности реакции на движущийся объект, оперативного мышления, а также эмоциональной стабильности, самоконтроля, нормативности поведения и фрустрационной тревожности по Кэттеллу.

На *втором этапе* были разработаны методические подходы к определению критериев и решающего правила профотбора, что в связи со специфической работой водителей представляет собой особую

Таблица 1

Корреляционная матрица факторов теста Кэттелла

Факторы	С	G	H	Q ₃	Q ₄
Эмоциональная устойчивость (С)	1,00	0,52*	0,75*	0,16	-0,73*
Моральный контроль поведения (G)	0,52*	1,00	0,31	0,49*	-0,62*
Решительность (H)	0,75*	0,31	1,00	0,33	-0,67*
Самоконтроль (Q ₃)	0,16	0,49*	0,33	1,00	-0,44
Фрустрационная тревожность (Q ₄)	-0,73	-0,62*	-0,67*	-0,44	1,00

задачу. Обычно построение критериев профотбора производится на основе определения различий в показателях между представителями данной профессии, имеющими различные уровни профессиональной успешности: группа А — водители, работающие эффективно и безопасно, группа Б — водители с альтернативными характеристиками. Но на практике это условие выполняется не всегда, так как группа Б часто бывает малочисленной. Это объясняется тем, что объективно всегда больше "хороших" специалистов, поскольку руководители предприятий стараются не принимать на работу водителей с низкой производственной успешностью или допускавших нарушения и ДТП. Таким образом, возникает потребность в разработке критериев профотбора при наличии только группы А — лиц с высоким уровнем профессионального мастерства.

Решение этой проблемы, во-первых, заключалось в выборе наиболее информативных показателей методик. Этот выбор осуществлялся на основе анализа корреляционной матрицы, в результате

которого исключаются показатели с высокой степенью корреляции. Например, в табл. 1 приведена корреляционная матрица факторов теста Кэттелла для водителей автобусов. Видно, что фактор Q₄ значимо коррелирует с факторами С, G и H, в связи с чем результаты по этому фактору не были включены в решающее правило профотбора.

Во-вторых, была определена сравнительная степень значимости профессионально важных качеств, необходимых для достижения высокого профессионального уровня в данной специальности. В разработанной системе эта задача решалась методом экспертных оценок. Для экспертов был разработан специальный опросник, содержащий краткие формулировки 10 профессиональных качеств, которым соответствуют применяемые в разработанной системе психофизиологические методики. Первоначально группа экспертов, хорошо знающих профессию, ранжировала весь перечень профессионально значимых качеств по степени их важности для успешного выполнения работы водителя (их оценки автоматически проверяются в разработанной системе на согласованность с помощью коэффициента конкордации, после чего выделяется согласованная группа экспертов и вычисляется средний ранг каждого качества). Далее определяется группа наиболее важных качеств, средние ранги которых имеют более высокие оценки по сравнению с остальными. Результаты представлены в табл. 2.

Затем были определены нормативы психофизиологических показателей, с которыми сопоставляются характеристики кандидата, полученные при тестировании для оценки его профессиональной пригодности. Границы нормативных значений оп-

Таблица 2

Средние экспертные оценки (средние ранги) профессионально значимых качеств для различных видов перевозок

№ пп	Формулировка качества	Грузовой автотранспорт	Легковой автотранспорт	Автобусы
1	Запоминать важную для работы информацию	6,6	8,4	4,2
2	Точно и быстро реагировать на внезапно возникающие сигналы	3,3	1,8	2,8
3	Длительное время поддерживать уровень внимания	7,2	8,2	9,0
4	Быстро приобретать навыки для выполнения новых задач	9,8	8,8	12,8
5	Одновременно выполнять несколько операций или удерживать в центре внимания сразу несколько объектов	10,8	2,8	3,6
6	Быстро воспринимать и понимать показания приборов, шкал и других индикаторов	6,1	5,0	6,8
7	Выполнять опасную работу, придерживаясь разумной степени риска	7,7	9,4	9,8
8	Точно останавливать движущийся объект в заданном месте	10,7	9,8	10,0
9	Оценивать и сравнивать на глаз величины, размеры, расстояния	9,4	8,4	7,6
10	Сохранять спокойствие и контролировать свое поведение при возникновении нестандартных ситуаций	4,2	3,6	4,2
11	Постоянно контролировать свои действия и поведение в соответствии с нормами, требованиями, правилами	4,2	8,2	6,4
12	Иметь хорошее логическое мышление, выявлять закономерности в имеющейся информации	7,8	12,2	10,2
13	Иметь хорошее пространственное воображение, мысленно представлять части и соотношения предметов, деталей, фигур и т. д.	11,0	13,0	11,8
14	Принимать правильные решения в ограниченное время на основе имеющейся информации	6,3	5,4	5,8



ределяются методом процентильного шкалирования. В качестве "эталонов" психофизиологических качеств были приняты значения 10-го и 90-го процентилей в зависимости от того, большее или меньшее значение показателя соответствует высокому уровню развития качества. Границы нормативных значений, найденные по всему массиву лиц, являются усредненными оценками, достаточно устойчивыми, и исключают случайную составляющую рассматриваемого массива данных. Для выделенной группы наиболее важных качеств, необходимых для достижения высокого профессионального уровня в данной специальности, принимаются более "жесткие" процентильные значения, вместо 90-го перцентиля задаются значения 75-го (соответственно вместо значения 10-го перцентиля — значения 25-го). Это задает более высокие требования к психофизиологическим качествам, имеющим наибольшую значимость.

Заключительным этапом явилась разработка решающего правила, позволяющего прогнозировать степень профпригодности кандидата¹. С этой целью представительная выборка водителей группы А была обследована по выбранным информативным психофизиологическим показателям. По результатам был построен дискретный закон распределения числа показателей, выходящих за граничные значения. Другими словами, несмотря на то, что все представители выборки относятся к группе А, у части лиц некоторые показатели могут оказаться вне допустимых границ. Причинами этого может быть пониженное значение (ниже нормы) некоторых психофизиологических показателей вследствие индивидуальных различий.

Для каждого испытуемого определяется количество показателей, значения которых лежат вне значений нормы. Затем подсчитывается число испытуемых, не получивших отрицательных (т. е. лежащих вне граничных значений) результатов обследования, далее — получивших отрицательный результат по одному показателю, по двум показателям и т. д., а также относительные значения этих величин.

На основе полученных таким образом данных строится закон распределения количества показателей, выходящих за пределы нормы (X), с помощью которого определяется значение вероятности (P) принадлежности кандидата к группе профессионально пригодных водителей.

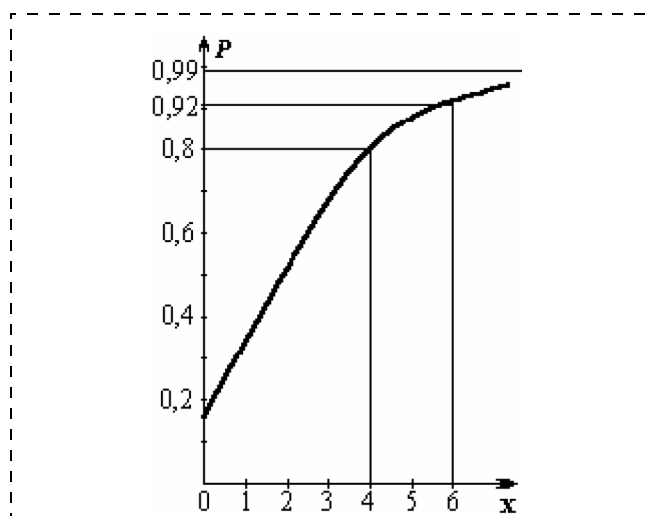
Границы X и P являются подвижными, их значения зависят от требований, предъявляемых к профотбору. Если стоимость ошибки допустить непригодного водителя к работе велика, то значения X

можно уменьшить и тем самым увеличить надежность отбора. Оптимальным является вариант, при котором границу деления на пригодных и непригодных определяют, когда X соответствует вероятности 0,8...0,9. Величина X может служить рейтингом развития профессионально значимых качеств. Наиболее высокий рейтинг $X = 0$.

Результаты проведенного тестирования водителей и опроса экспертов показали, что, несмотря на общность профессионально значимых качеств для всех трех видов перевозок, между ними имеются определенные различия, в связи с чем решающие правила были разработаны отдельно для водителей автобусов, легкового и грузового автотранспорта.

Разработанный математический метод построения решающего правила был апробирован на выборке водителей автобусов Екатеринбургского автопредприятия. Исследовались профессионально важные качества 54 водителей с высоким профессиональным уровнем по 23 показателям 10 психофизиологических методик, реализованных на персональном компьютере.

В соответствии с вышеизложенным были найдены границы по каждому показателю и построен закон распределения. На рисунке приведена кривая, аппроксимирующая дискретный закон распределения количества показателей, выходящих за пределы допустимых значений (X) нормы. Например, вероятность того, что испытуемый, проходящий обследование, получит результаты, лежащие в пределах найденных границ всех показателей, меньше 0,2, а для испытуемого, результаты которого вышли за пределы нормы по четырем показателям, такая вероятность P составит 0,8. Поскольку допустимые границы нормы были установлены на выборке водителей, работающих эффективно и безопасно, то



Закон распределения количества показателей, выходящих за пределы допустимых значений нормы

¹ "Способ определения профессиональной пригодности" (патент № 2268649).

вероятность отнесения кандидата к этой группе составит 0,92 в случае, если у него шесть показателей тестирования выйдут за пределы нормы. Это и следует считать верхней границей, определяющей профессиональную пригодность. Но можно ужесточить отбор, выбрав в качестве порога четыре показателя, выходящих за пределы нормы. Тогда вероятность попадания в группу профпригодных уменьшится и составит 0,8. Таким образом были выделены критерии трех групп, характеризующих степень профессиональной пригодности: пригодные ($X \leq 4$), условно пригодные ($X = 5$), а также непригодные ($X \geq 6$). Если желающих работать по данной специальности много, можно ужесточить отбор; если же конкурс небольшой, то к группе А можно отнести водителей с $X = 5$, обеспечив за ними больший контроль или поставив на менее ответственные маршруты.

