



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

3(111)
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

ПРЕДСТАВЛЯЕМ ОРГАНИЗАЦИЮ — ФГОУ ВПО "КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Иванов В. Е. Калининградский государственный технический университет — крупнейшее высшее техническое учебное заведение самого западного региона России 2
Минько В. М. О кафедре "Безопасность жизнедеятельности" Калининградского государственного технического университета. 5

ОХРАНА ТРУДА

Титаренко И. Ж. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в Калининградской области 9
Постылова И. А. К определению оптимальной стратегии улучшения освещенности в помещениях. 15

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Белей В. Ф. Некоторые проблемы биоэлектромагнитной совместимости электротехнических комплексов и систем 19
Благинин В. А., Кажекин И. Е. Варианты защиты судовых электросистем от однофазных замыканий 23
Бондарь Е. А. О методах оценки профессионального риска и путях их совершенствования . . 31
Минько В. М. Математическая модель задачи проектирования вентиляционной системы. . . 36

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Благинин В. А., Кажекин И. Е. Профилактика аварийности отечественного рыбопромыслового флота 40
Бирюков Ю. М., Пименов А. А., Ходжаев Р. Р. О механизме внезапных прорывов газа с динамическим разломом почвы подготовительных выработок 47

ОБРАЗОВАНИЕ

Погожева Н. В. Тема "Электромагнитная безопасность" в дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" (методические размышления) 52

Приложение. Минько В. М. Об оценке и оптимальном управлении снижением профессиональных рисков.

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.

ПРЕДСТАВЛЯЕМ ОРГАНИЗАЦИЮ — ФГОУ ВПО "КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

В. Е. Иванов, канд. техн. наук, проф.,
ректор Калининградского государственного технического университета
E-mail: bbbondar@rambler.ru

Калининградский государственный технический университет — крупнейшее высшее техническое учебное заведение самого западного региона России

Наш университет вносит свой вклад в благородное дело образования и науки в стране с 1913 г. Именно 13 июля 1913 г. император Николай II подписал одобренный Госсоветом и Госдумой "Закон об учреждении отделения рыбоведения при Московском сельскохозяйственном институте". И в этом же году к занятиям приступила первая группа студентов.

В 1923 г. на базе отделения рыбоведения был образован рыбохозяйственный факультет, а в 1930 г. — самостоятельный Московский технический институт рыбной промышленности и хозяйства. Его первым ректором стал М. Г. Непряхин. И вплоть до 1958 г. институт находился в Москве, будучи головным вузом отрасли.

В 1958 г. с целью приближения подготовки специалистов к производству, к месту их использования, а также учитывая бурное развитие Всесоюзного рыбопромышленного объединения Западного бассейна, правительство страны приняло решение о переводе института в Калининградскую область. В постановлении Совмина СССР и Совмина РСФСР № 546 от 2.05.58 было указано:

"... Совет Министров Союза ССР постановляет:

1. Принять предложение... о переводе в г. Калининград Московского технического института рыбной промышленности и хозяйства и впредь именовать его — Калининградский технический институт рыбной промышленности и хозяйства.

Принять к сведению сообщение Совета Министров РСФСР и Калининградского облисполкома о том, что переводимый в г. Калининград институт обеспечивается учебными и жилыми помещениями.

2. Обязать Министерство высшего образования СССР закончить до 1 сентября 1959 г. перевод из г. Москвы в г. Калининград Московского технического института рыбной промышленности и хозяйства.

Прием на первый курс в указанный институт проводить начиная с 1958/59 учебного года в г. Калининграде...".

Так началась жизнь вуза на калининградской земле. Ему были выделены три капитальных здания в центре города с общей полезной площадью 22 301 м². Институт сразу стал крупнейшим высшим техническим учебным заведением региона. Поэтому вполне закономерно то, что в 1994 г. институт обрел статус технического университета. За пять десятилетий насыщенной деятельности университета на калининградской земле в его стенах подготовлено более 40 000 инженеров. Они востребованы во всех уголках нашей страны, дальнего и ближнего зарубежья.

Важнейшим принципом деятельности университета было и остается единство обучения, научных исследований и инженерных разработок. Большое значение придается укреплению связей учебного заведения с предприятиями и организациями Калининградской области, учету потребностей региона в кадрах молодых специалистов, обеспечению возможностей для повышения квалификации по самым различным направлениям на базе соответствующих кафедр университета. Будучи центром образования, науки и культуры в регионе, университет уделяет постоянное внимание повышению качества образования, интеграции в международное образовательное пространство, реализации совместно с различными международными организациями научных исследований по самым актуальным проблемам Калининградской области и сопредельных стран. Соблюдаются лучшие традиции и достижения отечественной высшей школы.

В январе 2009 г. университет проходил проверку и его деятельность признана соответствующей требованиям государственных образовательных стандартов. В настоящее время идет подготовка к переходу на новые государственные образовательные стандарты, разработанные с использованием

компетентностного подхода к формированию образовательных программ, учитывающих мировые тенденции, запросы личности и рынка труда.

Факультет биоресурсов и природопользования

Это старейший факультет университета. Именно с него начинается история вуза — с далекого 1913 г. В Калининградской области есть все условия для развития факультета — обилие рек, озер, заливов, близость моря. В настоящее время в составе факультета шесть кафедр, два учебных музея — ихтиологический и гидробиологический. Работают на факультете увлеченные, преданные своей науке люди: 14 профессоров, докторов наук, 50 доцентов, кандидатов наук. В аспирантуре обучаются 56 аспирантов. С 1999 г. ведется обучение по новой специальности 020801.65 "Экология".

Факультет промышленного рыболовства

История факультета начинается с 1915 г. Именно в этом году была открыта кафедра техники добычающего рыбного промысла на отделении рыбоведения Московского сельскохозяйственного института. Первым профессором кафедры и ее бессменным руководителем был ученый с мировым именем, основоположник науки о промышленном рыболовстве Федор Ильич Баранов (1886—1965 гг.). Становление факультета относится к 1931 г. Главной его задачей всегда была подготовка специалистов-инженеров для промышленного рыболовства. Одновременно выпускники получали диплом судоводителя.

В последние годы объемы добычи рыбы сократились, соответственно снизилась и потребность в кадрах. Поэтому на факультете дополнительно с 1998 г. открыта подготовка инженеров по специальностям "Комплексное использование и охрана водных ресурсов", а с 1999 г. — "Безопасность технологических процессов и производств". Сейчас на факультете три выпускающие кафедры — промышленного рыболовства; водных ресурсов и водопользования; безопасности жизнедеятельности. Следует отметить, что подготовка специалистов по безопасности технологических процессов и производств именно на факультете промышленного рыболовства имеет свои основания. Рыболовство, особенно морское и океаническое, и сегодня — достаточно рискованное занятие. Поэтому вопросы профессиональной безопасности рыбаков всегда были в центре внимания ученых факультета.

Факультет судостроения и энергетики

Этот факультет в 1970—1980-е годы был самым большим — обучалось более 600 студентов. Он был создан в мае 1944 г. Стране нужна была рыба и со-

ответственно рыболовные, рыбообрабатывающие и прочие суда. И факультет не подвел ожидания страны: начали бурно развиваться судостроение и судоремонт и связанная с ними инфраструктура. Отечественный рыбопромысловый флот к концу прошлого столетия стал крупнейшим в мире.

Факультет подготовил 15 докторов технических наук, 85 % профессорско-преподавательского состава имеют ученые степени и звания, работают пять кафедр: кораблестроения, строительной механики корабля и сопротивления материалов, судовых энергетических установок и теплоэнергетики, электрооборудования судов и электроэнергетики, теплогазоснабжения и вентиляции, промышленного и гражданского строительства. Последние две кафедры образованы в связи с тем, что факультет стал дополнительно готовить инженеров по промышленному и гражданскому строительству, а также по теплогазоснабжению и вентиляции.

Механико-технологический факультет

Факультет ведет свою родословную с 1915 г. Уже на отделении рыбоведения Московского сельскохозяйственного института была создана кафедра технологии рыбных продуктов. И тогда понимали, что задача выращивания рыбы обязательно должна дополняться задачей обработки рыбного сырья и сохранности соответствующих рыбных продуктов.

Достаточно уникальный случай: 28 лет руководил факультетом канд. хим. наук, доц. Ю. А. Воронников.

Сейчас на факультете шесть кафедр: технологии продуктов питания; пищевых и холодильных машин; технологии обработки материалов; теории механизмов, машин и деталей машин; пищевой биотехнологии; инженерной графики. Обучаются более 1000 студентов по всем формам обучения. За годы пребывания университета на калининградской земле подготовлено более 6000 специалистов для пищевой промышленности.

Факультет автоматизации производства и управления

Указанный факультет — самый юный в университете. Он был создан в 1984 г. на базе механического факультета и осуществляет подготовку инженеров по пяти специальностям. В него входят три кафедры, имеющие сложившиеся традиции, богатое прошлое: автоматизации производственных процессов, систем управления и вычислительной техники, технологии автоматизированного машиностроения. Молодые специалисты, подготовленные на факультете, востребованы в современном мире новых компьютерных технологий. Обучение осуществляется в новейших классах и лабораториях.



Экономический факультет

Факультет начинался с кафедры экономики рыбного хозяйства, которая была создана в 1914 г. А в мае 1930 г. был образован организационно-экономический факультет. Весьма примечательны названия тогдашних его пяти кафедр: политической экономики, диалектического материализма и ленинизма, экономики рыбного хозяйства, организации крупных социалистических рыбохозяйственных предприятий, теории и практики кооперативно-колхозного строительства. Учитывались общие ориентиры развития страны — создание крупных предприятий, рыболовецких колхозов.

Сейчас на факультете четыре кафедры, готовятся специалисты по семи специальностям и направлениям. При факультете работает Институт экономики и менеджмента, осуществляющий подготовку по очно-заочной форме обучения. Создан также Центр дистанционного обучения по экономическим специальностям, который проводит обучение с использованием Интернет-технологий.

Факультет является самым крупным в университете по числу обучающихся в нем студентов. На нем работают 12 докторов наук, профессоров, более 50 кандидатов наук, доцентов. В основе работы факультета лежит концепция развития страны в условиях перехода к рыночным отношениям.

Факультет гуманитарной подготовки

Этот факультет создан в 1992 г., т. е. ему всего 17 лет, однако вошли в него кафедры с глубокими корнями, устоявшимися традициями: истории; философии и культурологии; социальных наук, педагогики и права; иностранных языков; русского языка; физической культуры. Ведется большая учебная, научная, воспитательная и общественная работа. Подготовку студентов и аспирантов ведут шесть докторов, более 40 кандидатов наук, доцентов, 70 старших преподавателей и ассистентов. Создание факультета ознаменовало усиление внимания к гуманитарной, общей мировоззренческой подготовке студентов, что имеет большое значение в обучении и по техническим специальностям.

Факультет фундаментальной подготовки

Факультет образован в 1995 г. В него входят четыре кафедры: физики, химии, высшей математики, прикладной математики, а также Физико-технический центр. Создание факультета позволило объединить все фундаментальные дисциплины, преподаваемые в университете, добиться их большей координации и повысить эффективность обучения по этим сложным дисциплинам. Факультет располагает всеми необходимыми лабораториями, высококвалифицированным преподавательским со-

ставом — девять докторов наук, профессоров, более 40 кандидатов наук, доцентов. Проводятся фундаментальные и прикладные исследования по актуальным вопросам физики, математики и химии.

Факультет повышения квалификации

Факультет создан на базе курсов повышения квалификации. Его основными направлениями деятельности стали обучение, профессиональные переподготовки, повышение квалификации, аттестация рабочих мест по условиям труда, сертификация работ по охране труда в организациях. Все виды деятельности факультета осуществляются только на договорной основе.

На факультете проходят переподготовку и повышают квалификацию инженеры по охране труда, инженеры электротехнических и строительных специальностей и др. С факультетом сотрудничают более ста самых квалифицированных и опытных преподавателей университета. За 20 лет работы на факультете повышения квалификации прошли обучение более 20 000 слушателей, в том числе более 1100 энергетиков, более 80 инспекторов рыбоохраны, около 250 работников автозаправочных станций, около 900 инженеров по охране труда.

Важно обратить внимание на то, что в структуру университета входит Европейская бизнес-школа, сочетающая обучение по европейским и российским программам, деканат по работе с иностранными студентами (ежегодно в университете обучаются более ста студентов из 15 зарубежных государств), Центр дополнительной подготовки обучающихся.

Большое внимание уделяется научной работе студентов. Ежегодно проводятся олимпиады, студенческие научно-технические конференции, на которых работают около 30 секций, в том числе "Безопасность жизнедеятельности".

Неотъемлемой частью учебного и воспитательного процесса в университете является спорт. Еще в 1945 г. была организована кафедра физической подготовки (сейчас — физической культуры). С 1971 г. проводятся Дни спорта, которые превратились в большие спортивные праздники. Среди спортсменов университета есть чемпионы России, чемпионы и рекордсмены Калининградской области.

Калининградский государственный технический университет живет полноценной жизнью, его выпускники — главный кадровый потенциал различных отраслей экономики Калининградской области. Сохраняя традиции отечественной высшей школы, вбирая все лучшее, накопленное в других передовых странах, коллектив университета достойно выполняет свою важнейшую функцию — центра высшего технического образования в самом западном регионе России.



В. М. Минько, д-р техн. наук, проф.,
зав. кафедрой "Безопасность жизнедеятельности"
Калининградского государственного технического университета,
Заслуженный работник рыбного хозяйства РФ, акад. МАНЭБ
E-mail: bbbondar@rambler.ru

О кафедре "Безопасность жизнедеятельности" Калининградского государственного технического университета

История кафедры на калининградской земле начинается с 1958 г. Тогда кафедра называлась "Строительное дело, санитарная техника и техника безопасности". Основной учебной дисциплиной была "Техника безопасности и противопожарная техника". В 1965 г. в известных документах ВЦСПС, Минвуза СССР были отмечены недостатки в подготовке молодых специалистов по вопросам безопасности на производстве, и в вузах была введена обязательная дисциплина "Охрана труда". А уже 10 ноября 1966 г. в нашем вузе была образована одноименная с названием основной учебной дисциплины кафедра. В отчете кафедры за 1967/68 учебный год указано, что на ней работали пять преподавателей и один учебный мастер.

В 1990 г. с учетом соответствующих рекомендаций Минвуза СССР кафедра была преобразована и стала называться "Охрана труда и окружающей среды" (приказ № 72 от 6.04.90 г.), а в 1992 г. в связи с необходимостью более широкого подхода к вопросам обеспечения безопасности на базе этой кафедры и цикла гражданской обороны создана нынешняя кафедра "Безопасность жизнедеятельности". Сейчас на кафедре трудятся 13 преподавателей (докторов наук, профессоров — 3, кандидатов наук, доцентов — 5, ст. преподавателей — 5). Учебно-вспомогательный состав кафедры включает пять человек.

Много лет кафедрой возглавлял канд. техн. наук, доц. В. Г. Поярков. Именно при его руководстве кафедрой (1970—1982 гг.) активизировались и учебно-методическая и научная деятельность подразделения. Были подготовлены и изданы первые учебные пособия и учебники по охране труда в рыбной промышленности.

За период с 1975 по 1995 гг., т. е. за 20 лет, кафедрой были опубликованы 155 научных и 65 учебно-методических работ. Общий тираж опубликованных методических работ составил около 50 000 экз., общий объем — 267,2 печ. л. Хотя кафедра в те годы

не была выпускающей, однако под руководством наших преподавателей были защищены 32 дипломных проекта по различным вопросам безопасности на производстве.

Кафедра ведет учет того, что сделано. За 1996—2005 гг., т. е. за 10 лет, издано 115 научных и 32 методические работы. Общий тираж методических работ за указанные годы — около 6000 экз., объем 125,9 печ. л. Можно констатировать, что, несмотря на известные трудности 1990-х годов, уход отдельных преподавателей в бизнес-структуры, кафедра сумела сохранить свой потенциал.

В жизни кафедры можно выделить заметные вехи: 1976 год — в Москве издано первое учебное пособие "Охрана труда в рыбной промышленности", среди авторов которого были преподаватели кафедры В. Г. Поярков и В. Л. Амитонов; 1981 год — начало хозяйственных научно-исследовательских работ по охране труда; 1984 год — Министерством рыбного хозяйства СССР В. М. Каменцевым утверждено разработанное кафедрой "Положение об организации управления охраной труда в рыбном хозяйстве", которое было издано тиражом 10 000 экз.; 1985 год — утверждены подготовленные кафедрой типовые стандарты предприятий по управлению охраной труда во всех основных подотраслях рыбного хозяйства (базы флотов, судоремонтные предприятия, рыбные порты, рыбокомбинаты и др.); 1988 год — кафедра стала экспонентом ВДНХ СССР и получила три серебряные медали за создание разработок "Методическое и программное обеспечение кабинета охраны труда промышленного предприятия"; 1990 год — в Москве изданы учебник "Охрана труда на предприятиях рыбного хозяйства" (авторы — преподаватели кафедры В. М. Минько и В. Г. Поярков) и монография "Безопасность труда в промышленном рыболовстве" (автор — В. М. Минько), 1994 год — решением Госкомвуза России № 943 от 19.09.94 при кафедре открыта



аспирантура по специальности 05.26.01 "Охрана труда", а в 1995 году по этой специальности приняты два аспиранта; 1995 год — при кафедре образован Межотраслевой центр охраны труда, который в настоящее время включает три подразделения: учебный центр, испытательная (измерительная) лаборатория, орган по сертификации; 1999 год — приказом Минобразования России от № 1102 от 23.04.99 в университете открыта специальность "Безопасность технологических процессов и производств" и кафедра стала выпускающей по этой специальности.

Учебная работа

Кафедра ведет обучение студентов по 22 учебным дисциплинам, по которым подготовлены современные учебно-методические комплексы. Прошедшая в январе 2009 г. проверка подтвердила соответствие постановки учебного процесса и качества подготовки специалистов требованиям государственных образовательных стандартов. Большинство выпускников кафедры работают по полученной в университете специальности.

Кафедра выполняет большой объем учебной работы со слушателями факультета повышения квалификации руководителей и специалистов по охране труда, осуществляет экспертизу материалов по несчастным случаям на производстве, проводит аттестацию рабочих мест по условиям труда, активно участвует в научных исследованиях по актуальным проблемам охраны труда. Все это способствует повышению качества обучения. По инициативе кафедры в учебный процесс включен ряд новых дисциплин: математическое моделирование в охране труда, безопасность труда в строительстве, охрана труда в отраслях экономики, устройство и эксплуатация электроустановок, промышленная вентиляция и отопление и др. Тем самым учитываются специфика и потребности калининградского региона в специалистах по безопасности технологических процессов и производств.

В среднем годовой объем учебной нагрузки по кафедре составляет около 11 000 часов, в частности за 2006/07 учебный год фактически выполненная нагрузка составила 10 870 часов, в 2007/08 году — 10 504 часа на 13,5 ставок преподавательского состава. Важно отметить, что преподаватели кафедры участвуют в работе государственных аттестационных комиссий практически по всем специальностям, по которым ведется подготовка молодых специалистов.

Учебно-методическая работа

Кафедру всегда отличала активность в разработке учебно-методического обеспечения учебного процесса. Подготовлен ряд учебников, учебных пособий, сборников задач, лабораторных практикумов, справочников, справочно-методических пособий, методических указаний и рекомендаций. Учебник "Охрана труда в рыбном хозяйстве" и учебные пособия: "Управление безопасностью труда", "Аттестация рабочих мест", "Электромагнитная безопасность. Нормирование и защита" получили грифы Росрыболовства и УМО по университетскому политехническому образованию. Некоторые подготовленные кафедрой учебные пособия "Производственная безопасность", "Экономика безопасности труда", "Развитие гигиены и охраны труда в России" являются, пионерскими разработками.

Сотрудники кафедры разрабатывают также методическое обеспечение повышения квалификации руководителей и специалистов по охране труда, обучения уполномоченных (доверенных) лиц по охране труда. По этому направлению за последние годы подготовлено и издано три учебных пособия. Разработана и реализуется 210-часовая программа переподготовки и повышения квалификации инженеров по охране труда, завершающаяся защитой аттестационно-выпускной работы.

Материально-техническая база

Кафедра располагает девятью помещениями общей площадью 325 м². В этих помещениях развернуты специализированные аудитории, кабинеты и лаборатории. В учебном процессе используются более 20 лабораторных работ, которые выполняются, в основном, на современном учебно-лабораторном оборудовании. Некоторые лабораторные стенды изготовлены сотрудниками кафедры, например, по исследованию взрываемости газозвуковых смесей, комплексной оценке состояния условий труда, оценке звукоизолирующей способности различных материалов.

В коридоре кафедры площадью свыше 150 м² развернута постоянно действующая выставка современных средств индивидуальной защиты, предохранительных приспособлений и пожарной техники, вызывающая большой интерес у студентов и специалистов. Выставка систематически обновляется и пополняется и является единственной на территории Калининградской области.

Кафедра располагает парком современных ПЭВМ, оргтехникой, доступами в интернет, двумя

автоматизированными обучающими комплексами. Однако гордостью кафедры являются современные приборы контроля окружающей и рабочей среды. На их приобретение за последние три года из средств, заработанных кафедрой, направлено более двух миллионов рублей.

Научно-исследовательская работа

Основное научное направление кафедры определено следующим образом: оценка снижения профессиональных рисков в различных отраслях экономики и их оптимальное управление. По этому направлению за последние десять лет защищены одна докторская и две кандидатские диссертации, опубликованы более ста научных работ, в том числе несколько монографий, представлено ряд докладов на различные конференции в США, Испании, Польше, Белоруссии и др. Выполнен один проект по заданию Международной организации труда. Уже в 1987 г. кафедрой было разработано программное обеспечение аттестации рабочих мест с использованием возможностей тогдашних ПЭВМ. А в начале 1980-х годов с участием кафедры создана отраслевая система управления охраной труда (СУОТ) — имеется в виду Минрыбхоз СССР, на предприятиях которого было занято более 1 млн работников, в том числе примерно 250 тыс. плавсостава. Сравнение документов этой системы с содержанием нынешнего ГОСТ Р 12.0.006—2002 и заменяющего его с 1.07.2009 г. ГОСТ 12.0.230—2007 по управлению охраной труда, который является простой перепечаткой Руководства ILO-OSH 2001, оказывается не в пользу этого Руководства и прежде всего по той причине, что в нем не учитывается отечественный опыт построения системы управления охраной труда.

Исследования кафедры позволили обосновать важнейшие объективные количественные показатели состояния условий труда: интенсивность воздействия опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ), доза воздействия ОВПФ. Снижение этих показателей позволяет рассчитывать на уменьшение заболеваний работников и несчастных случаев.

Обоснован также показатель социально-экономической эффективности мероприятий по охране труда, пользуясь которым можно определить оптимальные сроки выполнения запланированных профилактических мероприятий, обоснованы и апробированы методы расчета программ снижения профессиональных рисков на предприятиях различных отраслей экономики.

Проводятся исследования по обоснованию численности госинспекций труда, создания единого надзорного органа в области охраны труда, промышленной безопасности, состояния рабочей среды по санитарно-гигиеническим факторам. На необходимость создания такого надзорного органа в работах кафедры указывалось еще в середине 1980-х годов. В настоящее время актуальность такой реформы только возросла.

В ноябре 2008 г. кафедра приняла активное участие в организации и проведении в г. Калининграде V Международного Российско-Белорусского семинара-конференции по вопросам совершенствования надзора и контроля в области охраны труда с участием представителей Международной организации труда и специалистов из Казахстана. Общее число участников семинара-конференции превысило 200 чел. Для участников был подготовлен сборник материалов "Актуальные проблемы охраны труда XXI века" и другие материалы.

Кафедра издает сборники научных трудов по актуальным вопросам теории и практики охраны и гигиены труда, статьи сотрудников кафедры печатаются в самых авторитетных периодических изданиях в сфере охраны и безопасности труда. Издается при участии кафедры газета "Охрана труда в Калининграде".

В конце 2008 г. образовано Калининградское отделение МАНЭБ в составе 12 академиков и членов-корреспондентов.

Кафедра выступила с обоснованием строительства в Калининградской области атомной электростанции, при этом были проанализированы причины аварий атомного реактора "Энрико Ферми" (г. Детройт, США), а также реактора на Чернобыльской АЭС.

Кафедра участвует в проведении ежегодных областных совещаний-семинаров по охране труда, в которых участвуют свыше 400 специалистов.

Важно подчеркнуть, что научные исследования кафедры тесно связаны с учебным процессом и способствуют его совершенствованию.

Межотраслевой центр охраны труда

При кафедре уже 14 лет работает Межотраслевой центр охраны труда. Он осуществляет аттестацию рабочих мест по условиям труда, сертификацию работ по охране труда в организациях, обучение по охране труда по стандартной 40-часовой программе, а также по оригинальной, разработанной на кафедре, 210-часовой программе, предназначенной для подготовки инженеров по охране труда, имею-



Итоги работы Межотраслевого центра охраны труда

Показатели	2003	2004	2005	2006	2007	2008
1. Аттестовано рабочих мест	988	913	1068	1671	2181	2233
2. Обучено руководителей и специалистов	2246	1828	1621	1943	1844	1741
3. Прошли обучение отдельные категории застрахованных работников	546	441	400	650	700	700
4. Прошли переподготовку и повышение квалификации инженеры по охране труда по 210-часовой программе	90	85	81	94	118	116
5. Сертифицировано организаций по охране труда	—	—	1	2	2	4

щих непрофильное для этой должности образование. Эта же программа используется и для повышения квалификации инженеров по охране труда — один раз в пять лет. Программа оказалась весьма популярной и в настоящее время обучение по ней ежегодно проходят более ста инженеров по охране труда. Результаты работы Межотраслевого центра охраны труда за последние шесть лет приведены в таблице. Именно благодаря работе центра, налаженным тесным связям с предприятиями и организациями Калининградской области, кафедра уже много лет занимает первое место в университете по объемам выполняемых хозяйственных договоров и не испытывает трудностей с набором на свою специальность "Безопасность технологических процессов и производств". Каждый пятый-шестой абитуриент, поступающий на нашу специальность — медалист.

Воспитательная работа

Кафедра уделяет большое внимание воспитательной работе со студентами, поддерживает связи с выпускниками. Назначены кураторы во всех учебных группах, проводятся дни кафедры, совещания в группах, собрания по торжественным датам. Студенты привлекаются к участию в общеобластных мероприятиях по охране труда, к участию в студенческих научных конференциях. На лекциях сообщается о выдающемся вкладе отечественных

ученых в развитие теории и техники безопасности. Сообщается также и о достижениях студентов — призовые места на научных мероприятиях, спортивных соревнованиях, о назначении именных стипендий. Все это способствует формированию дружных студенческих коллективов.

Заключение

Конечно очень трудно изложить в короткой статье все то, что сделано кафедрой за ее 50-летнюю историю. Важно добавить, что коллектив кафедры не живет только прошлым и настоящим, он полон творческих замыслов, устремлен в будущее. Нужно совершенствовать учебный процесс, готовить новые учебники и пособия, лабораторные работы, расширять материально-техническую базу, думать о привлечении к работе на кафедре молодых ученых и специалистов. В ближайших планах — организация предаттестационной подготовки лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию опасных производственных объектов, переход на новое поколение приборов контроля рабочей среды, расширение международных связей, расширение и углубление научных исследований, укрепление связей с производством. Именно в повышении безопасности производства, улучшении условий труда на всех рабочих местах, подготовке специалистов, способных решать эти задачи, состоит смысл жизни и деятельности коллектива кафедры.

Вниманию читателей и авторов!