Завершающим этапом при создании компьютерной системы психофизиологического профессионального отбора водителей явилась разработка рекомендательных заключений, сущность которых состоит в том, что в случае незначительного отклонения в уровне развития профессионально важных качеств от "эталонных" значений водителю даются рекомендации относительно способов вождения и поведения в дорожных ситуациях с тем, чтобы он обратил внимание на эти стороны своего поведения, и, компенсировав эти недостатки, мог бы достичь такой цели, как безопасность вождения.

Эта же цель может быть достигнута не только при приеме на работу, но и путем тестирования уже работающих водителей. Рекомендательное заключение не касается всех характеристик водителя, а охватывает только те, которые имеют отношение к безопасности вождения, на основе которых и выдается заключение. Оно ни в коей степени не является квалификацией и методом выбраковки. Его полезность основана на предположении, что, получив заключение, водитель отнесется серьезно к его содержанию и будет правильно вести себя в тех ситуациях, которые представляют опасность с точки зрения возникновения ДТП.

Рекомендательные заключения были составлены на основе данных специальной литературы, правил дорожного движения, правил по охране труда водителей автомобилей, правил по перевозке опасных грузов, а также путем опроса экспертов — начальников автоколонн, инженеров по безопасности движения, инструкторов учебно-курсового комбината по подготовке водителей.

Ниже приведены характеристики личности и психофизиологических качеств, для которых формируются рекомендательные заключения, и их на-

правленность, а также пример такого рекомендательного заключения.

1. Возраст до 22 лет (предостережение от рискованных и непродуманных действий, характерных для лиц молодого возраста).

2. Возраст более 40 лет (напоминание о том, что после этого возраста начинается снижение уровня некоторых профессионально важных для работы водителя психологических качеств — внимания, памяти и др.).

3. Участие в дорожно-транспортных происшествиях (напоминание об этом факте и, в этой связи, о необходимости обязательного соблюдения правил дорожного движения).

4. Незначительное несоответствие некоторых результатов тестирования кандидата "эталонным" значениям психофизиологических показателей (рекомендации относительно способов вождения и поведения в дорожной ситуации).

5. Значительное несоответствие большинства результатов тестирования "эталонным" значениям, либо такое несоответствие единичных психофизиологических качеств, имеющих наибольшее значение с точки зрения безопасности вождения — эмоциональной неустойчивости, низкой скорости реагирования, недостаточных характеристик оперативной памяти и внимания (информация о психологической сущности этих качеств с точки зрения профессионального несоответствия).

Вот некоторые рекомендации водителям.

Выявленная повышенная склонность к риску означает, что Вы можете недооценивать опасность ситуаций, возникающих на дороге, переоценивая свои способности по выходу из них. Поэтому не стремитесь к слишком быстрой езде даже на свободной дороге, старайтесь меньше обгонять другие машины, реже менять скорость. Было зафиксировано, что водители-аварийщики совершают одну ошибку за каждые 5 мин езды, и 87 % этих ошибок являются превышением ситуационной скорости. При обгонах или объезде препятствий не допускайте значительных отклонений рулевого колеса.

Сдерживайте себя в ситуациях, имеющих повышенную степень опасности для своего здоровья и здоровья окружающих, в особенности на перекрестках, пешеходных переходах, оживленных транспортных развязках и др. Оправданный риск не должен переходить в ухарство и лихачество на дороге.

Ни в коем случае не употребляйте даже малых доз алкоголя перед вождением, так как это резко повышает склонность к рискованным и небудуманным действиям. Следует иметь в виду, что даже при легкой степени опьянения время реакции и, соответственно, остановочный путь автомобиля увеличивается в 2—3 раза.



Подобные рекомендательные заключения выдаются работником всех психофизиологических характеристик, если они в допустимых пределах отличаются от нормативных значений (см. приложение).

Опыт эффективного внедрения психофизиологического отбора водителей на базе разработанной институтом компьютерной системы имел широкий общественный резонанс и неоднократно освещался в средствах массовой информации. На совещании, организованном Правительством Свердловской области, принято решение об открытии кабинетов профотбора в крупных городах области. Программы внедрены в подразделениях ООО "Оренбурггазпром", в областном учебно-курсовом комбинате по подготовке водителей и на ряде автопредприятий в городах Екатеринбург, Санкт-Петербург, Курган, Нижний Тагил, Оренбург, Каменск-Уральский, Реж, Невьянск, Верхняя Пышма, Лесной, а также в Курганской, Московской и Хабаровской областях.

В производственном пассажирском автотранспортном предприятии г. Екатеринбурга число водителей, совершавших ДТП, среди пригодных составило 3,3 % по сравнению с 9,5 % у непригодных, а число водителей, допустивших нарушения правил дорожного движения, составило соответственно 0,8 % по сравнению с 4,8 %. За год в группе пригодных по результатам тестирования водителей (203 человека), принятых на работу, ДТП совершили 28 %, тогда как среди уже работающих водителей, не проходивших тестирование, ДТП совершили 44 %.

Программа зарегистрирована в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Свидетельство № 2007610091). Разработанной системе была присуждена золотая медаль на конкурсе "Здоровье и безопасность 2005" (ВВЦ, Москва).

Приложение

Рекомендательное заключение по результатам психофизиологического тестирования

1. Фамилия, имя, отчество: *Шмелев В. П.*
2. Возраст: *30 лет*
3. Образование: *среднее*
4. Профессия, специальность: *водитель автобуса*
5. Стаж работы: *1,5 лет*
6. Предприятие: *АТП-1*
7. Наличие ДТП: *не было*

Рекомендуется на профессию водителя автобуса
Количество показателей, превысивших нормативные: 3 (наиболее высокий рейтинг — 0)

Результаты тестирования (см. таблицу), показали, что некоторые Ваши психофизиологические качества не полностью соответствуют тем требованиям, которые предъявляются к водителю автобуса. Однако эти недостатки могут быть компенсированы, если Вы будете тщательно выполнять наши рекомендации.

Вы недостаточно хорошо оцениваете расстояние и скорость, особенно это выражается при работе со светом, когда трудно определить, с какой скоростью приближаются к перекрестку другие транспортные средства — в дождливую погоду, когда свет преломляется в каплях дождя на стекле автомобиля и отрицательно действует на зрительную систему, в сумеречное и ночное время. Поэтому нужно строго следить за дистанцией между машинами и автобусом, а также соблюдать боковой интервал при объезде стоящих транспортных средств и быть готовым к сложным ситуациям. При увеличении скорости в несколько раз увеличивается опасность совершения ДТП. Поэтому не старайтесь выполнять график за счет скорости, чаще работайте с пассажирами с помощью микрофона и сокращайте посадку-высадку предварительной их организацией.

Результаты тестирования

Тесты и показатели	Норма	Результаты тестирования
"Кратковременная память", кол. слов, ед.	≥ 5	7
"Шифровка символов", время выполнения, с	< 190	180
"Шкалы":		
число правильных ответов, ед.	> 4	8
время выполнения, с	< 270	250
"Внимание":		
число правильных ответов, ед.	> 18	17
время выполнения, с	< 11	10
"Реакция":		
время дифференциальной реакции, мс	< 360	400
число ошибочных ответов, ед.	< 6	5
коэффициент переделки	$> 0,6$	0,0
"Опросник Кэттелла", баллы:		
решительность	(7...18)	8
самоконтроль поведения	> 10	9
эмоциональная устойчивость	> 13	14
рабочее напряжение	(6...15)	7
"Лотерея", средняя сумма баллов, ед.	$< 0,8$	0,7
"Реакция на движущийся объект" (СКО), мс	< 65	60
"Линейный глазомер", среднее значение, усл. ед.	(-0,7...+1,1)	0,5
"Корректирующая проба", время выполнения, с	< 230	200
число ошибочных ответов, ед.	< 16	14



Вам следует особенно тщательно следить за исправностью тормозной и рулевой систем автобуса. Не надейтесь на свою реакцию — результаты тестирования показали, что она у Вас не слишком высока. Поэтому в сложных условиях Вы склонны с задержкой принимать решения, и Ваша реакция запаздывает. Мы рекомендуем Вам при вождении помнить, что на совершение действия необходимо известное время (иначе говоря, запаздывание приводит, например, к увеличению тормозного пути). Поэтому избегайте движения в составе сложного транспортного потока, когда много машин меняют положение движения, совершают обгоны и развороты.

С увеличением скорости у водителя уменьшается время для оценки ситуации и принятия мер по предотвращению ДТП, и одновременно резко увеличивается тормозной путь автомобиля.

Помните, что с ростом скорости резко сужается поле зрения, и водитель подсознательно выбирает наиболее важные для безопасности сигналы из среды движения и пытается сосредоточить внимание только на них. Это, в свою очередь, увеличивает число непредвиденных ситуаций.

У Вас отмечается слабый контроль своих эмоций и поведения. Это означает, что Вы склонны к импульсивным и необдуманным поступкам, вспыльчивости. Неправильные действия участников движения могут вызвать у Вас отрицательные эмоции, возмущение, раздражение. Вы излишне резко можете реагировать на окружающую обстановку (например, на медленно обгоняющих Вас водителей,

плохое состояние дороги и др.). Не пытайтесь "отомстить" водителю, допустившему по отношению к Вам бестактность. Если Вы понервничали за рулем, попробуйте расслабиться, вести автобус плавно, ровно, получая удовольствие от самого процесса вождения, а если эмоциональная реакция была сильной — лучше остановиться на 2...3 мин. и успокоиться. Для этого, закрыв глаза, откиньтесь на спинку сиденья и свободно опустите голову. Расслабьте мышцы лица. Свободно разведите брови, разгладьте лоб от морщин. Расслабьте крылья носа. Слегка приоткройте рот. Мягко сомкните веки. Расслабьте мышцы челюстей и языка. Нащупайте пульс на руке и сделайте вдох на четыре удара пульса и выдох на четыре удара. После вдоха сделайте небольшую задержку дыхания, не допуская перенапряжения. Повторите 3—4 раза.