В состав Ассоциации преподавателей и специалистов по безопасности жизнедеятельности, учрежденной 17 декабря 2009 г. (см. информацию об этом на 3-й стр. обложки № 2 за 2010 год журнала "Безопасность жизнедеятельности"), дополнительно включено отделение по Северо-Кавказскому Федеральному округу во главе с руководителем этого отделения проф. Алборовым Иваном Давыдовичем — e-mail: ekoskgmi@rambler.ru; 8 (8672) 749336, 727535, ф. 8 (8673) 748048.

УДК 613.6 (075.8)

И. Ж. Титаренко, канд. техн. наук, доц.,
Калининградский государственный технический университет
E-mail: bbbondar@rambler.ru

Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в Калининградской области

Рассмотрено состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в Калининградской области, проведены расчеты тренда показателя профессиональной заболеваемости, рассмотрен вопрос о возможных критериях соответствия условий труда требованиям безопасности и эффективности систем управления охраной труда.

Ключевые слова: классы условий труда, аттестация рабочих мест, условия труда, профессиональный риск, показатели заболеваемости.

Titarenko I. Z. Condition of working conditions and professional disease in the Kaliningrad area

In article the condition of working conditions and professional disease in the Kaliningrad area is considered, calculations of a trend of a parameter of professional disease are carried out, the question on possible criteria of conformity of working conditions to safety requirements and efficiency of control systems is considered.

Keywords: classes of working conditions, certification of workplaces, working conditions, a professional risk, parameters of the professional and professionally caused disease.

Сохранение здоровья нации — важнейшая государственная задача. Социальная политика государства в последние годы характеризуется признанием необходимости укрепления здоровья населения как главного фактора экономического роста и обеспечения национальной безопасности страны. Одним из приоритетных направлений охраны здоровья является проблема здоровья работающего населения. Она чрезвычайно многогранна и, помимо медицинских, включает социально-экономические, правовые и другие аспекты.

Опыт показывает, что при изготовлении продуктов, обработке сырья, производстве товаров, получении энергии и предоставлении услуг приходится сталкиваться с материалами, процессами и действиями, которые, в большей или меньшей степени, могут создавать опасности для здоровья работников. Осуществление деятельности, специально направленной на предотвращение и контроль за возникно-

вением и распространением вредного воздействия, имеющего место при осуществлении производственных процессов, может защитить работника и улучшить его здоровье, содействовать безопасному и непрерывному развитию производства, повышению социальной стабильности в обществе. Внедрение превентивных мер должно начинаться до фактического возникновения вредного воздействия и установления ущерба здоровью. Рабочая обстановка должна находиться под постоянным наблюдением. Только тогда вредные вещества и факторы можно своевременно обнаружить и удалить, либо проконтролировать их возникновение и распространение, прежде чем они окажут какое-либо вредное воздействие.

Большинство факторов рабочей среды и трудового процесса нормируются по уровню или дозе, а условия труда строго регламентированы с целью недопущения опасного или вредного воздействия на организм работников. Однако как известно из практики, в процессе работы появляются многочисленные нарушения здоровья, обусловленные или низкой эффективностью предупредительных мероприятий, или их полным отсутствием. Отмечаются значительные трудовые потери и существенный общий ущерб, вызванные производственным травматизмом, профессиональными и профессионально обусловленными заболеваниями [1].

Таким образом, создание безопасных условий труда, направленных на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, оптимизация управления охраной труда и в настоящее время являются весьма актуальными и имеют огромное практическое значение.

Проблема обеспечения безопасности человека на производстве почти всегда решается в условиях ограниченных экономических возможностей. Отсюда вытекает необходимость в разработке таких методов управления охраной труда, которые позволили бы получать управленческие решения, обеспечивающие максимум социального эффекта при ограниченных ресурсах. Реализация такого подхода возможна только через построение и исследование соответствующих математических моделей, учитывающих конкретные условия производства.



Известно, что полностью ликвидировать вредные и опасные факторы на производстве не удается, так как некоторые из них являются неотъемлемой частью обязательных технологических процессов. Однако потенциал их вредного воздействия может и должен контролироваться. Именно из этого вытекает необходимость применения количественных оценок риска здоровью работника, которые можно использовать при соответствующих расчетах, связанных с планированием оздоровительных мероприятий.

Методология оценки риска включает идентификацию опасности, установление зависимости "вредное воздействие — результат" и оценку вредного воздействия. Оценка вредного воздействия — часть процедуры оценки риска, осуществляемая для установления зависимости "вредное воздействие — результат". Очевидно, что оценки риска не влияют на защиту здоровья работников до тех пор, пока на их основе не будут приняты реальные предупредительные меры. Можно констатировать, что оценка риска — научная процедура, а управление риском — практическая деятельность, направленная на предотвращение возникновения факторов, представляющих опасность для здоровья работников, или снижение их уровней до приемлемых значений.

Концепция производственного риска здоровью работников во вредных условиях труда [2], получившая свое развитие благодаря переходу от ранее принимавшейся теории "абсолютной надежности" к новым представлениям о безопасности, подошла вплотную к поискам подходов к выяснению роли производства в заболеваемости трудоспособного населения [3, 4]. На решение этих вопросов направлены система социально-гигиенического мониторинга и система управления охраной труда в организациях, в рамках которых используются также и данные наблюдения за состоянием охраны и условиями труда работников.

В настоящее время возможно проведение оценки производственного риска для прогнозирования и профилактики профессиональных и профессио-

нально обусловленных заболеваний в конкретных организациях, поскольку работодатель обязан проводить аттестацию рабочих мест по условиям труда, информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения здоровья. Однако корреляционные связи факторов среды обитания (условий труда) с показателями здоровья населения (работников) изучены пока недостаточно. Этот же вывод относится и к оценкам степени соответствия условий труда нормативным значениям. Необходимо располагать конкретными информативными показателями интенсивности воздействия факторов условий труда, дозы неблагоприятного воздействия опасных и вредных факторов, которые должны быть доступными для расчета и основываться на сведениях о фактических значениях факторов рабочей среды, полученными в результате мониторинга условий труда, т. е. аттестации рабочих мест по условиям труда.

Для оценки современного состояния условий труда были обобщены и проанализированы результаты аттестации рабочих мест по условиям труда, проведенной испытательной лабораторией при Калининградском государственном техническом университете (КГТУ), которая с 2004 г. аккредитована в Системе сертификации работ по охране труда в организациях и переаккредитована в 2009 г. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, количество рабочих мест с допустимыми условиями труда (класс 2) в обследованных организациях Калининградской области колебалось от 6,4 до 33,5 %. Остальные рабочие места (по средним величинам — более 80 % обследованных) отнесены к вредным условиям труда (класс 3). Рабочие места с опасными (класс 4) и оптимальными (класс 1) условиями труда отсутствуют. Распределение рабочих мест по степени вредности имеется, к сожалению, только за 2007 и 2008 годы. В среднем ко вредным условиям труда 1-й степени отнесены 38,5 % рабочих мест, 2-й степени — 27,2 %, 3-й степени — 9,1 % и 4-й степени — 0,6 %.

Таблица 1

Результаты аттестации рабочих мест по условиям труда в организациях Калининградской области (по результатам работы испытательной лаборатории при КГТУ)

Год	Количество организаций	Количество рабочих мест, подвергшихся аттестации	Количество рабочих мест с классами условий труда, всего, %			
			оптимальные (класс 1)	допустимые (класс 2)	вредные (класс 3)	опасные (класс 4)
2004	122	3030	—	6,4	93,6	—
2005	130	3250	—	7,9	92,1	—
2006	94	2713	—	17,7	82,3	—
2007	112	3969	—	33,5	66,5	—
2008	160	3606	—	14,7	85,3	—
Итого	618	16 568	—	16,8	83,2	—

В соответствии с Руководством Р 2.2.2006—05 [5] условия труда класса 3 характеризуются наличием вредных факторов, уровни которых превышают гигиенические нормативы и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и/или его потомство. Если вредные условия труда 1-й степени этого класса вызывают функциональные изменения и повышают риск заболевания, то вредные условия труда 2-й степени могут привести к возникновению легких форм профессиональных заболеваний. То есть, состояние условий труда определяет уровень профессионально обусловленной и профессиональной заболеваемости работников.

Профессиональная заболеваемость является важнейшим показателем состояния здоровья работников. Ее выявление, регистрация, анализ, установление факторов, влияющих на статистические показатели весьма специфичны. Особенность профессиональных заболеваний заключается в том, что причина их всегда известна, а уровни на 100 % определяются состоянием условий труда.

Показатели профессиональной заболеваемости по России и Калининградской области (на 10 000 работников) представлены в табл. 2. Как видно из таблицы ежегодно в организациях Калининградской области в среднем регистрируется около 20 случаев (минимум — 7, максимум — 48) профессиональных заболеваний (отравлений). Столь значительный разброс не может быть объяснен различиями в ус-

ловиях труда, которые по годам практически не меняются. Возникает вопрос об истинном уровне профессиональной заболеваемости.

Внезапный рост случаев профессиональных заболеваний в 1994—1998 гг. связан с тем, что в этот период на территории Калининградской области был сформирован Центр профессиональной патологии на базе лечебного учреждения, обслуживающего предприятия рыбной, судоремонтной промышленности и морского транспорта и обеспечена лучшая выявляемость профессиональных заболеваний. Именно в этих отраслях было выявлено наибольшее число случаев профессиональных заболеваний. Снижение профессиональной заболеваемости в последующие годы связано, по-видимому, с неблагоприятной социально-экономической ситуацией в этих отраслях в целом, что привело к низкой обращаемости работников за медицинской помощью.

Из табл. 2 следует также, что частота профессиональной заболеваемости по Калининградской области существенно ниже, чем в целом по России — в среднем в 4,9 раза. Только в 1998 г. частота профзаболеваемости в регионе оказалась несколько больше, чем по России. Такое существенное различие данных по профзаболеваемости очевидно связано не с особенностями условий труда в Калининградском регионе, а с недостатками в организации выявляемости профессиональных заболеваний.

Таблица 2

Показатели профессиональной заболеваемости в Российской Федерации и Калининградской области за 1985—2006 гг. (на 10 000 работников)

Территория	Показатели*	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Российская Федерация	$K_{\text{ч}}^{\text{РФ}}$	0,93	0,96	1,00	1,05	1,36	1,96	2,08	1,88	1,85	1,81	1,89
Калининградская область	N $K_{\text{ч}}^{\text{КО}}$	10 0,18	10 0,23	19 0,36	13 0,26	15 0,16	15 0,35	12 0,24	9 0,24	10 0,22	26 0,33	33 0,36
	$K_{\text{ч}}^{\text{РФ}} / K_{\text{ч}}^{\text{КО}}$	5,2	4,2	2,8	4,0	8,5	5,6	8,7	7,8	8,4	5,5	5,3
Территория	Показатели*	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Российская Федерация	$K_{\text{ч}}^{\text{РФ}}$	2,33	2,32	1,85	1,77	1,81	2,24	2,23	2,13	1,99	1,61	1,61
Калининградская область	N $K_{\text{ч}}^{\text{КО}}$	42 0,54	48 1,95	44 2,49	19 0,62	17 0,57	26 0,89	11 0,38	15 0,45	10 0,35	9 0,35	7 0,22
	$K_{\text{ч}}^{\text{РФ}} / K_{\text{ч}}^{\text{КО}}$	4,3	1,2	0,7	2,9	3,2	2,5	5,9	4,7	5,7	4,6	7,3

* N — число впервые зарегистрированных профессиональных заболеваний (отравлений); $K_{\text{ч}}^{\text{РФ}}$ и $K_{\text{ч}}^{\text{КО}}$ — частота профессиональной заболеваемости по России и Калининградской области соответственно; $K_{\text{ч}} = (N/P) \cdot 10\,000$, где P — общая численность работников.



Таблица 3

Расчет среднего темпа изменения профессиональной заболеваемости (ПЗ) в организациях Калининградской области

Годы t_i	Показатель ПЗ K_{q_i}	$(K_{q_i} - \bar{K}_q)$	$t'_i = t_i - 1984$	$(t'_i - \bar{t})$	$(t'_i - \bar{t})^2$	$(K_{q_i} - \bar{K}_q)(t'_i - \bar{t})$
1985	0,18	-0,35	1	-10,5	110,25	3,71
1986	0,23	-0,30	2	-9,5	90,25	2,88
1987	0,36	-0,17	3	-8,5	72,25	1,48
1988	0,26	-0,27	4	-7,5	56,25	2,05
1989	0,16	-0,37	5	-6,5	42,25	2,43
1990	0,35	-0,18	6	-5,5	30,25	1,01
1991	0,24	-0,29	7	-4,5	20,25	1,32
1992	0,24	-0,29	8	-3,5	12,25	1,03
1993	0,22	-0,31	9	-2,5	6,25	0,78
1994	0,33	-0,20	10	-1,5	2,25	0,31
1995	0,36	-0,17	11	-0,5	0,25	0,09
1996	0,54	0,01	12	0,5	0,25	0,00
1997	1,95	1,42	13	1,5	2,25	2,12
1998	2,49	1,96	14	2,5	6,25	4,89
1999	0,62	0,09	15	3,5	12,25	0,30
2000	0,57	0,04	16	4,5	20,25	0,16
2001	0,89	0,36	17	5,5	30,25	1,96
2002	0,38	-0,15	18	6,5	42,25	-1,00
2003	0,45	-0,08	19	7,5	56,25	-0,63
2004	0,35	-0,18	20	8,5	72,25	-1,56
2005	0,35	-0,18	21	9,5	90,25	-1,74
2006	0,22	-0,31	22	10,5	110,25	-3,29
Сумма	11,74		253		885,50	18,31
Среднее значение	0,53		11,5			

Данные табл. 2 были использованы для оценки общей тенденции в развитии профзаболеваемости в Калининградской области. Эта оценка определяется путем расчета показателя k , вытекающего из метода наименьших квадратов

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n (K_{q_i} - \bar{K}_q)(t'_i - \bar{t}')}{\sum_{i=1}^n (t'_i - \bar{t}')^2}, \quad (1)$$

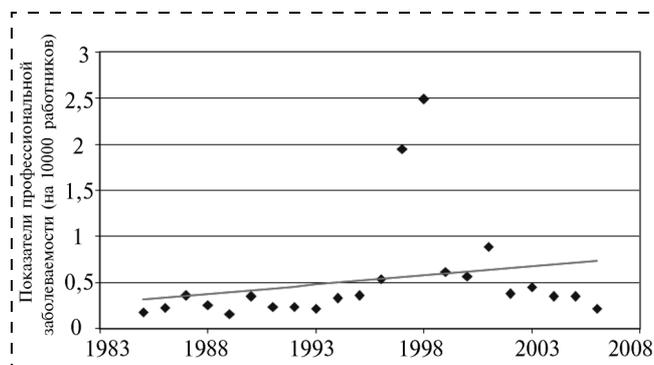
где K_{q_i} — показатель профессиональной заболеваемости на 10000 работников; t'_i — смещенное время; \bar{K}_q и \bar{t}' — средние арифметические значения показателя профессиональной заболеваемости и смещенного времени.