Вам необходимо помнить, что профессиональные навыки хорошего водителя автобуса формируются в течение трех лет. В это время идет процесс адаптации, и даже очень хорошо развитые психические качества не гарантируют полной безопасности вождения. Вы должны также иметь в виду, что скорость и сложность вождения транспорта постоянно увеличиваются. Кроме того, не все водители профессионально пригодны и от них самих может исходить опасность при движении транспорта, поэтому еще раз хотим напомнить, что гарантией Вашей безопасности при езде является тщательное соблюдение правил дорожного движения.

ИНФОРМАЦИЯ

1-я Международная специализированная выставка по сбору, хранению, переработке и утилизации отходов

"Wasco Expo Uz"

7—9 апреля 2010 года

НБК "УЗЭКСПОЦЕНТР", Ташкент, Узбекистан

Основные разделы выставки:

Общие вопросы управления отходами. Отходы жилищно-коммунального хозяйства.
Переработка отходов производства. Обращение с радиоактивными и другими техногенными отходами.
Технологии и оборудование для переработки отходов. Селективный сбор отходов.
Системы и технологии очистки воды. Воздушные выбросы и предотвращение загрязнения воздушной среды, очистка воздуха. Получение энергии с использованием отходов и другие разделы.

Контакты: Менеджер проекта — Елена Бабаева

Тел./факс: + (998 71) 241 12 11 (многоканальный). Сот.: + (998 90) 920 96 98.

E-mail: kids@zarexpo.com web-site: www.zarexpo.com

УДК 628.517.2

Е. В. Воронцов, канд. техн. наук, **В. Г. Смирнов**, канд. техн. наук,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге,
Т. Е. Воронцова,
Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург
E-mail: iot@etel.ru

Снижение шума при работе вентиляторов В-06-300-8

Приведены данные анализа уровней звукового давления и уровней звука при работе вентиляторов. Предложены расчеты и мероприятия, позволяющие снизить шум от работы вентиляторов с минимальными затратами.

Ключевые слова: шум, вентилятор, уровни звукового давления, уровни звука, звукоизоляция.

Vorontsov E. V., Smirnov V. G., Vorontsova T. E. Noise reduction during operation of V-06-300-8 fans

The article analyzes sound pressure levels and sound levels during operation of the fans.

It contains calculations and measures for reduction of noise generated during operation of the fans at minimum cost.

Keywords: noise, fan, sound pressure levels, sound levels, sound proofing.

Работа вентиляторов В-06-300-8, обеспечивающих обдув конденсаторов воздушного охлаждения, сопровождается повышенным шумом. Измерения уровней звукового давления, проведенные при помощи шумомера типа 00024 и октавного фильтра типа 01016 производства фирмы "Роботрон" показали, что имеется превышение требований СН 2.2.4/2.1.8.562-96 от 5 до 25 дБ в функции частоты. В табл. 1 приведены результаты измерений уровней звукового давления и уровней звука при работе двух вентиляторов В-06-300-8.

Измерения уровней звукового давления и уровней звука, проведенные на улице, сравнивались с требованиями СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам. С учетом круглосуточного режима работы вентиляционных установок для сравнения был выбран период суток с 23-00 до 07-00 ч. В табл. 2 представлены результаты измерений, проведенных на улице, при работе двух вентиляторов.

Таблица 1

Результаты измерений уровней звукового давления и уровней звука при работе двух вентиляторов В-06-300-8

Место измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Уровни звукового давления, дБ									
Внутри помещения венткамеры при выключенных вентиляторах	66	70	68	68	68	60	56	50	44	66
Внутри помещения венткамеры при одном включенном вентиляторе	76	82	82	86	86	82	76	72	62	87
Внутри помещения венткамеры при двух включенных вентиляторах	78	82	84	90	91	88	85	80	70	91
Снаружи у венткамеры при работе двух вентиляторов	80	86	85	87	89	85	91	76	70	90

Таблица 2

Результаты измерений уровней звукового давления и уровней звука на улице при работе двух вентиляторов

Место измерения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Уровни звукового давления, дБ									
Требования СН 2.2.4/2.1.8.562—96 к территориям, непосредственно прилегающим к жилым домам, в периоды суток:										
с 07-00 до 23-00 часов	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55
с 23-00 до 07-00 часов	80	67	57	49	44	40	37	35	33	45
На улице на расстоянии 10 м от венткамеры	74	85	80	76	78	74	70	62	60	78
Превышение требований СН 2.2.4/2.1.8.562—96	—	18	23	27	33	34	37	27	27	23
На улице на расстоянии 20 м от венткамеры	75	72	72	71	73	64	60	54	48	71
Превышение требований СН 2.2.4/2.1.8.562—96	—	5	15	22	29	24	23	9	15	26
На улице у стены жилого дома	72	72	66	68	69	64	60	52	42	68
Превышение требований СН 2.2.4/2.1.8.562—96	—	5	9	19	25	24	23	17	9	23



Таблица 3

Уровни звукового давления при работе вентиляторов В-06-300-8

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц									Уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Уровни звукового давления, дБ									97
85	88	95	96	97	94	91	86	76	

Сравнительный анализ проведенных измерений показывает, что превышение требований СН 2.2.4/2.1.8.562—96 составляет от 5 до 37 дБ в функции частоты, причем по спектру наибольшие величины лежат в диапазоне от 125 до 4000 Гц, что и предопределило выбор методов и средств снижения шума.

Для разработки средств снижения шума необходимо вычислить уровни шума в расчетных точках РТ-1 и РТ-2, расположенных на расстояниях соответственно 37 м и 34 м от источников шума, которыми являются два работающих вентилятора В-06-300-8.

Расчет уровня шума, дБ, производится по формуле:

$$L_p = L_m + 10 \lg \frac{S}{S_1},$$

где L_m — уровень звукового давления, дБ, в октавной полосе частот; $S = \pi a(b + c)$ — площадь измерительной поверхности, м²; a, b, c — размеры измерительной поверхности; $S_1 = 1$ м².

В табл. 3 представлены рассчитанные уровни звукового давления.

В табл. 4 представлены значения уровней звукового давления в расчетных точках РТ-1 и РТ-2 и допустимые уровни шума.

Таким образом, при работе двух вентиляторов типа В-06-300-8 создается сверхнормативный шум на территории жилой застройки непосредственно возле жилого дома. Превышение требований СН 2.2.4/2.1.8.562—96 составляет от 8 до 15 дБ в рас-

четной точке РТ-1 и от 9 до 16 дБ в расчетной точке РТ-2.

Для снижения уровней шума при работе двух вентиляторов В-06-300-8 были выполнены следующие мероприятия.

1. Корпус и положение вентиляторов:

а) два основных вентилятора В-06-300-8 из стены вентиляционной камеры перенесены на раме внутри помещения за конденсаторы охлаждения;

б) рама вентилятора установлена на шести амортизаторах размерами 100 × 100 × 20 мм, изготовленных из резины марки "1847";

в) на наружный корпус вентиляторов нанесен слой шумоизоляционной мастики толщиной 3...3,5 мм.

2. Приточный канал вентиляторов:

а) приточный канал выполнен из листовой стали толщиной 1,0...1,5 мм в виде короба сечением 3000 × 1000 × 1500 мм; для увеличения жесткости на стены короба приварены ребра жесткости в виде уголков размером 20 × 20 мм;

б) изнутри стенки короба облицованы звукопоглощающим материалом (полужесткие минераловатные плиты (средняя плотность $P_{cp} = 100$ кг/м³), обернутые в стеклоткань типа Э-0,1 и перфорированным листом стали толщиной 0,8...1,0 мм с шагом перфорации 15 мм и диаметром отверстий 6 мм);

в) в короб по всей длине помещена звукопоглощающая кассета размером 200 × 1300 × 3000 мм, состоящая из каркаса (уголок 20 × 20 мм) и заполненная полужесткой минераловатной плитой ($P_{cp} = 100$ кг/м³), обернутой в стеклоткань типа Э-0,1 и закрытая перфорированными панелями из стали толщиной 0,8...1,0 мм с шагом перфорации 15 мм и диаметром отверстий 6 мм.

3. Стены и потолок вентиляционной камеры за конденсаторами покрыты звукопоглощающими облицовками, выполненными из минераловатной плиты ($P_{cp} = 100$ кг/м³), обернутой в стеклоткань типа Э-0,1 и закрыты перфорированными панелями из стали толщиной 0,8...1,0 мм с шагом перфорации 15 мм и диаметром отверстий 6 мм.

Таблица 4

Результаты сравнительного анализа расчетных и допустимых уровней звукового давления

Величина	Расчетная точка	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц										Уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
		Уровни звукового давления, дБ										
Расчетные уровни звукового давления	РТ-1	46	49	56	57	58	55	52	47	37	58	
Допустимые уровни звукового давления		80	67	57	49	44	40	37	35	33	45	
в период с 23-00 до 07-00 ч		—	—	—	8	14	15	15	12	4	13	
Превышение требований СН												
Расчетные уровни звукового давления	РТ-2	47	49	57	58	59	56	53	48	38	59	
Допустимые уровни звукового давления		80	67	57	49	44	40	37	35	33	45	
в период с 23-00 до 07-00 ч		—	—	—	9	15	16	16	13	5	14	
Превышение требований СН												



4. Рама конденсаторов охлаждения заложена кирпичной стеной толщиной 0,5 кирпича без зазоров.

5. На выходе из вентиляционной камеры установлен глушитель шума, состоящий из короба, изготовленного из листовой стали толщиной 0,8...1,0 мм с ребрами жесткости из уголка 20 × 20 мм; размеры короба 1500 × 1500 × 3000 мм; изнутри стенки короба облицованы звукопоглощающим материалом (полужесткие минераловатные плиты ($P_{\text{ср}} = 100 \text{ кг/м}^3$), обернутые в стеклоткань типа Э-0,1 и перфорированным листом стали толщиной 0,8...1,0 мм с шагом перфорации 15 мм и диаметром отверстий 6 мм). Внутри короба установлены три звукопоглощающие кассеты, состоящие из каркаса размерами 200 × 1300 × 3000 мм [1].

6. Глушитель установлен таким образом, чтобы 2/3 его длины находились снаружи вентиляционной камеры.

В результате проведения указанных мероприятий уровни звукового давления, возникающего при работе системы охлаждения, были приведены в соответствие с требованиями СН 2.2.4/2.1.8.562—96 к уровню шума на территориях, непосредственно прилегающих к жилым домам.

Список литературы

1. Лагунов Л. Ф., Осипов Г. Л. Борьба с шумом в машиностроении. — М.: Машиностроение, 1980.

УДК 628.517.2

Е. В. Воронцов, канд. техн. наук, **В. Г. Смирнов**, канд. техн. наук,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге,

Т. Е. Воронцова,

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

E-mail: iot@etel.ru

Снижение шума на промышленных предприятиях методом звукоизоляции

Приведены данные об уровнях звукового давления при работе турбогенераторов в котлотурбинных цехах ГРЭС. Предложен метод звукоизоляции для снижения шума при работе турбогенераторов.

Ключевые слова: шум, уровни звукового давления, уровни звука, звукоизоляция, звукоизолированный кожух, турбогенератор.

Vorontsov E. V., Smirnov V. G., Vorontsova T. E. Aerodynamic noise reduction by means of a resonance damper

The authors have analyzed aerodynamic noise and have described its typical range. The article contains information on the general operating principle of the resonance damper and provides calculations for selection of its parameters.

Keywords: aerodynamic noise, resonance damper, sound pressure levels, sound levels, soundproofing.

На большинстве предприятий наблюдается несоблюдение требований санитарных норм по многим факторам производственной среды, таким как шум, вибрация, освещенность, микроклимат и др. В настоящей статье остановимся на одном из наи-

более распространенных и неблагоприятных факторов производственной среды — шуме.

Научные исследования о влиянии шума на организм человека ведутся много лет. Шум отрицательно влияет на здоровье рабочих и их работоспособность, влечет за собой возникновение профзаболеваний и увеличение общей заболеваемости.

В первую очередь шум влияет на некоторые функции нервной системы (ослабление памяти и внимания, замедление реакции на различные сигналы, раздражительность). Появляются нарушения в работе сердечно-сосудистой системы, пищеварительного тракта.

Сверхнормативный шум снижает производительность труда на 9...15 %, затрудняет процесс управления производством, увеличивает вероятность производственного травматизма и текучесть рабочей силы. Кроме вреда для здоровья, шум влечет за собой большие экономические потери, которые образуются из расходов на социальное страхование в связи с общей заболеваемостью и профессиональными болезнями, снижением производительности труда.

Многочисленные измерения уровней звукового давления (дБ) и уровней звука (дБА), проведенные на предприятиях энергетики: ГРЭС, г. Нижневар-

товск; ГРЭС № 1, г. Сургут; Кизеловской ГРЭС, г. Губаха; ГРЭС, г. Серов показали, что превышение требований санитарных норм составляет от 8 до 22 дБ в функции частоты и 12...20 дБА в уровнях звука.

Наиболее шумными на предприятиях энергетики являются котлотурбинные цехи, источниками повышенного шумоизлучения в которых являются турбогенераторы. Уровни звукового давления при работе турбоагрегатов представлены в таблице.

Следует отметить, что действию повышенного шумоизлучения подвергаются не только работники, обслуживающие турбоагрегаты, но и весь персонал котлотурбинных цехов, рабочие места которых находятся в непосредственной близости от турбоагрегатов.

В настоящее время существует несколько методов снижения шума:

- снижение шума в источнике его возникновения; в рассматриваемом случае применение этого метода весьма проблематично по нескольким показателям, а именно: турбоагрегаты, установленные в цехах ГРЭС (см. таблицу) имеют срок эксплуатации от 25 до 35 лет и практически невозможно каким-либо способом улучшить конструкцию в части снижения шума;
- снижение шума методом звукопоглощения; известно, что даже при самом тщательном изготовлении и установке звукопоглощающих облицовок эффект снижения шума составляет 8...10 дБ в функции частоты и 6...8 дБА в уровнях звука; в рассматриваемом случае превышение требований санитарных норм составляет 12...20 дБА и поэтому применение данного метода неприемлемо;
- снижение шума методом звукоизоляции позволяет при минимальных затратах добиться снижения шума при работе турбоагрегатов до требований санитарных норм, поэтому для улучшения условий труда работающих в котлотурбинных цехах выбираем именно этот метод. Для решения задач снижения шума:

а) исследованы акустические характеристики турбогенераторов в цехах предприятий, перечисленных в таблице;

б) проведен расчет требуемой звукоизоляции ($R_{зв}$) для снижения шума до санитарных норм;

Результаты измерений уровней звукового давления (дБ) при работе турбогенераторов

Наименование предприятия	Уровни звукового давления, дБ	Требования СН 2.2.4/2.1.8.562—96
ГРЭС, г. Нижневартовск	95...98	80
ГРЭС № 1, г. Сургут	94...96	
ГРЭС, г. Серов	92...94	
Кизеловская ГРЭС, г. Губаха	98...102	

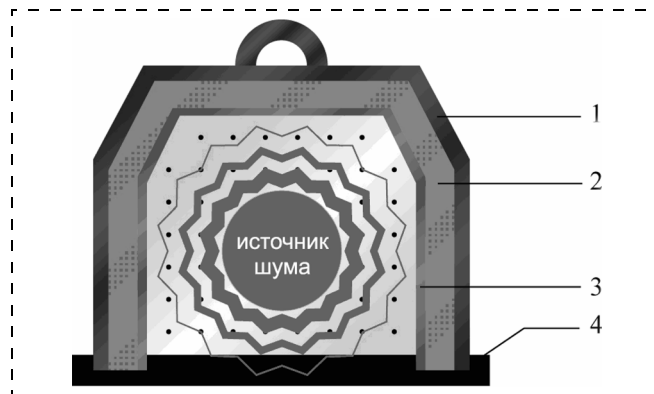


Схема звукоизолирующего кожуха:

1 — листовая сталь толщиной 2,0 мм; 2 — звукопоглощающие облицовки из плит "Шуманет-БМ" толщиной 50 мм; 3 — просечной лист из стали толщиной 1,0 мм; 4 — прокладка из резины марки 1847 толщиной 20 мм

в) разработаны рабочие чертежи звукоизолирующих кожухов на турбоагрегат в турбинном цехе Кизеловской ГРЭС, г. Губаха;

г) подобраны звукопоглощающие облицовки для внутренней поверхности кожуха.

Рабочие чертежи звукоизолирующего кожуха переданы на Кизеловскую ГРЭС, г. Губаха, для внедрения.

Снижение шума при применении звукоизолирующего кожуха (расчетное) составляет от 18 до 36 дБ в функции частоты и 26...28 дБА в уровнях звука.

Конструкция звукоизолирующего кожуха (см. рисунки) отличается от других, например, от кожухов на турбоагрегаты на ГРЭС, г. Нижневартовск, на ГРЭС, г. Серов, тем, что кожух изготавливается из сегментов шириной 1200 мм, что облегчает монтаж и открывает доступ непосредственно к деталям турбоагрегатов именно в том месте, где это необходимо.

Сегменты кожуха изготавливаются из стали толщиной 2 мм. На их внутреннюю поверхность крепятся звукопоглощающие облицовки из минеральных плит на базальтовой основе "Шуманет-БМ" толщиной 50 мм и закрываются просечным листом из стали толщиной 1,0 мм.

Внедрение результатов работы планируется провести в ближайшее время, что позволит улучшить условия труда по шумовому фактору практически для всего персонала, работающего в турбинном цехе.

Конструкция кожуха превосходит имеющиеся кожухи по материалам звукоизолирующей облицовки и простоте сборки.

Примерная стоимость изготовления и установки такого кожуха составляет 400...500 тыс. руб., окупаемость работы составляет 2...4 года.

Подобная конструкция звукоизолирующего кожуха может быть использована практически на всех предприятиях энергетики, а также на любом предприятии, имеющем оборудование, излучающее сверхнормативный шум.

УДК 697.942

В. Б. Рабинович, канд. техн. наук,
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Исследование и разработка мокрых пылеуловителей СИОТ с шаровыми насадками

Исследованы два варианта разработанных НИИ охраны труда комбинированных мокрых пылеуловителей, в которых в качестве одной из ступеней очистки воздуха использованы насадки из зернистого материала (шаровые насадки).

Установлено, что эффективность очистки исследованных устройств на промышленной пыли со средним по массе размером частиц 20 мкм достигает 99,8 % при приемлемой величине гидравлического сопротивления — 2500 Па.

Ключевые слова: пылеуловители, зернистые фильтры, шаровая насадка, устройство, исследование, параметры работы, эффективность очистки, гидравлическое сопротивление.

Rabinovich V. B. Study and development of SIOT wet dust collectors with ball-shaped nozzles

The authors have studied two versions of combined wet dust collectors developed by the Labour Protection SRI which use nozzles made of granular material (ball-shaped nozzles). They have found that the purification efficiency of the units under study using industrial dust with the average weight particle size 20 μm can be up to 99,8 %, with the acceptable hydraulic resistance value being 2500 Pa.