При положительном значении k сложившаяся общая тенденция — к росту заболеваемости, при отрицательном — к ее снижению. Результаты соответствующих расчетов приведены в табл. 3.

По формуле (1) получаем $k = \frac{18,31}{885,5} = +0,02$. Значение коэффициента k — положительное число, что свидетельствует о тенденции к росту профессиональной заболеваемости. Эмпирическое уравнение ряда динамики профессиональной заболеваемости оказывается следующим: $K_q = 0,53 + 0,02(t'_i - \bar{t}')$ — см. прямую линию на рисунке.

Прогнозируемое значение K_{q_i} на 2007 год составляет по полученному выражению $K_{2007} = 0,53 + 0,02(23 - 11,5) = 0,76$, где 23 — смещенное время для года, следующего за учетным периодом (для 2007 года). Однако в 2007 году частота профессиональной заболеваемости по Калининградской области по данным центра профессиональной патологии составила 0,45 на 10 000 работников, что подтверждает изложенное выше о несоответствии статистических показателей реальному уровню профессиональной заболеваемости.

По мнению специалистов, регистрируемый в России уровень профессиональной заболеваемости не отражает в полной мере влияние условий труда на



Эмпирические точки и вычисленная линия регрессии частоты профессиональной заболеваемости Калининградского региона

здоровье работников, так как выявляемость профессиональных заболеваний далеко не полная и происходит на поздних стадиях развития болезни, о чем свидетельствуют многочисленные публикации [6—9]. Это связано со многими причинами, в частности с несовершенством статистики профессиональной заболеваемости, различиями систем диагностики и экспертизы этой заболеваемости в различных странах, несовершенством законодательства по охране труда, отсутствием правовых и экономических санкций в отношении работодателей за сокрытие профессиональных заболеваний, недостатками организации и качества медицинских осмотров и др.

Действие социально-экономических факторов в некоторых случаях способствует увеличению зарегистрированных профессиональных заболеваний от 2 до 5 раз по отдельным предприятиям [10]. По мнению ряда авторов [11, 12], недостаточная выявляемость профессиональных заболеваний связана также в значительной степени с отсутствием специфических проявлений воздействия факторов. Таким образом, показатели профессиональной заболеваемости нельзя использовать в качестве критерия эффективности мероприятий по улучшению условий труда, которые формируются по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда.

Все болезни работников можно разделить на три группы [13]: 1) собственно профессиональные заболевания, обусловленные данной профессией; 2) общие заболевания, течение которых осложнено условиями труда или которые во много раз чаще происходят при работе в данных условиях, чем при иных; 3) болезни, не связанные с работой. Именно второй группе заболеваний придают особое значение многие авторы [14—16] и др. Это связано с большой их распространенностью, недостаточной изученностью количественных показателей условий труда, определяющих развитие болезни, а также значительными социальными последствиями, в частности негативным влиянием на такие демографические показатели, как смертность и продолжительность жизни, частые, а иногда и длительные заболевания с временной утратой трудоспособности.

Уровень и характер заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ЗВУТ) зависят от условий труда, жилищно-бытовых условий, состава работающих по возрасту и полу, организации медицинского обслуживания и других социально-экономических факторов. Косвенно на показатели ЗВУТ влияет система социального страхования [16—18].

Если из общего комплекса этих факторов исключить те, которые являются общими для всех отраслей и производств, то основной причиной

более высокого уровня ЗВУТ в ряде организаций являются именно неблагоприятные условия труда. В связи с этим и появился термин "профессионально обусловленные заболевания", под которыми понимают часть общей заболеваемости, возникающей как следствие неспецифического воздействия вредных условий труда на организм работника. Профессионально обусловленные заболевания по нозологическим формам не отличаются от общих заболеваний, но наличие неблагоприятных условий труда способствует развитию некоторых из них и отягчает их течение [16].

Поскольку профессионально обусловленные заболевания составляют только часть общей заболеваемости, то возникает вопрос о том, с какого уровня общая заболеваемость будет считаться профессионально обусловленной, т. е. какова величина базисного показателя временной нетрудоспособности. В настоящее время на этот вопрос убедительный ответ пока не найден. Имеются данные отечественных и зарубежных исследований о доле профессионально обусловленных заболеваний в общей заболеваемости, которая составляет примерно 25 % [19] общих потерь рабочего времени по временной нетрудоспособности, а максимальная доля факторов рабочей среды среди других причин общей заболеваемости может составлять до 30 % [16]. В общем комплексе факторов среды, влияющих на здоровье работников, профессионально-производственные факторы составляют по разным источникам от 23 % [20] до 36 % [21, 22] и даже до 54 % [23].

Существует мнение, что в сегодняшней социально-экономической ситуации использовать при оценке здоровья официально признанные традиционные показатели общей заболеваемости, ЗВУТ некорректно [24]. Тем не менее, проведенные исследования убедительно доказывают, что на показатели ЗВУТ влияют условия труда. При внедрении в организациях объективной унифицированной методики сбора и анализа ЗВУТ, ее показатели можно использовать в качестве критерия соответствия условий труда на рабочих местах требованиям безопасности, а также критерия эффективности действующей системы управления охраной труда в организации.

Список литературы

1. **Минько В. М.** Математическое моделирование в охране труда / В. М. Минько. — Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО "КГТУ", 2008. — 248 с.
2. **Измеров Н. Ф.** Здоровье рабочего в новых экономических условиях / Н. Ф. Измеров // Охрана труда и социальное страхование. — 2001. — № 10. — С. 55—59.
3. **Денисов Э. И.** Принципы, методы и критерии оценки профессионального риска в медицине труда / Э. И. Денисов // I Всероссийский конгресс "Профессия и здоровье" (19—21 ноября 2002 г.): Материалы. — М., 2002. — С. 10—11.



4. **Красовский В. О.** Метод анализа структуры профессионального риска для прогнозирования и профилактики производственно обусловленных заболеваний / В. О. Красовский, В. Г. Овакимов, Э. И. Денисов // Медицина труда и промышленная экология. — 1997. — № 12. — С. 18—22.
5. **Руководство** по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Руководство. Р 2.2.2006—05. — М., 2005.
6. **Вильк М. Ф.** О совершенствовании регистрации профессиональной заболеваемости железнодорожников / М. Ф. Вильк // Гигиена и санитария. — 2001. — № 6. — С. 37—40.
7. **Измеров Н. Ф.** Методология оценки профессионального риска в медицине труда / Н. Ф. Измеров, Э. И. Денисов, Н. Н. Молодкина, Г. К. Радионова // Медицина труда и промышленная экология. — 2001. — № 12. — С. 1—7.
8. **Измеров Н. Ф.** Профессиональная заболеваемость / Н. Ф. Измеров, Н. В. Лебедева. — М.: Медицина, 1993. — 224 с.
9. **Медик В. А.** Заболеваемость населения: история, современное состояние и методология изучения / В. А. Медик. — М.: Медицина, 2003. — 512 с.
10. **Глушкова Л. И.** Условия труда и профессиональная заболеваемость трудящихся в Республике Коми / Л. И. Глушкова, И. В. Корабельников, В. П. Никитин, И. А. Кудрявцева // Медицина труда и промышленная экология. — 2003. — № 2. — С. 14—17.
11. **Молодкина Н. Н.** Медико-биологические критерии оценки риска нарушения здоровья / Н. Н. Молодкина, Г. К. Радионова, Э. И. Денисов // Профессиональный риск для здоровья работников: руководство. — М.: Тривант, 2003. — С. 71—83.
12. **Измеров Н. Ф.** Новые методические подходы к изучению и оценке состояния здоровья в медицине труда / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов, Г. К. Родионова, А. И. Корбакова // Медицина труда и промышленная экология. — 1997. — № 3. — С. 1—6.
13. **Любченко П. Н.** Особенности клинических проявлений профессионально обусловленной и эко-зависимой патологии / П. Н. Любченко // Профессиональный риск для здоровья работников: руководство. — М.: Тривант, 2003. — С. 179—187.
14. **Березин И. И.** Оценка профессионального риска и профилактики производственно-обусловленных заболеваний женщин-работниц (на примере авиастроительных производств и ракетостроения): Автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.07 — Гигиена / Самарский ГМУ; И. И. Березин. — М., 1998. — 48 с.
15. **Измеров Н. Ф.** Медицина труда. Введение в специальность: Пособие для последипломной подготовки врачей / Н. Ф. Измеров, А. А. Каспаров. — М.: Медицина, 2002. — 392 с.
16. **Макушин В. Г.** Совершенствование условий труда на промышленных предприятиях: (социально-экономические проблемы) / В. Г. Макушин. — М.: Экономика, 1981. — 216 с.
17. **Дементьев А. А.** Особенности условий труда и заболеваемости рабочих на современном предприятии по производству обуви / А. А. Дементьев, А. А. Ляпкало // Гигиена и санитария. — 2001. — № 1. — С. 44—47.
18. **Методические** рекомендации по углубленному изучению заболеваемости с временной утратой трудоспособности. МР № 2484—81. — М., 1981. — 44 с.
19. **Жукова Т. В.** Оптимизация индивидуального здоровья и первичная профилактика заболеваний в системе общественного здравоохранения / Т. В. Жукова, Г. Т. Айдинов, М. Ю. Соловьев, М. В. Калинина, Е. А. Байер, С. А. Бокарева, М. А. Веревина // Гигиена и санитария. — 2003. — № 6. — С. 69—71.
20. **Мироненко М. А.** Методические аспекты оздоровления работающих в системе социально-гигиенического мониторинга / М. А. Мироненко // Медицина труда и промышленная экология. — 2003. — № 11. — С. 28—30.
21. **Красовский В. О.** Метод анализа структуры профессионального риска для прогнозирования и профилактики производственно обусловленных заболеваний / В. О. Красовский, В. Г. Овакимов, Э. И. Денисов // Медицина труда и промышленная экология. — 1997. — № 12. — С. 18—22.
22. **Салангина Л. И.** Гигиеническая оценка условий труда и состояние здоровья женщин, занятых процессами пайки / Л. И. Салангина, Л. С. Дубейковская, Ю. Н. Сладкова, О. Л. Маркова // Медицина труда и промышленная экология. — 2001. — № 10. — С. 8—13.
23. **Потоцкий Е. П.** Анализ совокупного влияния вредных производственных факторов на заболеваемость персонала / Е. П. Потоцкий, О. В. Новиков // Безопасность жизнедеятельности. — 2004. — № 5. — С. 14—21.
24. **Хамитова Р. Я.** Вопросы гигиенической оценки при аттестации рабочих мест по условиям труда / Р. Я. Хамитова // Гигиена и санитария. — 1999. — № 3. — С. 34—35.

ИНФОРМАЦИЯ

Международная специализированная выставка охраны, безопасности, противопожарной защиты олимпийских объектов Краснодарского края **SIPS-2010**

В рамках выставки пройдет Международная специализированная конференция
"Безопасность объектов олимпийской инфраструктуры"

27—29 октября 2010 года
Краснодарский край, г. Сочи, Территория Зимнего театра

Основные разделы выставки:

Технические средства обеспечения безопасности, системы охранного телевидения и наблюдения, пожарная безопасность, современные системы связи, оповещения и др.

Контакты:

Телефон: +7 (495) 935-7350 (доб. 4230). Факс: +7 (495) 935-73-51
E-mail: bordachev@ite-expo.ru <http://www.idesochi.com> <http://www.ite-expo.ru>

УДК 658.382.3

И. А. Постылова,

Калининградский государственный технический университет

E-mail: bbbondar@rambler.ru

К определению оптимальной стратегии улучшения освещенности в помещениях

Рассмотрены и оценены условия зрительной работы в различных учебных помещениях. Предложена методика планирования модернизации системы искусственного освещения в этих помещениях с учетом востребованности в учебном процессе. Рассмотрен пример практического применения предложенной методики.

Ключевые слова: искусственное освещение, учебные помещения, обобщенный риск, оптимальная последовательность улучшения освещенности, показатель социально-экономической эффективности.

Postylova I. A. To the problem of defining the optimal strategy of improving indoor illumination conditions

Visual working conditions in different classrooms are estimated. A technique is suggested to plan the modernisation of the artificial illumination system in these classrooms accounting for intensity of their use. A case of practical application of this technique is presented.

Keywords: artificial illumination, classrooms, generalised risk, optimal sequence of improving light conditions, socio-economic efficiency coefficient.

Поддержание зрительной работоспособности — одна из важных задач в создании здоровых условий труда. При этом нужно исходить из многофункциональной природы света, которая обеспечивает как условия видения предметной среды, так и психологические, биологические, эстетические и другие функции [1]. На протяжении всей жизни (дом, школа, высшие учебные заведения, место работы) человек находится под влиянием различных систем искусственного освещения. Если в быту человек способен самостоятельно регулировать количество и качество света, создавая тем самым для себя комфортную световую среду, то общественные здания и учреждения, производственные помещения "навязывают" людям условия освещения, в лучшем случае соответствующие общепринятым гигиеническим нормам.

Большое значение имеет организация освещения в помещениях учебных заведений. Известно, что частота миопии у выпускников школ Швеции

достигает 13 %, в США — 25 %, наибольшие показатели отмечены у детей Китая и Японии — 60 и 70 % соответственно. В России школу заканчивают 22...25 % молодых людей с дефектами зрения, при этом патология возрастает за период обучения в 2,0—2,5 раза [2]. Не единственной, но одной из основных причин этого негативного и опасного процесса является неудовлетворительное состояние освещения школ. Плохое зрение — болезнь исключительно школьная. Последствия зрительной работы при неудовлетворительных условиях освещения непосредственно проявляются при наблюдении динамики числа детей и подростков с нарушениями зрения.

Важно отметить, что в структуре затрат на освещение 90 % приходится на оплату электроэнергии и только 3 % — на покупку источников света [2]. Отсюда следует, что экономично использовать высококачественные энергосберегающие источники света. В процессе исследования некоторых школ было выявлено, что 80 % классных комнат не соответствует требованиям норм по количественному параметру искусственного освещения — освещенности на рабочих местах школьников и 100 % классов не соответствуют требованиям норм по вертикальной освещенности на учебной доске. Согласно гигиеническим критериям подобные условия школьного труда должны быть отнесены к классу 3.1 — условия труда, характеризующиеся такими отклонениями от гигиенических нормативов, которые, как правило, вызывают обратимые функциональные изменения и обуславливают риск развития заболевания.

В обследованных компьютерных классах в 46,9 % случаев не выполняются требования норм ни по уровню горизонтальной освещенности на столах, ни по уровню вертикальной освещенности на экране монитора. В библиотеках прежде всего не выполняются нормы по цилиндрической освещенности. В спортивных залах школ не выполняются требования норм к горизонтальной освещенности на полу, которая должна составлять 200 лк [3]. Отличительной негативной чертой спортивных залов



является повышенной неравномерность распределения освещенности, т. е. помещения, где дети должны оздоравливаться, тоже относятся к помещениям с вредными условиями. В результате в 70 % случаев нормы не выполняются и наполовину.

Большое значение имеет рациональное освещение и в помещениях высших учебных заведений. На базе аудиторного фонда одного из калининградских вузов было проведено предварительное изучение и оценка условий зрительных работ в учебных помещениях для последующего определения необходимых объемов планирования мероприятий по модернизации системы искусственного освещения этих помещений с учетом особенностей учебного процесса. Было проанализировано расписание аудиторных занятий за целый учебный год, состоящий из двух семестров. В результате установлено количество учебного времени, проведенного студентами различных курсов и факультетов в учебных помещениях (рис. 1).

Напряженность расписания различается в зависимости от курса и факультета. Как правило, в целом по всем факультетам нагрузка уменьшается по направлению от первого курса к пятому, но это только общие тенденции. Если рассмотреть график более детально, то видно, что внутри каждого факультета существуют значительные расхождения, поскольку в пределах даже одного курса у различных факультетов количество часов аудиторных занятий может значительно различаться.

К анализу учебных расписаний следует добавить то, что у первокурсника происходит адаптация

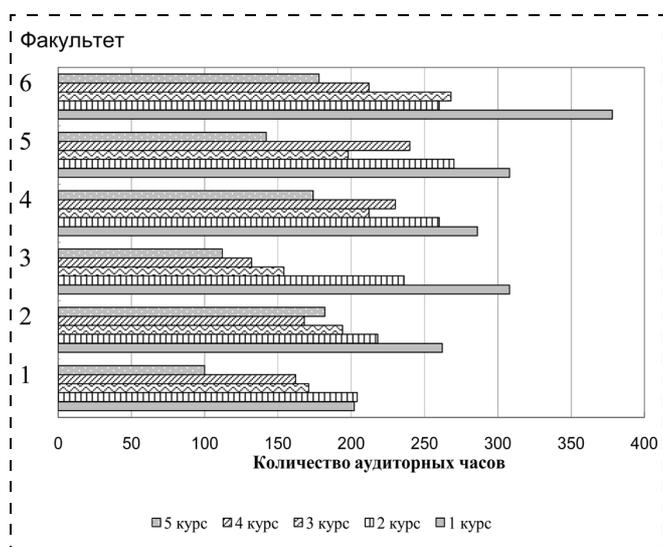


Рис. 1. Распределение аудиторной нагрузки по курсам и факультетам

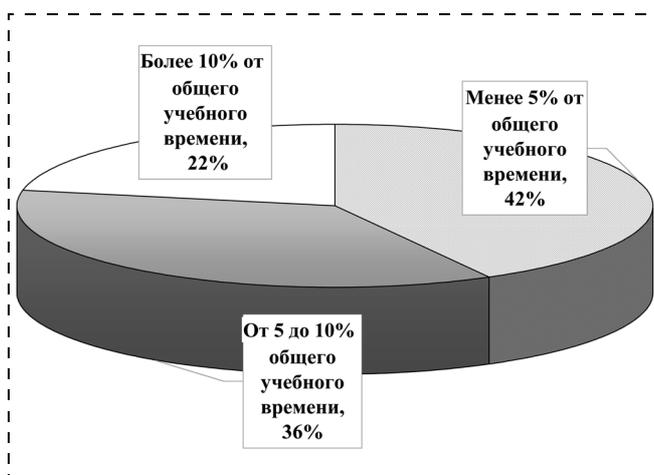


Рис. 2. Группы учебных помещений, различающихся по количеству учебного времени, проводимого в них студентами

всех систем организма, в том числе зрительной к особенностям вуза: меняется режим (по сравнению со школьным), увеличивается нагрузка. А поскольку на первом курсе в основном проходит изучение общих для всех факультетов дисциплин, то следует обратить особое внимание на условия зрительной работы в больших поточных аудиториях.

Далее определялось общее количество аудиторий, включенных в расписание всех аудиторных занятий. Общий аудиторный фонд, использовавшийся в учебном процессе в течение года всеми факультетами, составил 173 учебных помещения. Из общего числа были выделены три группы учебных помещений, различающихся по количеству учебного времени, проводимого в них студентами (в процентном выражении от общего количества учебного времени, принятого за 100 %) — рис. 2.

Получено, что 42 % составляют маловостребованные аудитории, условно отнесенные к первой группе, в которых студенты проводят менее 5 % от своего учебного времени. Далее по убывающей: на вторую группу приходится 36 % аудиторий средней занятости (от 5 до 10 % от общего времени). Наиболее востребованные аудитории, отнесенные к третьей группе, составляют 22 % от общего аудиторного фонда. В каждой из них студенты проводят более 10 % своего учебного времени.

Также было вычислено процентное отношение количества аудиторий из первой и второй групп к общему числу учебных помещений всех факультетов и курсов, которое в среднем составляет 10,6 %. Анализ полученных данных показал, что процент использования общего аудиторного фонда факуль-

татами варьирует от 50,3 до 71,1 %. На всех факультетах количество аудиторий, используемых в учебном процессе, постепенно уменьшается по мере возрастания курса (от первого курса к пятому). В результате по сравнению с исходным первым курсом количество аудиторий, используемых в процессе обучения пятого курса, уменьшается на 50 %.

Изложенные выше результаты использовались для определения обобщенной характеристики фактических условий зрительной работы студентов, которая вычислялась по формуле:

$$E_{\text{осв}}^{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\tau_i}{100} E_i \quad (1)$$

где $E_{\text{осв}}^{\text{ср}}$ — средневзвешенное значение освещенности с учетом n помещений; $\Delta\tau_i$ — продолжительность работы студента в i -м помещении, %; E_i — фактическое значение освещенности в i -м помещении.

Для оценки и анализа фактических условий зрительных работ были взяты самые востребованные аудитории и лаборатории, относящиеся к третьей группе. В этих аудиториях проводились измерения естественной и искусственной освещенности. Поскольку цель состояла в исследовании фактических условий зрительных работ в учебных помещениях, то дополнительные (кроме плановых) мероприятия по предварительной чистке ламп, светильников и остекленных светопроемов, а также замена всех перегоревших ламп, не проводились.

Было установлено, что нормативное значение освещенности для учебных помещений, составляющее 300 лк на рабочей поверхности, обеспечивается только у 15 % исследованных аудиторий. Кроме того, в 100 % случаев фактическое значение вертикальной освещенности у доски не соответствует нормативному значению в 500 лк.

Так как количество аудиторий, требующих модернизации системы искусственного освещения, достаточно велико, то очевидны значительные материальные затраты. Однако реальные финансовые возможности учебных заведений могут не позволить одновременно усовершенствовать системы искусственного освещения во всех помещениях. Рациональным решением этой проблемы может стать планирование модернизации систем искусственного освещения с учетом востребованности аудиторий в рамках учебного процесса. Возникает необходимость в определении приоритетов среди общего количества учебных помещений, определе-

ние оптимальной последовательности проведения мероприятий по улучшению условий зрительной работы в помещениях.

Для этой цели внутри каждой из трех групп аудиторий, выделенных ранее, были взяты 99 аудиторий, имеющих наибольшие значения обобщенного риска $R_{\text{об}}$, обусловленного недостатком освещенности. Величина обобщенного риска рассчитывалась по формуле:

$$R_{\text{оби}} = N_i \alpha_{1i} \alpha_{2i} \chi_i \quad (2)$$

где $R_{\text{оби}}$ — обобщенный показатель риска в i -м помещении; N_i — число посадочных мест в аудитории; α_{1i} — коэффициент использования аудитории в учебном процессе; α_{2i} — коэффициент использования вместимости аудитории; χ_i — балльная оценка риска по условиям освещенности для данной аудитории. Расчет балльной оценки риска может быть выполнен по формуле [4].

$$\chi_i = 2 \left(\frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{ф}}} \right)^{1,2} \quad (3)$$

где $E_{\text{н}}$ и $E_{\text{ф}}$ — нормативная и фактическая освещенности соответственно. При $E_{\text{ф}} > E_{\text{н}}$ оценка риска χ_i принимается равной единице — оптимальные условия зрительной работы.

Заключительным этапом в определении оптимальной последовательности улучшения условий зрительных работ является расчет показателя социально-экономической эффективности проводимых мероприятий:

$$B_i = \frac{\chi_{\text{ни}} - \chi_{\text{пи}}}{W_{\text{пи}}} \alpha_{1i} \alpha_{2i} N_i \quad (4)$$

где $\chi_{\text{ни}}$ и $\chi_{\text{пи}}$ — начальная и планируемая балльные оценки риска соответственно; $W_{\text{пи}}$ — затраты на мероприятия по модернизации системы искусственного освещения в i -м учебном помещении.

Таким образом, показатель социально-экономической эффективности мероприятий по модернизации системы искусственного освещения в помещении зависит от значений риска $\chi_{\text{ни}}$ и $\chi_{\text{пи}}$, количества мест N_i , на которое рассчитана данная аудитория, коэффициентов использования ее в учебном процессе α_{1i} и вместимости помещения α_{2i} , объемов затрат $W_{\text{пи}}$. Очевидно, что если значения α_{1i} и (или) α_{2i} для какой-либо аудитории малы, то мероприятия по модернизации системы искусственного освещения не будут актуальными.



Исходная информация для примера

№ аудитории	χ_{ni}	χ_{pi}	N_i	α_{1i}	α_{2i}	Значение обобщенного риска $R_{оби}$		W_{pi} , тыс. у. е.	B_i
						начальное	остаточное		
1	3	1	150	0,20	0,8	72,0	24,0	30	1,60
2	4	1	100	0,10	0,8	32,0	8,0	25	0,96
3	4	1	20	0,05	0,8	3,2	0,8	10	0,24
4	5	1	50	0,11	0,8	22,0	4,4	15	1,17
5	6	1	50	0,20	0,8	48,0	8,0	15	2,67
Итого			370	—	—	177,2	45,2	95	—

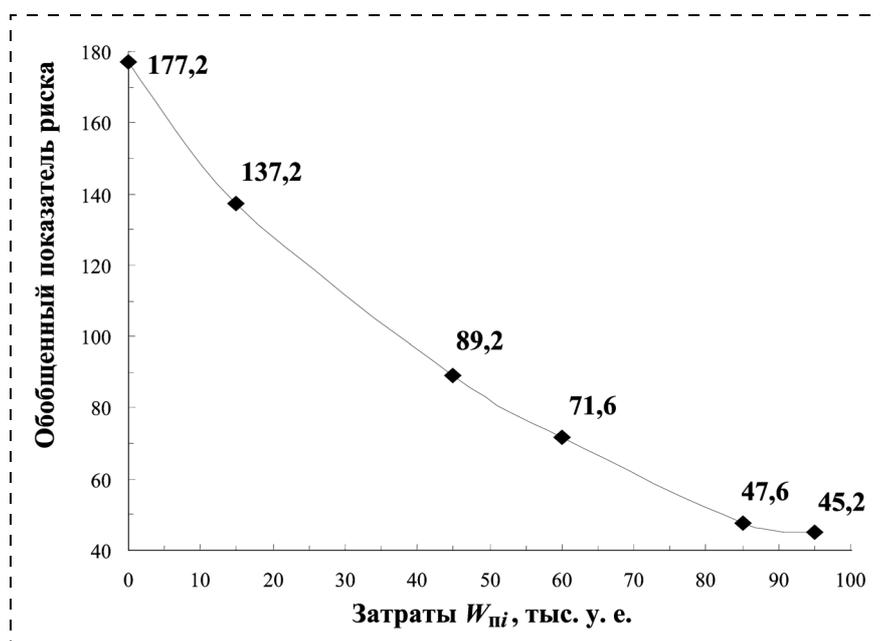


Рис. 3. Снижение обобщенного риска в оптимальном варианте

ботки демонстрируется на условном примере, данные для которого приведены в таблице. В последней колонке таблицы приведены результаты расчета по формуле (4) показателя социально-экономической эффективности B_i . Исходя из этого показателя, модернизация системы освещения должна выполняться в следующей оптимальной последовательности по аудиториям: 5, 1, 4, 2 и 3.