Keywords: dust collectors, granular filters, ball-shaped nozzle, unit, study, operation parameters, purification efficiency, hydraulic resistance.

Анализ тенденции развития техники очистки воздуха от пыли показывает, что одним из наиболее перспективных направлений является развитие зернистых фильтров, используемых самостоятельно или в комбинации с другими методами очистки. В связи с этим проведены исследования, направленные на разработку пылеуловителей, в которых в качестве зернистого слоя использована шаровая насадка [1].

Устройство (рис. 1) содержит секцию 1 подвода грязного и секцию 2 отвода очищенного воздуха, имеющих общую вертикальную перегородку (стенку) 3. В секции 1 с патрубком 4 для ввода запыленного воздуха расположено разделительное устройство, выполненное в виде ротора 5, состоящего из двух коаксиальных цилиндров 6 и 7 с перфориро-

ванными боковыми поверхностями, пространство между которыми разделено радиально расположенными пластинами на ряд секторов, заполненных слоем сыпучего зернистого материала 8 с установленными физико-химическими свойствами. Со стороны перегородки 3 торцовая стенка перекрывает только зазор между цилиндрами 6 и 7, с противоположной стороны — все поперечное сечение ротора. Ротор, закрепленный на валу 9, установленном в подшипниках 10, приводится во вращательное движение через редуктор 11 электродвигателем 12. Нижняя часть секции 1 заполнена водой до уровня подвижного по высоте патрубка 13 отвода грязной воды.

В перегородке 3 ниже вала 9 расположено отверстие в виде щели 14, которая вписывается в поперечное сечение цилиндра 7. Размер щели по высоте регулируется в зависимости от заданного режима работы.

В верхней части секции 2, которая заканчивается конфузормым патрубком 15, установлена перфорированная тарелка 16 с размещенным на ней слоем сыпучего зернистого материала 17, сформированным из шаров определенной плотности. Патрубок 18 предназначен для подачи чистой воды в уст-

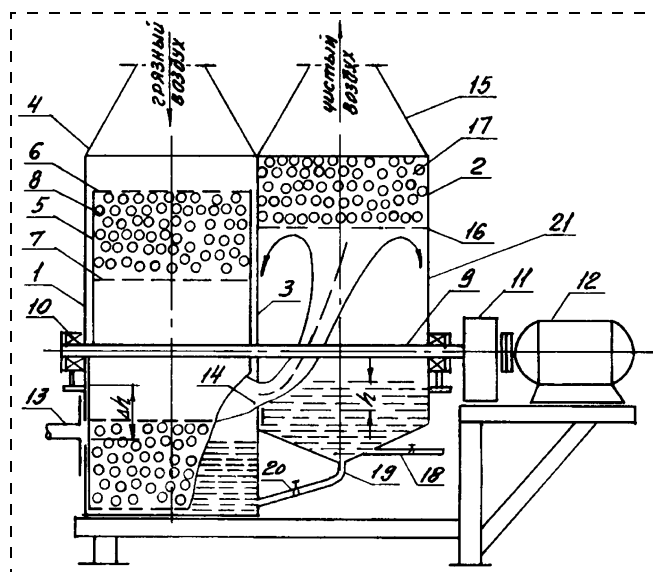


Рис. 1. Схема устройства трехступенчатого пылеуловителя с двумя шаровыми насадками

ройство. Труба 19 с вентилем-регулятором 20 обеспечивает регулировку стока грязной воды из секции 2 в секцию 1. Все элементы помещены в корпус 21.

Аппарат работает следующим образом.

Запыленный поток воздуха через патрубок 4 подается в секцию 1. Сначала очистка воздуха осуществляется за счет его фильтрации через смоченный слой зернистого материала 8 (1-я ступень очистки), который постоянно регенерируется водой, поступающей из секции 2, при вращении ротора 5. Частично очищенный воздух поступает в полость цилиндра 7, а затем с достаточно большой скоростью (30 м/с и выше) через щель 14 — в полость секции 2. Здесь поток вступает в контакт с водой, уровень которой достигает верхней кромки щели 14. При этом осуществляется интенсивная турбулентная промывка воздуха, по своему характеру соответствующая режимам работы скрубберов Вентури (это 2-я ступень очистки). Энергетические затраты и эффективность очистки устройства, очевидно, зависят от скорости газового потока на выходе из щели 14 и уровня заполнения водой секции 2.

После турбулентной промывки жидкостью поток поступает под опорную тарелку 16, в результате чего уложенный на ней слой шаровой (шары плотностью $\rho = 100...150 \text{ кг/м}^3$) насадки переходит во взвешенное состояние и вовлекается в непрерывное циркуляционное движение. Благодаря этому обеспечивается полное смачивание "кипящего" слоя водой, выносимой потоком из секции 2, и осаждение на поверхности шаровой насадки той части пыли, которая не была уловлена в предыдущих ступенях очистки фильтра (3-я ступень очистки). Одновременно "кипящий" слой выполняет функции каплеуловителя. При этом по мере накопления влаги на поверхности шаров она вместе с уловленной пылью стекает в полость секции 2. Очищенный воздух после прохождения псевдоожиженного слоя через патрубок 15 направляется в побудитель тяги.

Чистая вода подается в секцию 2 через патрубок 18, а грязная вода через трубу 19 с вентилем-регулятором 20 из секции 2 поступает в секцию 1, где происходит насыщение ее пылью. Образующийся шлам через патрубок 13 отводится из аппарата. Такая система организации движения воды обеспечивает в пределах аппарата ее противоток газовому потоку, что позволяет значительно сократить расход жидкой фазы за счет последовательного ее использования в трех ступенях очистки устройства, а также осуществлять промывку зернистого слоя 17 третьей ступени практически чистой жидкостью.

Работа устройства исследовалась в лабораторных условиях. Определялось влияние ряда факторов на унос (ϵ) пыли из аппарата, эффективность его очи-

стки (η) и гидравлическое сопротивление (H). Для испытаний использовалась стандартная кварцевая пыль КП-3, средний размер частиц которой по массе составил 24 мкм. В результате проведенных экспериментов установлено, что основные показатели работы устройства не зависят от величины начальной запыленности воздуха, расхода воды, частоты вращения ротора которые в опытах изменялись, соответственно, в пределах $1...20 \text{ г/м}^3$, $0...0,6 \text{ л/м}^3$, $2...12 \text{ мин}^{-1}$. Наряду с этим скорость воздушного потока в щели ($v_{\text{щ}}$) и уровень работы в секции 2 оказывают существенное влияние на эффективность очистки устройства. Минимальный унос пыли из аппарата достигается (при прочих равных условиях), когда скорость $v_{\text{щ}} = 35...40 \text{ м/с}$, и в секции 2 вода полностью перекрывает поперечное сечение щели. Со снижением уровня воды в секции 2, например, до нижней кромки щели унос пыли при скорости газа в щели $v_{\text{щ}} = 35 \text{ м/с}$ увеличивается в 2 раза.

Для поддержания воды в секции 2 на уровне верхней кромки щели необходимо выполнять три условия.

Во-первых, высота h щели должна быть меньше по абсолютной величине ее гидравлического сопротивления H при заданной скорости прохода газового потока. В противном случае газовый поток не может противостоять давлению столба жидкости, которая начинает истекать через щель в секцию 1.

Во-вторых, патрубок 13 отвода грязной воды должен иметь возможность передвигаться по высоте с тем, чтобы он мог быть установлен ниже верхней кромки щели на расстоянии Δh , которая по абсолютной величине должна быть равна гидравлическому сопротивлению H щели при заданной скорости потока в ней. Увеличение Δh против оптимального значения приводит к снижению уровня жидкости в секции 2 и, как следствие, к снижению эффективности очистки устройства. Уменьшение Δh приводит к увеличению уровня воды над верхней кромкой щели, что приводит к увеличению гидравлического сопротивления аппарата, не сопровождающимся повышением эффективности его очистки.

Исходя из вышеизложенного, для обеспечения эффективной и надежной работы устройства требуется выдерживать следующие два соотношения:

$$\Delta h = H, h < H.$$

Функция изменения H (мм) определена экспериментально и имеет вид

$$\Delta h = H = 6,945 \cdot 10^{-8} (\rho/g) v_{\text{щ}}^{8,882} e^{-0,218 v_{\text{щ}}},$$

где ρ — плотность газа при нормальных условиях, кг/м^3 ; g — ускорение силы тяжести, м/с^2 .

В-третьих, необходимо обеспечить регулируемый сток жидкости из секции 2, равный количеству подаваемой через патрубок 18 чистой воды, что обес-

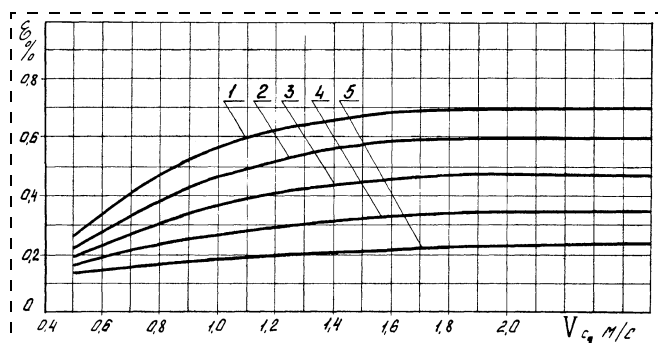


Рис. 2. Зависимость уноса пыли (ϵ) из трехступенчатого пылеуловителя от скоростей воздушного потока через зернистые слои (v_c) и выхода его из щели ($v_{ш}$):

1 — $v_{ш} = 20$ м/с; 2 — $v_{ш} = 25$ м/с; 3 — $v_{ш} = 30$ м/с; 4 — $v_{ш} = 35$ м/с; 5 — $v_{ш} = 40...45$ м/с

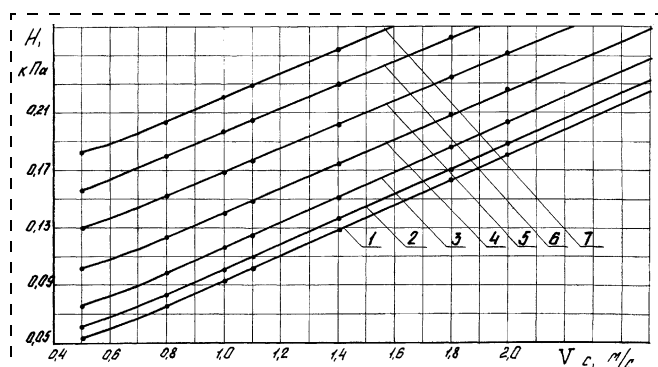


Рис. 3. Зависимость гидравлического сопротивления (H) трехступенчатого пылеуловителя от скоростей v_c и $v_{ш}$:

1 — $v_{ш} = 15$ м/с; 2 — $v_{ш} = 20$ м/с; 3 — $v_{ш} = 25$ м/с; 4 — $v_{ш} = 30$ м/с; 5 — $v_{ш} = 35$ м/с; 6 — $v_{ш} = 40$ м/с; 7 — $v_{ш} = 45$ м/с

печивается соединением нижних частей секций 1 и 2 трубой 19 с вентилем-регулятором 20.