Аудитория 1 с максимальной вместимостью и сравнительно высоким коэффициентом использования в учебном процессе из-за высокой стоимости ремонтных работ имеет не самый высокий показатель социально-экономической эффективности. Аудитории 4 и 5 имеют одинаковое количество посадочных мест, но с учетом всех исходных условий в первоочередном порядке необходимо провести модернизацию системы освещения в аудитории 5.

Из графика снижения обобщенного риска (рис. 3) хорошо видно, что первоочередные мероприятия обеспечивают наиболее высокое снижение риска на единицу затрат.

Список литературы

1. Айзенберг Ю. Б., Шапаруляц Г. Р. О концепции прогноза развития светотехники // Светотехника. — 2000. — № 5. — С. 2—4.
2. Лебедева С. М., Смирнов П. А. Оценка санитарно-гигиенического состояния освещения классов ряда школ г. Москвы // Светотехника. — 2005. — № 4. — С. 51—54.
3. Абрамова Л. В., Железникова О. Е. Исследования условий освещения в школах г. Саранска // Светотехника. — 2005. — № 1. — С. 59—61.
4. Минько В. М. Математическое моделирование в охране труда: Монография. — Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО "КГТУ", 2008. — С. 248.
5. Медико-социальные аспекты охраны здоровья студентов / Под ред. В. Г. Николаева. — Красноярск, 1988. — 148 с.

При определении оптимальной последовательности улучшения условий зрительной работы в учебных помещениях, имеющих наибольшие значения обобщенного риска, обусловленного недостатком освещенности, предпочтение должно отдаваться большим аудиториям с высокими значениями коэффициентов использования.

По имеющимся данным, вузы заканчивают 30...32 % молодых людей с патологией зрения [5]. Очевидна необходимость разработки оптимальной последовательности улучшения условий зрительной работы в учебных помещениях с учетом реальных финансовых возможностей. Порядок такой разра-

УДК 621.314

В. Ф. Белей, д-р техн. наук, проф.,
Калининградский государственный технический университет
E-mail: vbeley@klgtu.ru

Некоторые проблемы биоэлектромагнитной совместимости электротехнических комплексов и систем

Рассмотрены проблемы биоэлектромагнитной экологии и совместимости электротехнических комплексов и систем, обусловленные высшими гармониками напряжения и тока, колебаниями напряжения. Дан ряд рекомендаций по их снижению.

Ключевые слова: электротехнические комплексы, системы, биоэлектромагнитная экология, совместимость.

Beley V. F. Some problems of bioelectromagnetic compatibility of electrotechnical complexes and systems

Are considered problems of bioelectromagnetic ecology and compatibility of electrotechnical complexes and the systems, the pressure caused by the maximum harmonics and a current, fluctuations of a pressure. A number the recommendation on their decrease is given.

Keywords: electrotechnical complexes, systems, bioelectromagnetic ecology, compatibility.

Стремительный научно-технический прогресс и сопутствующее ему развитие мировой энергетики (рис. 1) вызывало в мире обострение проблем между основными системами, образующими ноосферу: человеком, природой и техникой [1].

Все возрастающие потоки энергии, передаваемые от электростанций к потребителям, приводят к увеличению напряжений и токов, электромагнитных полей в линиях электропередачи и в электроустановках. Это приводит к нарушениям их электромагнитной совместимости (ЭМС) с другими системами ноосферы. Опрос специалистов многих стран о сравнительной важности и необходимости первоочередного рассмотрения различных явлений в области ЭМС показал, что большинство специалистов наиболее важной считают проблему высших гармоник (ВГ) напряжения и тока в электрических системах в связи с непрерывным ростом

нелинейных нагрузок [1, 3]. Особенно сложны и противоречивы проблемы биоэлектромагнитной экологии и совместимости, обусловленные ВГ напряжения и тока.

Дозированные должным образом по своим параметрам (частота, величина, длительность и их вариации) электромагнитные поля, напряжения и токи могут быть благоприятны для человека и широко используются в медицинских целях. Полное отсутствие электромагнитных полей неблагоприятно сказывается на самочувствии человека. Различные системы человеческого организма работают в своих специфических биоритмах и по-разному реагируют на электромагнитные поля той или иной частоты. Как известно сердце человека функционирует с частотой около 1 Гц, частота колебаний клеток головного мозга — около 8,8 Гц. Чувствительность уха значительно меняется в зависимости от частоты сигнала. Наиболее неблагоприятная частота лежит в пределах 800...1000 Гц. Установлено, что при промышленной частоте 50 Гц чувствительность уха ниже, чем при 800 Гц, примерно в 1400 раз (имеется ввиду "вредность" воздействия). При ВГ чувствительность увеличивается по сравнению с частотой 50 Гц, а именно: в 50 раз для третьей

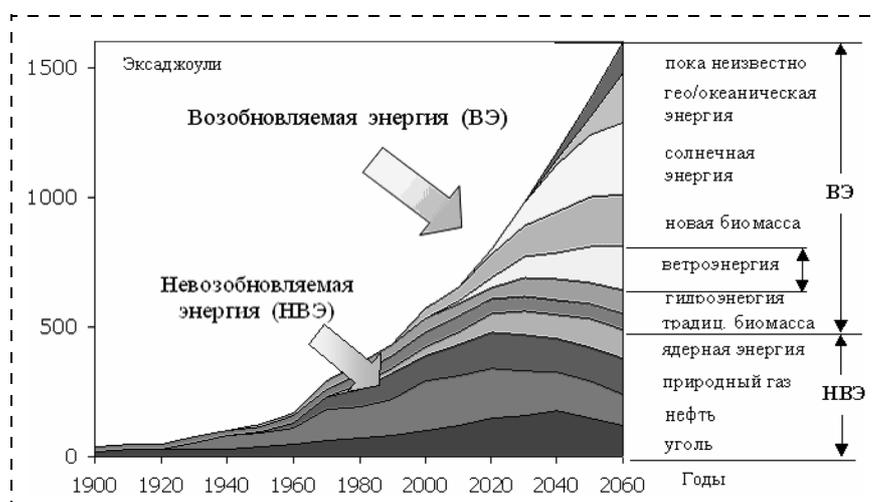


Рис. 1. Динамика мирового потребления энергии к 2060 г.

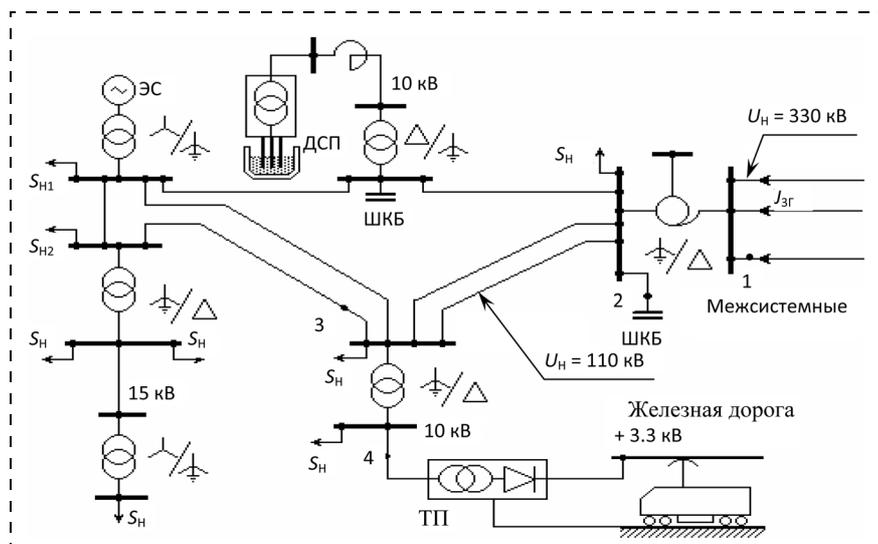


Рис. 2. Упрощенная электрическая схема Калининградской энергосистемы:
 S_n — нагрузки потребителей электроэнергии; ЭС — электростанция; ДС — дугопла-
 вильная печь; ШК — шунтовая конденсаторная батарея; ТП — тяговая подстанция

(150 Гц), в 250 раз для пятой, в 500 раз для седьмой и в 800—900 раз для 11—13 гармоник. При частотах выше 1000 Гц чувствительность уха вновь уменьшается [1].

Результаты экспериментальных исследований ВГ напряжения и тока в сетях Калининградской

энергосистемы (рис. 2) приведены в табл. 1.

Анализ результатов исследований ВГ в сетях 110 кВ, которые являются для Калининградской области системообразующими, показал, что наибольшие значения в сетях имеют: третья ($K_{U3} \leq 3,66\%$; $K_{I3} \leq 11,3\%$), пятая ($K_{U5} \leq 0,86\%$; $K_{I5} \leq 6,7\%$), седьмая ($K_{U7} \leq 0,48\%$; $K_{I7} \leq 1,7\%$) гармоники напряжения и тока, остальные значительно ниже. Здесь K_{Un} , K_{In} — соответственно коэффициенты n -й гармонической составляющей напряжения и тока:

$$K_{Un} = \frac{U_n}{U_{\text{ном}}} \cdot 100\%;$$

$$K_{In} = \frac{I_n}{I_{\text{ном}}} \cdot 100\%.$$

Распространяясь по сетям 110 кВ, эти ВГ в свою очередь проникают в сети других потребителей электроэнергии.

Установлено [4], что в электрических сетях распространение ВГ напряжения происходит к шинам низкого напряжения практически без затухания,

Таблица 1

Результаты измерений высших гармоник в сетях "Янтарьэнерго" (Калининградская энергосистема)

Измеряемая величина	Фаза	Коэффициент n -гармонической составляющей напряжения K_U , %							K_U , %	Точка измерения U_n	
		2	3	5	7	9	11	13			
Напряжение	A	0,23	1,53	1,6	0,22	0,22	0,31	0,25	2,27	Сеть 330 кВ	
	B	0,13	3,26	1,24	0,15	0,27	0,13	0,34			3,52
	C	0,15	2	1	0,45	—	—	0,11			1,35
Ток	A	0,5	3,5	5,9	1,7	1,1	3	3,11	8,37	Сеть 110 кВ	
	B	0,5	9	5,7	1,7	0,7	1,3	0,3			10,8
	C	0,9	8,1	5,2	2,4	0,4	1,4	1,46			10,2
Напряжение	A	0,13	1,4	1	0,2	0,2	0,13	—	1,77	Сеть 110 кВ	
	B	0,2	3,63	0,86	0,2	0,28	0,2	0,12			3,76
	C	0,2	2,7	0,63	0,14	0,1	0,1	0,14			2,81
Ток	A	0,1	7,2	2,7	0,9	0,5	1,05	2,14	8,15	Сеть 110 кВ	
	B	0,2	11,3	3,6	0,96	0,8	0,84	2,5			12,22
	C	0,2	4,5	4,5	1,4	0,4	1,17	2,46			7,08
Напряжение	A	—	1,6	0,3	0,35	—	0,21	0,27	1,73	Сеть 110 кВ	
	B	—	3,66	0,32	0,48	0,11	0,25	0,12			3,78
	C	—	2,36	0,27	0,27	—	0,1	—			2,4
Ток	A	0,3	3,1	6,7	1,6	0,2	1,2	0,6	7,67	Сеть 110 кВ	
	B	0,1	6,9	6	1,7	0,4	0,9	0,4			9,4
	C	—	4,3	5,1	1,25	0,15	0,84	0,3			6,84
Напряжение	AB	—	3,2	2,55	2,75	—	0,65	0,94	5,14	Разгон поезда (10 кВ)	
Ток	A	5,05	12,2	9,2	14,6	18,7	7,5	8,3	26		

а к шинам высокого напряжения — с затуханием по амплитуде. Этот эффект проявляется в зависимости от мощности короткого замыкания в точке подключения нагрузки $S_{кз}$ системы. При распространении ВГ напряжения в любом направлении их частотный спектр сохраняется, а коэффициент затухания или усиления K определяется соотношением

$$K = \left(1 + \frac{S_{кз}}{S_{т.ном}} U_{кз} \right),$$

где $S_{т.ном}$, $U_{кз}$ — соответственно номинальная мощность и напряжение КЗ трансформатора.

На основе экспериментальных исследований всей гаммы современных приборов, электрооборудования напряжением до 1 кВ установлено следующее.

Однофазные электроприемники: энергосберегающие лампы (рис. 3) и холодильники, ПЭВМ (табл. 2) и другие, при работе эмиссируют в сеть преимущественно третью и в меньшей степени пятую и седьмую гармоники тока ($K_{I(n)}$), потребляют из сети реактивную мощность (РМ), в большинстве случаев большую по величине, чем активную, в значительной степени определяют несимметрию ВГ в электрических сетях. Трехфазные электроприем-

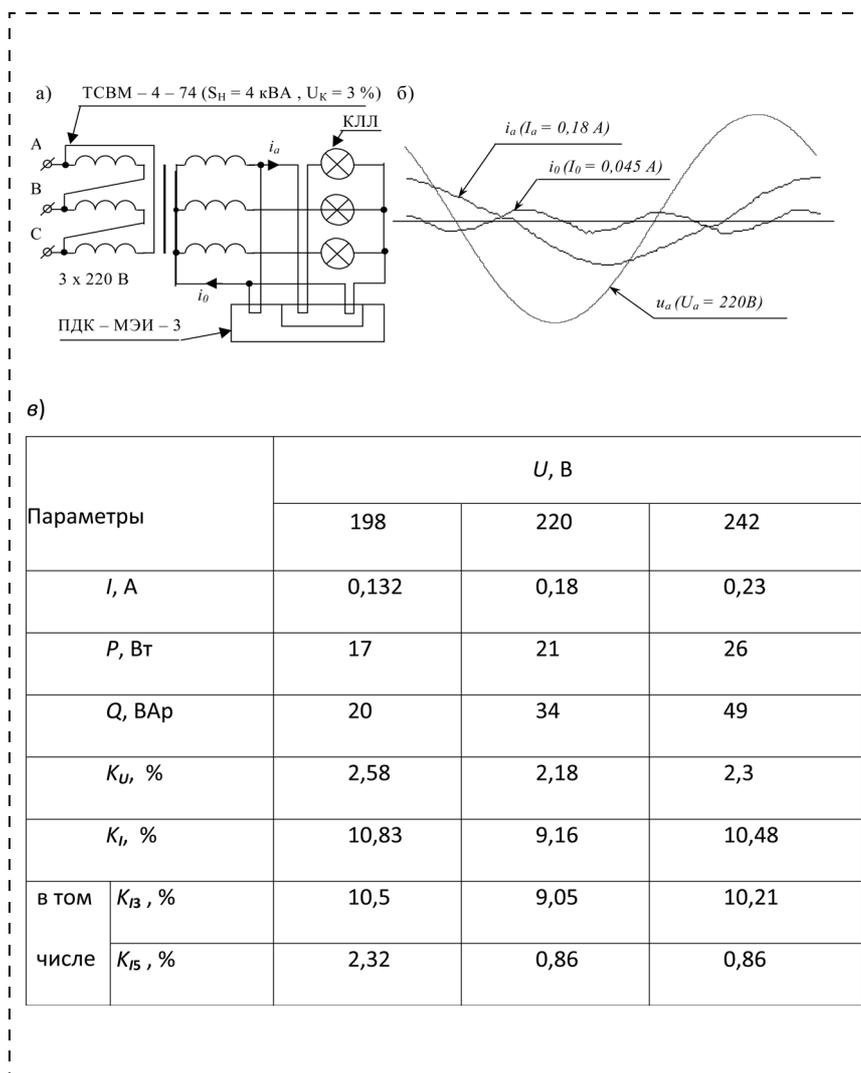


Рис. 3. Схема экспериментальной установки (а), осциллограммы токов и напряжения (б) и электрические характеристики (в) компактной люминесцентной лампы (КЛЛ) серии Ecotone Ambione ($P_n = 21$ Вт, $U_n = 220$ В) [5]; ПДК-МЭИ-3 — измерительный комплекс; i , I — соответственно мгновенное и действующее значения тока

Таблица 2

Электрические характеристики компьютера на базе процессора "Intel Celeron" с частотой 2 ГГц. Напряжение сети $U = 223$ В

№	Режим работы	I, А	P, Вт	Q, ВАр
1	Системный блок	0,4	52	72
2	Монитор и системный блок	0,77	110	132
3	Печать на принтере	5	500	992

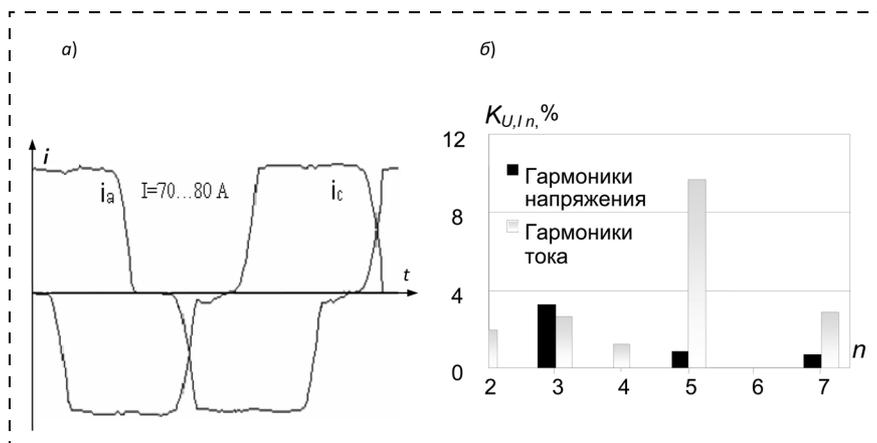


Рис. 4. Осциллограмма (а) и гистограммы входного тока и напряжения (б) тяговой подстанции на напряжении 10 кВ при разгоне трамвая; $I = (70...80)$ А — действующее значение тока

ники: полупроводниковые сварочные агрегаты, асинхронные электроприводы с частотным управлением и другие эмитируют в сеть преимущественно пятую и седьмую гармоники тока.

Проведено исследование эксплуатационных режимов электротехнических комплексов, электропитание которых осуществляется от сети напряжением 10 кВ: тяговых подстанций постоянного тока на железнодорожном и троллейбусно-трамвайном сообщении (рис. 4).

Результаты исследований свидетельствуют о генерации преимущественно пятой и седьмой гармоник тока, что обусловлено использованием на этих подстанциях шестифазных полупроводниковых преобразователей, незначительном влиянии гармоник тока на искажения синусоидальности кривой напряжения по причине небольшой мощности преобразователей, малым индуктивным сопротивлением кабельных линий и малыми расстояниями тяговых подстанций от подстанций 110/10 кВ.

Наряду с ВГ тока и напряжения с частотами большими, чем 50 Гц, при работе различное электрооборудование: электродвигатели большой мощности, ветроэнергетические установки, сварочные аппараты, электрооборудование дугоплавильных печей и прочее [4], вызывает колебания напряжения в сети с частотами преимущественно от 2 до 10 Гц, что приводит к проблеме фликера: проникновению электромагнитных помех в осветительные сети, что вызывает колебания светового потока осветительных приборов. При частоте 8,767 Гц эти колебания совпадают с частотой колебаний клеток го-

ловного мозга человека. Даже при малом размахе изменения напряжения на этой частоте это приводит к негативным последствиям для человека [6].

Для снижения уровня ВГ тока и напряжений, колебаний напряжения в электротехнических комплексах и системах необходимо: 1) в нормативных документах ограничивать уровень допустимых помех; 2) на стадиях проектирования электрооборудования закладывать технические решения, при которых данное оборудование создает меньшие помехи (например, вместо шестифазных использовать 12-ти и большего число фаз

преобразователи); 3) в сетях с высоким уровнем ВГ тока и напряжений, колебаний напряжения использовать технические решения для их снижения или локализации: подключение нелинейных нагрузок к точке с большей $S_{кз}$; применение продольной компенсации реактивного сопротивления линии электропередачи; применение способа разделения нагрузок, при котором наиболее часто используют сдвоенные реакторы, трансформаторы с расщепленной обмоткой или питают нагрузки от разных трансформаторов; подключение статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности и различных фильтров [3, 4, 6].

Список литературы

1. Костенко М. В. Основные проблемы электромагнитной экологии конца 20 века // Электромагнитная совместимость технических средств и биологических объектов: Сб. докл. 5 Российской науч.-техн. конф. — С.-Петербург, 1998. — С. 16—27.
2. Jakubowski M. Unit evolves strategies for global industry of renewable energy // Energy, 2000. — S. 58—59.
3. Аррилага Дж., Брэдли Д., Боджер П. Гармоники в электрических системах: пер. англ. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 320 с.
4. Каргашев И. И. Качество электроэнергии в системах электроснабжения. Способы его контроля и обеспечения. — М.: изд-во МЭИ, 2001. — 120 с.
5. Белей В. Ф. Компактные люминесцентные лампы: электрические характеристики, проблемы электромагнитной совместимости // Электротехника. — 2002. — № 7. — С. 48—51.
6. Белей В. Ф. Явление фликера в электрических сетях и методы его снижения / Белей В. Ф. // Сборник докладов международной научно-технической конференции "БАЛТЕХМАШ—2006". Прогрессивные технологии, машины и механизмы в машиностроении. — Калининград. 20—22.06.2006. — С. 4.

УДК 629.12.066:621.31

В. А. Благинин, канд. техн. наук, доц., **И. Е. Кажекин**, асп.,
Калининградский государственный технический университет
E-mail: bbbondar@rambler.ru

Варианты защиты судовых электросистем от однофазных замыканий

Проведено сравнение различных способов защиты судовых электросистем от однофазных замыканий на корпус. Варианты защиты сравнивались по комплексному показателю их эффективности, учитывающему основные угрозы, сопровождающие замыкания на корпус.

Ключевые слова: судовая электросистема, однофазные замыкания на корпус, защита от однофазных замыканий, комплексная оценка эффективности.

Blaginin V. A., Kazhekin I. E. Variants of protection of ship electrosystems against single phase-to-ground fault

The comparison of various ways of protection of ship electrosystems for single phase-to-ground fault on the case is spent. Protection variants were compared on the complex indicator of their efficiency considering the basic threats, accompanying short circuits on the case.

Keywords: ship electrosystem, single phase-to-ground fault, protection against single phase-to-ground fault, integrated assessment of efficiency.

В настоящее время представляется вполне обоснованной и своевременной разработка комплекса мероприятий, направленных на предотвращение основных угроз, связанных с однофазными замыканиями (ОЗ) на корпус в судовых электросистемах.

Комплексный подход к оценке эффективности защиты от однофазных замыканий в судовых электросетях

При однофазных замыканиях, происходящих в трехфазных электросистемах с изолированной нейтралью, образуется контур нулевой последовательности. С его характеристиками тесно связаны показатели пожарной безопасности, электробезопасности, бесперебойности электроснабжения потребителей, надежности и долговечности изоляционных конструкций и ряд других важнейших эксплуатационных свойств как судовой электросистемы, так и судна в целом. Все они оказываются взаимно зависимыми, т. е. всякое изменение параметров в контуре нулевой последовательности приводит к одновременному изменению всех перечисленных

выше свойств. Причем улучшение одного из показателей может сопровождаться ухудшением некоторых других показателей. Поэтому при выборе наиболее эффективного средства защиты судовых электросистем от ОЗ на корпус необходимо учитывать целый комплекс угроз, возникающих в связи с изменением параметров контура нулевой последовательности.

Это приводит к необходимости получения некоторой обобщенной оценки эффективности проводимых изменений, позволяющей выбирать наилучший вариант не по величине показателя, характеризующего некоторый определенный вид безопасности, а по совокупности показателей, комплексно характеризующих общий уровень безопасности судовых электросистем. Трудность и своеобразие формирования обобщенного показателя эффективности защиты определяются тем, что при выборе защитного мероприятия необходимо совместно учитывать величины, имеющие различную природу и оцениваемые в разных единицах измерений. Подобные задачи обычно решаются на основе применения обобщенного показателя эффективности

$$\mathcal{E}_k = \sum_{i=1}^n \mu_i x_{ki} \quad (1)$$

где μ_i — весовой коэффициент i -го вида опасности; x_{ki} — показатель степени предотвращения i -го вида опасности при использовании k -го способа защиты.

Формула (1) может быть сформирована на основе мнения экспертов, профессиональный опыт которых позволяет сопоставлять разные виды угроз по важности их предотвращения. Вместе с тем следует учитывать, что весовые коэффициенты μ_i и числовые значения показателей x_{ki} являются лишь отражением сложившихся представлений экспертов о вероятных последствиях применения тех или иных средств защиты на судах. Истинные же возможности каждого из способов защиты еще должны быть подтверждены соответствующими теоретическими и экспериментальными исследованиями, а также данными эксплуатации. Экспертные оценки при решении задачи выбора варианта защиты позволяют лишь обоснованно отбросить наименее эффективные варианты и ограничиться более подробным исследованием лучших. Таким образом,



экспертная оценка эффективности средств защиты по формуле (1) и особенно определение весовых коэффициентов μ_i , характеризующих степень важности предотвращения отдельных видов угроз, являются основой для последующих разработок в области защиты от однофазных замыканий.

При выборе наиболее эффективного средства защиты от однофазных замыканий на корпус необходимо учитывать все основные виды опасностей, связанные с контуром нулевой последовательности и определяемые его параметрами. К числу последних относятся:

1) опасность поражения людей электрическим током при случайном однофазном прикосновении к токоведущим частям электрооборудования (коротко — электроопасность);

2) опасность возникновения дуговых явлений в результате однофазных замыканий на корпус (дугоопасность);

3) опасность выделения значительной мощности тепловыделений в поврежденной изоляции при однофазных замыканиях на корпус через переходное сопротивление в точке замыкания (пожароопасность);

4) опасность воспламенения паро- и газоздушных смесей в результате искрения между одной из фаз и корпусом судна (искроопасность);

5) опасность перерывов в электроснабжении ответственных судовых потребителей, возникающих из-за однофазных замыканий на корпус (опасность перерывов питания ответственных потребителей);

6) опасность перерывов в электроснабжении технологических, бытовых и других потребителей, возникающих из-за однофазных замыканий на корпус (опасность перерывов питания технологических и бытовых потребителей);

7) опасность перенапряжений, развивающихся в судовых электросистемах при однофазных замыканиях на корпус через неустойчивый дуговой или искровой контакт (опасность дуговых перенапряжений);

8) опасность несимметрии фазных емкостей сети по отношению к корпусу судна, вызывающей напряжение смещения нейтрали и соответствующее повышение напряжения на изоляции отдельных фаз судовой электросистемы (опасность несимметрии фазных емкостей);

9) опасность повышенного уровня радиопомех, порождаемых сетью и оказывающих влияние на работу судовой радиоаппаратуры через ее проводниковые связи с контуром нулевой последовательности (опасность радиопомех по сети);

10) опасность повышенного уровня радиопомех, порождаемых сетью и оказывающих влияние на работу радиоаппаратуры через ее индуктивные связи

с контуром нулевой последовательности (опасность радиопомех через эфир);

11) опасность повышенного уровня высших гармоник напряжения в контуре нулевой последовательности судовых электросистем (опасность высших гармоник).

Опыт эксплуатации судовых и промышленных электросистем показывает, что перечисленные виды опасностей при определенных условиях действительно могут проявляться на практике, вызывать аварии и создавать угрозу гибели людей в сфере их взаимодействия с электрооборудованием.

К оценке весовых коэффициентов μ_i в формуле (1) следует привлекать экспертов из числа специалистов высокого уровня, способных на основе своих знаний и опыта сопоставить отдельные свойства и качества судовых электросистем по степени их важности для достижения необходимого уровня безопасности судна в целом. Мнения экспертов должны регистрироваться и обрабатываться в соответствии с выбранной методикой. В настоящей работе использован метод парного сравнения как наиболее простой и точный. Для его реализации были разработаны специальные анкеты и проведен опрос девяти экспертов. Полученные по результатам опросов значения весовых коэффициентов μ_i отражают обобщенное мнение всей группы экспертов о степени важности отдельных показателей при их сопоставлении с другими. Согласованность мнений экспертов оценивается коэффициентом конкордации, величина которого в проведенном опросе превысила значение 0,74. Это указывает на закономерность полученных оценок и их соответствие истинному соотношению видов опасностей по степени их важности.