С уменьшением скорости фильтрации v_c через зернистые слои ротора и шаровой насадки эффективность очистки возрастает и достигает $\eta = 99,85\%$ при $v_c = 0,5$ м/с. Более низкие скорости фильтрации воздуха использовать в устройстве нецелесообразно, так как при этом значительно возрастают его габариты.

Результаты исследований, частично представленные на рис. 2 и 3, позволяют оценить эффективность очистки и определить гидравлическое сопротивление разработанного трехступенчатого пылеулавливающего агрегата в широких пределах изменения параметров его работы.

При упразднении секции подвода грязного воздуха устройство из трехступенчатого превращается в двухступенчатый пылеулавливающий агрегат (рис. 4). Результаты исследований этого варианта пылеуловителя (рис. 5, 6) показывают, что его гидравлическое сопротивление на 30...50 % ниже, чем у базовой конструкции.

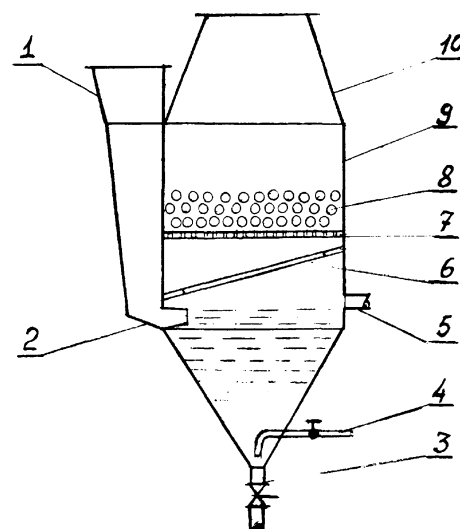


Рис. 4. Схема устройства двухступенчатого пылеуловителя с шаровой насадкой:

1 — патрубок грязного воздуха; 2 — сопло; 3 — спускной патрубок; 4 — патрубок подачи воды; 5 — переливной патрубок; 6 — отбойный щит; 7 — опорная перфорированная тарелка; 8 — шаровая насадка; 9 — корпус пылеуловителя; 10 — патрубок очищенного воздуха

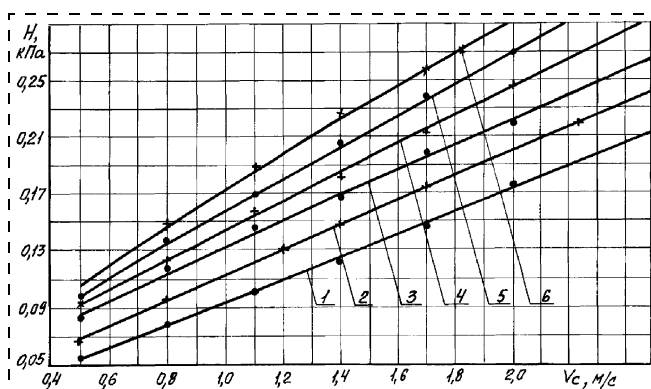


Рис. 5. Зависимость гидравлического сопротивления (H) двухступенчатого пылеуловителя от скоростей v_c и $v_{ш}$:

1 — $v_{ш} = 20$ м/с; 2 — $v_{ш} = 25$ м/с; 3 — $v_{ш} = 30$ м/с; 4 — $v_{ш} = 35$ м/с; 5 — $v_{ш} = 40$ м/с; 6 — $v_{ш} = 45$ м/с

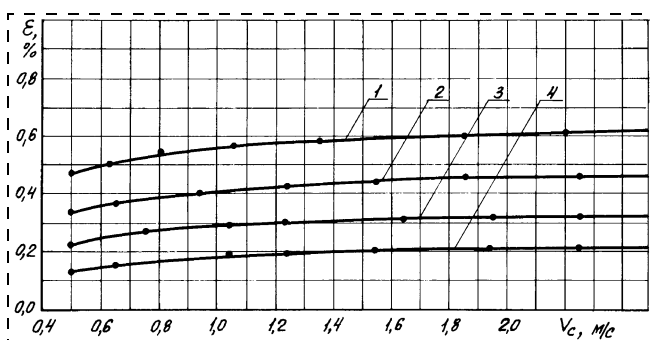


Рис. 6. Зависимость уноса пыли (ϵ) из двухступенчатого пылеуловителя от скоростей v_c и $v_{ш}$ воздушного потока:

1 — $v_{ш} = 25$ м/с; 2 — $v_{ш} = 30$ м/с; 3 — $v_{ш} = 35$ м/с; 4 — $v_{ш} = 40...45$ м/с

При высоких скоростях фильтрации ($v_c > 1$ м/с) воздушного потока через шаровую насадку оба варианта обеспечивают примерно одинаковую эффективность очистки. С уменьшением скоростей потока v_c и $v_{ш}$ двухступенчатый пылеуловитель начинает уступать по эффективности очистки базовой конструкции. При определенных условиях ($v_c = 0,5$ м/с и $v_{ш} = 25$ м/с) разница в коэффициентах очистки (по уносу) может быть более чем двухкратной.

Исходя из изложенного, разграничивается и область применения исследованных вариантов пылеуловителей. На основе полученных данных подго-

товлено техническое задание на разработку ряда типоразмеров двухступенчатого пылеуловителя производительностью по воздуху до 100 тыс. м³/ч.

Использование пылеуловителей в системах вентиляции и аспирационных технологических установках различных отраслей промышленности обеспечивает значительное снижение валовых выбросов пыли в атмосферу.

Список литературы

1. Патент РФ № 2008393, кл. В 01 D 47/14, В d D 47/18, 1994 г.

УДК 543.544.062

А. А. Ляпки, канд. хим. наук, **Н. С. Чуракова**, канд. хим. наук
НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Газохроматографическое определение микропримесей органических веществ в воздухе

Обоснована возможность определения содержания микропримесей органических веществ в воздухе. Показана возможность использования для этих целей предварительного концентрирования органических веществ из воздуха силикагелем с последующей экстракцией их водой, содержащей неионогенное ПАВ.

Ключевые слова: вредные вещества, многокомпонентные смеси, органические вещества, экспрессность, концентрирование, чувствительность, термодесорбция, экстракция, поверхностно-активные вещества, газовая хроматография.

Lyapkin A. A., Churakova N. S. Detection of trace contaminants of organic substances in the air by means of gas chromatography

Examination of harmful substances composition is an integral part of measures aimed at creating safe working conditions. Analysis of multicomponent organic substance mixes comprised of substances with various properties presents special difficulty. The goal of this work was to develop a gas chromatography method of detecting organic substances in the air.

Keywords: harmful substances, multicomponent mixes, organic substances, express character, concentration, sensitivity, thermodesorption, extraction, surface-active substances, gas chromatography.

Исследование состава вредных веществ и контроль за состоянием воздушной среды является необходимым этапом для проведения мероприятий по созданию безопасных условий труда. Для этого нужны экспрессные и надежные методы анализа. Учитывая широкое распространение органических материалов во всех отраслях производства, многокомпонентность состава вредных веществ, а также их различное токсикологическое действие, задача разработки универсальных методов определения вредных веществ в воздухе является важной и актуальной. Знание истинного состава загрязнителей производственной среды — необходимое условие для правильной гигиенической оценки условий и для разработки вентиляционных устройств и установок.

Анализ многокомпонентных смесей органических веществ, в состав которых входят вещества с различными свойствами, представляют особую трудность. Для анализа таких смесей целесообразно использовать метод газовой хроматографии, который отличается высокой селективностью, точностью, экспрессностью и возможностью определения практически всех компонентов в одной пробе. Однако существующие методы газохроматографического определения вредных органических веществ имеют недостаточную чувствительность.

Одним из способов повышения чувствительности метода является предварительное концентрирование пробы. Поэтому необходимо было разработать способ концентрирования органических веществ



из воздуха и методику газохроматографического определения этих веществ.

Для разработки метода концентрирования органических веществ из воздуха использовали соединения, относящиеся к различным классам: алифатические и алициклические углеводороды, спирты, альдегиды, кетоны, эфиры, ароматические углеводороды, фенолы и др.

Наилучшие результаты были получены при использовании колонок, одна из которых заполнена носителем с неполярной неподвижной жидкой фазой (НЖФ) (лукопрен Г-1000), а другая полярной НЖФ (карбовакс 20М).

Условия хроматографирования

1-я колонка (2,5 м × 3 мм).

Насадка для колонки — хроматон N-AW-DMCS (0,16...0,20 мм) с 20 % лукопрена Г-1000. Температура колонки — 120 °С; температура испарителя — 200 °С. Скорость потока: гелия — 40 мл/мин, воздуха — 300 мл/мин, водорода — 40 мл/мин. Время удерживания: метанол — 36 с; этанол — 45 с; метилацетат — 50 с; этилацетат — 65 с; бензол — 82 с; бутиловый спирт — 85 с; изоамиловый спирт — 102 с; толуол — 127 с; бутилацетат — 140 с; фурфурол — 155 с; фурфуриловый спирт — 160 с; циклогексанон — 208 с; фенол — 295 с.

2-я колонка (2 м × 3 мм).

Насадка для колонки — хроматон N-AW-DMCS (0,16—0,20 мм), пропитанный 15 % карбовакса 20М. Температура колонки — 125 °С; температура испарителя — 200 °С. Скорость потока: гелия — 40 мл/мин; воздуха — 300 мл/мин; водорода 40 мл/мин. Время удерживания: гексан — 25 с; циклогексан — 32 с; ацетон — 36 с; метилацетат — 37 с; метанол — 40 с; этилацетат — 42 с; изопропиловый спирт — 44 с; метилэтилкетон — 47 с; бензол — 55 с; толуол — 70 с; бутилацетат — 77 с; бутанол — 88 с; циклогексанон — 236 с; фурфурол — 423 с; фурфуриловый спирт — 1045 с.

На этих колонках можно с высокой достоверностью определять любое соединение в присутствии большого набора посторонних примесей. Вышеуказанные соединения можно определять с концентрацией 50 мг/м³ и выше путем прямого ввода воздушной пробы в хроматограф с помощью медицинского шприца, используя метод абсолютной калибровки.

Однако при содержании органических веществ в воздухе в количестве менее 10 мг/м³ необходимо проводить их предварительное концентрирование. Наиболее перспективным является способ концентрирования таких соединений на адсорбенте с последующей термодесорбцией или экстракцией водой и их определение из водного раствора. Преимущества воды как растворителя очевидны: доступность, практическое отсутствие в ней органических при-

месей, нечувствительность к ней пламенно-ионизационного детектора.

В качестве адсорбента научно обосновано был выбран силикагель. Хотя силикагель по своим адсорбционным свойствам значительно уступает активированному углю, его гидрофильность позволяет проводить экстракцию адсорбированных органических веществ водой с последующим газохроматографическим анализом водного раствора. Для подтверждения данных предположений необходимо было исследовать адсорбционные свойства силикагелей для различных соединений, а затем определить полноту экстракции этих соединений водой. Изучение адсорбции органических веществ на различных типах силикагелей проводили газохроматографическим методом на хроматографе с использованием детектора по теплопроводности.

Адсорбционную активность силикагеля определяли, устанавливая объем удерживания органических веществ на исследуемом силикагеле. С этой целью использовали легколетучие органические соединения различных классов: гексан, бензол, метанол, ацетон, метилацетат, которые с помощью микрошприца вводили в поток газа-носителя через испаритель. Количество вводимой пробы составляло 1; 3 и 6 мкл.

Исследования показали, что наилучшими адсорбционными свойствами обладают мелкопористые силикагели. Как и следовало ожидать, наиболее прочно адсорбируются полярные соединения.

Для установления предела полного (без проскока) поглощения определяемого компонента силикагелем определяли максимальный объем отбора пробы воздуха при концентрации компонента на уровне ПДК. Воздух, содержащий определенные компоненты, аспирировали через две последовательно соединенные пробоотборные трубки с силикагелем, в каждой пробоотборной трубке определяли степень адсорбции, причем степень адсорбции во второй трубке не превышала 10 %. Продолжение адсорбции приводит к существенному проскоку компонентов. Максимальный объем отбора пробы воздуха (до проскока) при концентрации компонентов на уровне ПДК приведен в табл. 1.

Из таблицы видно, что мелкопористые силикагели имеют значительный максимальный объем удерживания. Для алифатических соединений, например

Таблица 1

Максимальный объем отбора пробы воздуха при концентрации компонентов на уровне ПДК

Марка силикагеля	Максимальный объем пробы, л воздуха/мл SiO ₂				
	Циклогексан	Бензол	Ацетон	Метанол	Метилацетат
KCK-2	0,06	0,52	5,2	3,9	2,3
KCC-4	0,54	3,60	8,9	7,2	8,1
KCM-5	0,90	9,00	12,0	16,0	17,5
KCM-6п	1,90	22,00	21,0	18,0	23,0

**Полнота десорбции анализируемых веществ
водным раствором ПАВ ОП-10 (силикагель КСМ-6)**

Анализи- руемое вещество	Раствори- мость в воде	Количество подаваемого раствора, мл на мл сили- кагеля	Полнота десорбции (% к расчетному)		
			вода	вода + + 1 % ОП-10	вода + + 5 % ОП-10
Метанол	∞	0,5	85	86	87
		1,0	98	97	97
		1,5	99	99	99
Бензол	0,08	0,5	31	54	88
		1,0	54	83	97
		2,0	76	92	100
		5,0	87	99	—
Толуол	0,047 (16 °C)	0,5	28	54	87
		1,0	51	76	97
		2,0	70	94	100
		5,0	82	99	—
Фенол	7,9 ($\infty > 66$ °C)	0,5	87	75	74
		1,0	98	98	97

циклогексана, максимальный объем удерживания менее 100 мл/мл SiO₂. Это объясняется гидрофобностью циклогексана, и, следовательно, его меньшей способностью к адсорбции на силикагеле. Однако учитывая, что ПДК алифатических соединений около 100 мг/м³ (циклогексан — 80 мг/м³), такого объема отобранного воздуха достаточно для определения содержания их на уровне ПДК.

В зависимости от состава вредных веществ, количество отбираемого воздуха может составлять от 1 до 10 л на 1 мл силикагеля. С целью снижения объема воздуха при поглощении хорошо адсорбирующихся веществ количество силикагеля в поглощающей трубке может быть снижено до 0,1 мл.

Далее необходимо было определить оптимальные условия десорбции адсорбированных силикагелем соединений, ввести в хроматограф и количественно проанализировать. Известно, что вода полностью экстрагирует адсорбированные на силикагеле растворимые в ней органические соединения. Однако гидрофобные соединения водой не экстрагируются.

Для увеличения растворимости в воде гидрофобных органических веществ было предложено вводить в воду неионогенные поверхностно-активные вещества (ПАВ), что позволяет перевести нерастворимые вещества в раствор с образованием стойкой эмульсии, которая разрушается при введении в испаритель хроматографа.

Задачей исследования было определение оптимального вида ПАВ и его содержания в воде для количественного определения органических веществ. Исследование процесса десорбции органических веществ с силикагеля проводили на установке статического приготовления искусственных смесей воздуха с углеводородами, представляющей калибровочную емкость, в которую вводили микроколичества определяемых компонентов.

В процессе исследования использовали углеводороды: циклогексан, толуол и метилацетат; наиболее активный силикагель КСМ-5. Неионогенными поверхностно-активными веществами служили: ОП-10, ПВС, Твин-80.

Экспериментальные данные показывают, что чем менее растворимо соединение, тем хуже протекает экстракция органических соединений из силикагеля. Так, метилацетат выводится из силикагеля даже чистой водой, а толуол и циклогексан вымываются только очень большим количеством воды, причем концентрация их в воде при добавлении первых порций раствора растет. Это, вероятно, связано с тем, что с первыми порциями воды адсорбированные водой растворимые вещества проникают к центру гранулы силикагеля и постепенно выводятся следующими порциями. Введение в воду 0,5 % неионогенного ПАВ увеличивает экстракцию водорастворимых веществ. Лучшим из исследуемых ПАВ явилось поверхностно-активное вещество

ОП-10, для которого полное вымывание органических веществ происходило при введении 4...6 мл воды на 1 мл силикагеля. Единственным недостатком ПАВ ОП-10 было наличие в его составе незначительных примесей, которые могли бы повлиять на определение веществ в воздухе ниже 0,1 мг/м³. Для устранения указанного недостатка перед использованием ПАВ ОП-10 необходимо нагреть до кипения.

Были получены дополнительные данные по экстракции разных классов веществ водными растворами ПАВ ОП-10 (табл. 2). Полученные данные подтвердили, что скорость экстракции зависит как от растворимости анализируемого вещества в воде, так и от содержания ПАВ.

Результаты исследований показали, что введение ПАВ не только увеличивает степень десорбции органических веществ из силикагеля, но и повышает их устойчивость в виде эмульсии в водном растворе. Наибольшая концентрация органических веществ в растворе (≈ 95 %) возникает при выдержке раствора с силикагелем в течение 15...20 мин. Поэтому при количественном определении необходимо, чтобы время с начала экстракции органических веществ из силикагеля до ввода пробы в хроматограф составляло не менее 15 мин.

Исследования по концентрированию органических веществ из воздуха силикагелем с последующей экстракцией водой в присутствии неионогенного ПАВ показали высокую эффективность такого способа. Применение предварительного концентрирования повышает чувствительность газохроматографического определения вредных веществ и позволяет определить их при содержании в воздухе на уровне ПДК. Это очень важно при осуществлении контроля за содержанием вредных веществ в воздухе.



В результате исследований были разработаны методические указания по определению ряда органических веществ в воздухе рабочей зоны, утвержденные Минздравом СССР как нормативные документы № 5912—91 от 10.09.91, № 4883—88 от 12.12.88 и № 4526 от 21.10.87, а также методика выполнения измерений массовых концентраций органических веществ в воздухе рабочей зоны, выбросах в атмосферу и атмосферном воздухе методом газожидкостной хроматографии, аттестованная в соответствии с ГОСТ Р 8.563—96 ФГУП "УНИИМ" (свидетельство об аттестации методики выполнения

измерений № 224.02.11.072/2006) и включенная в Федеральный реестр методик выполнения измерений, применяемых в сферах распространения государственного метрологического контроля и надзора за № ФР.1.31.2006.02433.

Разработанные методики газохроматографического измерения органических веществ внедрены в НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге, ФГУН Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий Роспотребнадзора, на ОАО "Вектор", г. Екатеринбург.

УДК 543.544.062

А. А. Ляпки¹, канд. хим. наук, **Н. С. Чуракова**, канд. хим. наук, **К. Ю. Домрачев**, НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге
E-mail: iot@etel.ru

Применение адсорбционно-каталитических методов для количественного определения оксида углерода и суммы органических веществ в воздухе

Показано, что известные способы определения суммы органических веществ имеют низкую чувствительность и точность, они не селективны и сложны в исполнении. Предложенный метод, заключающийся в предварительной адсорбции органических соединений на неорганическом адсорбенте, содержащем каталитически активные компоненты с последующим нагревом адсорбента в токе воздуха и окислением органических веществ до углекислого газа и воды.

Ключевые слова: оксид углерода, сероводород, аммиак, бензин, керосин, мазут, адсорбция, γ -оксид алюминия, катализатор, газовая хроматография.

Lyapkin A. A., Churakova N. S., Domrachev K. Yu. *The use of adsorption and catalytic methods to detect carbon oxide and the total amount of organic substances in the air*

The known methods of determination of the total amount of organic substances offer low sensitivity and precision, are not selective and are difficult to use. The method suggested requires prior adsorption of organic compounds on a non-organic adsorbent bed containing catalytically active components with consequent heating of the adsorbent in an air current and oxidation of organic substances to obtain carbon dioxide and water.

Keywords: carbon oxide, hydrogen sulphide, ammonia, benzene, kerosene, masut, adsorption, aluminum γ -oxide, catalyst, gas chromatography.

К наиболее распространенным загрязнителям воздуха относятся такие вещества как оксид углерода, сероводород, аммиак и различные виды жидкого топлива (бензин, керосин, мазут и др.). Анализ оксида углерода является одним из самых важных в санитарной химии воздуха, поскольку по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) оксид углерода является одним из четырех основных загрязнителей воздуха.

Для определения оксида углерода обычно применяют методы газовой хроматографии. Однако известные методы имеют низкую чувствительность и точность, они не селективны и сложны в исполнении. Такие же недостатки характерны и для методов определения суммы органических веществ и сернистых соединений в воздухе.

Было сделано предположение, что для анализа вышеуказанных веществ можно использовать метод адсорбционно-каталитического превращения, который обычно применяют для очистки отходящих газов от вредных органических веществ [1].

Метод заключается в предварительной адсорбции органических соединений на неорганическом адсорбенте, содержащем каталитически активные компоненты с последующим нагревом адсорбента в токе воздуха и окислением органических веществ до углекислого газа и воды. Этот принцип был по-

ложен в основу разработки способа количественного определения вредных веществ в воздухе.

Исследования проводили на хроматографе ЛХМ-8МД с детектором по теплопроводности. Испытание различных каталитических систем позволило определить наиболее активный и селективный адсорбент-катализатор (γ -оксид алюминия, содержащий 5...15 % масс. оксида меди).

Как показали исследования γ -оксид алюминия, содержащий 5...15 % оксида меди, избирательно адсорбирует оксид углерода, который при нагреве адсорбента выше 350 °С окисляется до углекислого газа. Выделившийся углекислый газ может быть определен количественно методом газовой хроматографии. Для исключения мешающего влияния углекислого газа и органических веществ, содержащихся в анализируемом воздухе, используют ловушку, заполненную аскаритом или активированным углем.

Легкие углеводороды (до C_4), прошедшие ловушку, удаляются путем предварительной продувки адсорбента газом-носителем в течение 1...2 мин. При нагреве адсорбента до 350...400 °С оксид углерода избирательно окисляется до диоксида углерода, в то время как органические вещества, оставшиеся на γ -оксиде алюминия, практически не окисляются, так как для этого необходима более высокая (более 400 °С) температура.

Результаты исследований приведены в таблице.

При отборе пробы воздух аспирировали через адсорбент, находящийся в стеклянной трубке, с по-

мощью мехового аспиратора или медицинского шприца емкостью 100 мл. Объем отбираемого воздуха — от 0,01 до 1,0 л в зависимости от предполагаемой концентрации оксида углерода. После отбора пробы закрытые заглушками трубки можно хранить до 10 дней.

Определение оксида углерода проводили на хроматографической колонке диаметром 3 мм и длиной 0,5 м, заполненной активированным углем АГ-3 (фракция 0,25...0,5 мм).

Были установлены оптимальные условия хроматографирования: температура термостата колонки — 85 °С; температура испарителя — 100 °С; температура термостата детектора — 85 °С; ток моста катарометра — 150 мА; скорость газа-носителя (гелия) — 30 мл/мин. Время удерживания диоксида углерода — 37 с.

После каждого измерения пробоотборную трубку продували воздухом с нагревом адсорбента до 450...500 °С, при этом происходила регенерация адсорбента, после чего пробоотборную трубку можно использовать повторно. Время выполнения измерения, включая отбор проб — около 5 мин. Нижний предел измерения концентрации оксида углерода в хроматографируемом объеме — 0,1 мкг, в воздухе — 1 мг/м³ (при отборе 1,0 л воздуха). Диапазон измерения концентраций оксида углерода в воздухе — от 1 до 1000 мг/м³.

Предварительно были исследованы каталитически активные контакты на основе переходных металлов (CuO , MnO_2 , V_2O_5 , Cr_2O_3 и др.). Было выявлено, что оксиды меди и хрома, нанесенные на γ -оксид алюминия, обладают высокими каталитическими свойствами окисления органических веществ до углекислого газа. Для повышения избирательности по органическим веществам в катализатор следует вводить сульфат ванадия, который препятствует адсорбции углекислого газа [2].

Адсорбент помещали в центр пробоотборной трубки (длина слоя адсорбента в трубке 2...3 см). Пробоотборную трубку предварительно кондиционировали путем продувки через нее воздуха при 500 °С в течение 2 мин, затем закрывали резиновыми или пластиковыми заглушками и хранили при комнатной температуре. Для отбора пробы анализируемый воздух в количестве 0,1...1,0 л аспирировали через пробоотборную трубку с помощью мехового аспиратора или медицинского шприца емкостью 100 мл. После отбора пробы трубку за-

Влияние температуры нагрева адсорбента на определение оксида углерода

Адсорбент	Температура нагрева адсорбента, °С	Содержание в анализируемом воздухе, мг/м ³				Определено CO , мг/м ³
		CO	CO_2	CH_4	Бензин	
5 % оксида меди на γ -оксиде алюминия	370					39
	390	40	560	1200	450	39
	400					39
10 % оксида меди на γ -оксиде алюминия	350					54
	390	55	560	750	420	53
	410					54
15 % оксида меди на γ -оксиде алюминия	360					71
	390	72	560	1400	340	72
	430					75



крывали заглушками. Срок хранения пробы не менее 10 дней.

Нижний предел измерения в хроматографируемом объеме — 0,1 мкг (в пересчете на углерод), в воздухе — 0,1 мг/м³ (при отборе 1,0 л воздуха). Диапазон измеряемых концентраций органических веществ в воздухе от 0,1 до 10⁴ мг/м³. Измерению не мешают углеводороды до С₄ включительно, оксиды углерода, аммиак, вода и другие неорганические соединения. Суммарная погрешность не превышает 15 %.

На основании результатов исследований разработаны Методические указания по газохроматографическому измерению концентраций суммы органических соединений (в пересчете на углерод),

которые утверждены Минздравом СССР и включены в сборник МУ вып. № 12 (МУ № 5910—91 от 10.09.91). Методика внедрена в НИИ охраны труда в г. Екатеринбурге, на ОАО "Вектор", г. Екатеринбург.

Список литературы

1. А. с. 816537 СССР, МКИ В01Р19/04. Устройство термической очистки газовых смесей / А. Л. Шельпин, В. И. Зубко, Г. Ю. Бердичевская (СССР). — Заявлено 10.05.76; Опубл. 10.03.81, Бюл. № 12 // Открытия, изобретения. — 1981. — № 12.
2. А. с. 1456887 СССР, МКИ О0Ж31/22. Способ определения оксида углерода в воздухе / А. А. Ляпкин, К. Ю. Домрачев (СССР) — № 4213119/28-26; Заявлено 23.03.87; Опубл. 07.02.89, Бюл. № 5 // Открытия, изобретения. — 1989. — № 2.

ИНФОРМАЦИЯ

7-я Международная конференция "Сотрудничество для решения проблемы отходов"

7—8 апреля 2010 года

Харьков, Украина

Тематика мероприятия охватывает все аспекты управления твердыми отходами, сточными водами и выбросами в атмосферу.

Подробности проекта — у организаторов или на сайте конференции
<http://www.waste.com.ua/cooperation>

Контакты: от имени организаторов, Анатолий Попов, директор ООО "Экологический альянс".

Тел./факс: + 38 (057) 712-11-05, 759-19-90, моб. + 38 (067) 910-67-96.

E-mail: ecoinvest@vl.kharkov.ua, world_of_waste@mail.ru.

Для писем: "Экологический альянс", а/я 81, г. Харьков, 61052, Украина

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

Журнал выходит при содействии Учебно-методического совета "Техносферная безопасность" Учебно-методического объединения вузов по университетскому политехническому образованию и Научно-методического совета "Безопасность жизнедеятельности" Министерства образования и науки Российской Федерации

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Телефон редакции журнала (499) 269-5397, тел./факс (499) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

Телефон главного редактора (812) 550-0766, e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Дизайнер Т. Н. Погорелова.

Технический редактор Е. В. Конова. Корректор Т. В. Пчелкина.

Сдано в набор 12.11.09. Подписано в печать 21.12.09. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,14. Заказ 16.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика". 142100, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15.