Способы защиты от однофазных замыканий

В различных отраслях промышленности к настоящему времени разработано и используется довольно большое число способов защиты от однофазных замыканий. Ниже приведен перечень этих способов с краткими описаниями и указаниями источников, подтверждающих их применение.

1. *Применение разделительных трансформаторов* представляет один из способов уменьшения величины фазных емкостей в сетях с неэффективным заземлением нейтрали, достигаемого путем деления единой сети на части, не связанные между собой проводниковыми связями. На судах обычно применяют вариант этого способа защиты, заключающийся в отделении сети освещения от силовой сети с помощью одного, двух или большего количества трансформаторов. В этом случае каждая сеть освещения и каждая силовая часть, работающая от автономного источника, обладает собственной емкостью, существенно уступающей сово-

купной емкости всех сетей. Помимо трансформаторов, одновременно понижающих напряжение и разделяющих судовую систему на электрически не связанные сети, применяются чисто разделительные трансформаторы, не изменяющие уровня рабочего напряжения.

2. *Использование в сетях устройств для резонансного заземления нейтрали*, выполняемого путем присоединения нейтральной точки системы к корпусу судна через реактор, настроенный в резонанс с совокупной емкостью трех фаз. В отличие от разделительных трансформаторов заземляющий реактор имеет в десятки раз меньшие массогабаритные показатели и при этом он способен в несколько раз больше понижать токи однофазных замыканий на корпус. В промышленной электроэнергетике режим резонансного заземления нейтрали получил широкое распространение. Однако там он главным образом используется как средство гашения однофазных заземляющих дуг в сетях 3...35 кВ, но не как средство повышения электробезопасности в низковольтных (до 1000 В) электроустановках. В последние годы в Калининградском государственном техническом университете (КГТУ) были продолжены исследования, ранее выполнявшиеся в академии им. адмирала Макарова под руководством Н. Н. Никифоровского, по определению возможностей улучшения эксплуатационных свойств судовых сетей за счет их перевода из режима изолированной нейтрали в режим ее резонансного заземления. В результате в 2006 г. указанный режим нейтрали был допущен к использованию на морских судах [1] наряду с режимом изолированной нейтрали.

3. *Использование устройств для заземления нейтрали через высокоомный резистор* применяется главным образом для ограничения дуговых перенапряжений и для выравнивания фазных напряжений по отношению к земле в промышленных электросистемах [2]. На морских судах подобный режим нейтрали ранее допускался только для высоковольтных электроустановок, а с 2006 г. он разрешен к применению в судовых сетях низких классов напряжений [1].

4. *Использование устройств для комбинированного заземления нейтрали*, выполняемого путем соединения нейтральной точки электросистемы с корпусом судна через соединенные вместе реактор и высокоомный резистор. Для судов этот способ является новым, однако в промышленной электроэнергетике уже известны предложения по использованию близких режимов нейтрали [2, 3]. Рассматриваемый способ существенно отличается от упомянутых в работах [2, 3] предложений, но также относится к способам комбинированного заземления нейтрали. Он был разработан в КГТУ [4].

5. *Использование устройств для глухого или эффективного заземления нейтрали*, выполняемого путем соединения нейтральной точки электросистемы с корпусом судна через проводник или через малоомные резистор или реактор. В сетях с такими режимами нейтрали однофазные замыкания на корпус являются короткими замыканиями. При их возникновении срабатывает автоматическая защита от коротких замыканий, ограничивающая время существования замыкания на корпус. На сравнительно небольшой части иностранных судов, плавающих, например, под флагом США, используется такой режим нейтрали [5].

6. *Применение устройств защитного отключения (УЗО), ограничивающих время пребывания человека под воздействием тока* широко распространено в промышленности и в бытовых приборах. Однако на судах область их использования весьма ограничена. Пока они применяются как средства защиты от поражений при работе с переносным электроинструментом [6], хотя имеются предложения и по более широкому их использованию для обеспечения электробезопасности на флоте [7].

7. *Применение устройств защитного отключения (УЗО) для автоматического заземления одной из фаз* в случае повреждения ее изоляции или возникновения однофазного прикосновения, которые нашли некоторое применение в промышленности, но были разработаны для его использования на рыбопромысловых судах [8], отличавшихся сравнительно высоким уровнем электротравматизма.

Оценка эффективности способов защиты от однофазных замыканий

В соответствии с формулой (1) вычисление значений обобщенного показателя эффективности \mathcal{E}_k для отдельных способов защиты от электропоражений на судах требует, помимо определения весовых коэффициентов для отдельных видов угроз μ_i , установить числовые значения показателей x_{ki} . Выше указывалось, что значение показателя x_{ki} отражает возможность k -го способа защиты в определенной мере предотвратить i -й вид опасности на судне. При качественном анализе видов защиты, характерном для предварительного ранжирования сопоставляемых вариантов, значения показателей x_{ki} установлены равными 1, 1/2 и 0. Если i -й вид опасности принципиально может быть полностью устранен при использовании k -го способа защиты, то соответствующий показатель x_{ki} устанавливается равным 1. Значение 0 придается показателю x_{ki} в случае невозможности получения защитного эффекта по предотвращению i -го вида опасности, а значение 1/2 — в случае предотвращения i -го вида опасности лишь частично или при выполнении некоторых важных дополнительных условий.



Вид опасности 1 (см. их перечень выше) — **электроопасность**. Способы изменения эксплуатационных свойств контура нулевой последовательности и, в частности, *способы защиты* человека от электропоражений можно по степени их эффективности разделить на три группы. В *первую группу* включают те способы защиты, действие которых направлено на уменьшение величины тока через тело человека. Ко *второй группе* относят способы, защитный эффект от применения которых создается за счет уменьшения продолжительности протекания тока. В *третью группу* входят те способы, которые самостоятельно не способны уменьшить ни ток, ни время его протекания через тело человека. Их защитное действие сводится к косвенному повышению уровня электробезопасности путем ограничения перенапряжений и уменьшения количества пробоев изоляции. Известно, что одним из возможных последствий таких пробоев является выход электрического потенциала на токопроводящие части оборудования, увеличивающий угрозу поражения.

Различие в эффективности способов, относящихся к первой и второй группам, обусловлено особенностями действия тока на человека. Согласно ГОСТу 12.1.038—82 величины предельно допустимых значений токов ограничены верхним уровнем 650 мА. В случае превышения этого значения уже невозможно надежное предотвращение электропоражений, достигаемое путем уменьшения длительности протекания тока через тело человека. При меньших значениях тока, напротив, уменьшение времени воздействия тока может явиться важным средством обеспечения электробезопасности. Очевидно, что в целом эффективность способов защиты, основанных на ограничении тока, следует считать более высокой в сравнении со способами, уменьшающими время его протекания,

В первую группу вариантов защиты входят способы защиты 1 (их перечисление дано выше) и 4. Для них показатель x_{ki} , характеризующий возможность обеспечения электробезопасности на судах, принимается равным 1. Во вторую группу следует включить способы 6 (применение УЗО) и 7 (применение УОЗЗ). Для них показатели x_{ki} устанавливаются равными 1/2, поскольку обеспечение электробезопасности с использованием этих устройств может быть достигнуто лишь при выполнении некоторых важных дополнительных условий, прежде всего — ограничения тока. Для способов защиты, входящих в третью группу, значения показателя x_{ki} следует принять равным 0, поскольку прямое влияние на уровень электробезопасности судов они оказать не могут. Действительно в системах с глухим заземлением нейтрали (способ 5) однофазные замыкания на корпус становятся короткими и сопровождаются очень большими токами. Для их от-

ключения используют коммутационную аппаратуру с соответствующими уставками срабатывания. При однофазных прикосновениях токи, протекающие через тело человека, на несколько порядков меньше токов коротких замыканий, поскольку их величина многократно снижается из-за значительного сопротивления самого пострадавшего. Протекание столь малых токов не приводит к срабатыванию защиты от коротких замыканий, и пострадавший остается под напряжением.

Применение режима заземления нейтрали через высокоомный резистор (способ 3) приводит к некоторому увеличению токов через тело человека по сравнению с их величинами в изолированных сетях. Подобное увеличение происходит в результате наложения тока, обусловленного общей проводимостью корпусной изоляции сети, на ток, протекающий через резистор в нейтрали. Таким образом, величина поражающего тока не уменьшается, а время его протекания не ограничивается, поскольку режим резистированной нейтрали обычно не предусматривает защитного отключения участков сети при возникновении в них однофазных замыканий или, тем более, однофазных прикосновений.

Вид опасности 2 — дугоопасность. Основным критерием дугоопасности, как и электроопасности, является величина тока замыкания на корпус. Отличие между двумя этими видами опасности заключается лишь в величинах токов, при которых они приобретают характер важного условия эксплуатации. Критическое значение тока, ниже которого заземляющая дуга не может существовать, более чем вдвое превышает норму электробезопасности по току. Те способы защиты, которые способны обеспечить электробезопасные уровни токов, тем самым создают и условия дугобезопасности в судовых электросистемах. К ним относятся способы защиты 1, 2 и 4. Показатели x_{ki} для этих способов следует принять равными 1.

Глухозаземленная нейтраль (способ защиты 5) обеспечивает гашение дуги только при отсутствии в точке замыкания переходного сопротивления, ограничивающего токи замыкания величинами ниже уставки срабатывания защитной аппаратуры. В случае протекания тока через значительное переходное сопротивление защита от коротких замыканий может не сработать, и дуга какое-то время будет существовать, создавая серьезную угрозу исправному электрооборудованию и другим объектам на судне. С учетом особенностей срабатывания защиты от коротких замыканий способ глухого заземления нейтрали по критерию дугоопасности можно характеризовать значением показателя x_{ki} , равным 1/2.

Устройство защитного отключения (УЗО) должно отключать участок сети при однофазных при-

косновениях, т. е. при многократно меньших токах замыкания и при значительно больших переходных сопротивлениях. Этим обеспечивается высокий уровень подавления дугоопасности, который можно характеризовать значением соответствующего показателя x_{ki} , равным 1. Можно показать, что устройства однофазного защитного заземления (УОЗЗ), напротив, при определенных условиях могут способствовать поддержанию устойчивой заземляющей дуги [9]. Поэтому для способа защиты 7 показатель x_{ki} принимается равным 0. Резистированная нейтраль (способ защиты 3), как указано выше, не приводит к уменьшению тока замыкания по сравнению с его величиной в изолированной сети. Поэтому значения показателя x_{ki} для этого способа защиты следует принять равным 0.

Вид опасности 3 — пожароопасность. Уровень пожарной опасности при однофазных замыканиях на корпус характеризуется величиной максимальной мощности тепловыделений, возникающих в поврежденном участке изоляции при изменении его сопротивления от ∞ до 0. Уменьшение тока глухого (металлического) однофазного замыкания на корпус приводит к быстрому снижению указанной величины максимальной мощности. Таким образом, ток замыкания и максимальная мощность тепловыделений оказываются связанными между собой монотонной зависимостью. Следовательно, способы защиты, действующие на уменьшение тока замыкания (1, 2 и 4), способны обеспечивать и пожарную безопасность сети. Поэтому значения показателей x_{ki} следует принять равными 1.

Эффективность способа защиты, основанного на применении УЗО (способ 6), также должна характеризоваться значением x_{ki} , равным 1, поскольку его срабатывание при больших значениях сопротивления поврежденного участка изоляции, сопоставимых с сопротивлением тела человека, предотвращает возникновение в нем значительных тепловыделений.

Действие УОЗЗ (способ защиты 7), напротив, следует характеризовать показателем x_{ki} , равным 0, поскольку в результате его срабатывания могут в течение длительного времени сохраняться не только устойчивые дуговые процессы, но и опасные тепловыделения.

Анализ показывает, что при определенных сопротивлениях высокоомного резистора (способ защиты 3), заземляющего нейтраль сети, величина мощности тепловыделений в поврежденной изоляции может быть уменьшена почти на 30 % по сравнению с аналогичной мощностью в изолированной сети с теми же величинами фазных емкостей по отношению к корпусу судна. Это позволяет считать, что в случае применения резистированной нейтрали частичное подавление угрозы пожа-

ра возможно, а, следовательно, соответствующему показателю x_{ki} должно быть присвоено значение 1/2.

Применение глухого заземления нейтрали (способ защиты 5) пожарной безопасности не обеспечивает, поскольку срабатывание защиты от коротких замыканий возможно лишь при малых значениях переходного сопротивления в поврежденном участке изоляции. Это означает, что при использовании этого способа защиты достижение максимальной мощности тепловыделений в изоляции не предотвращается, а пожарная безопасность, таким образом, не обеспечивается. Следовательно, соответствующее значение показателя x_{ki} равно 0.

Вид опасности 4 — искроопасность. Критерием возможности возникновения взрыва газо- или паровоздушной смеси при искрении является энергия, выделяющаяся при искре. При неустойчивом контакте между одной из фаз и корпусом судна в момент первоначального касания токоведущей части к заземленной детали возникает искра. Ее энергия примерно равна энергии, накопленной в емкости поврежденной фазы. Максимальная величина этой энергии составляет:

$$W_c = \frac{C_{\phi} U_{\phi \max}^2}{2}, \quad (2)$$

где $U_{\phi \max}$ — амплитуда напряжения между поврежденной фазой и землей, достигнутая непосредственно перед ее замыканием на корпус.

Из соотношения (2) можно по значению критической энергии $W_{c.кр}$, необходимой для возбуждения взрыва газо- или паровоздушной смеси, установить допустимое значение фазной емкости сети $C_{\phi.доп}$. Оно равно

$$C_{\phi.доп} = \frac{2 W_{c.кр}}{U_{\phi \max}^2} = \frac{3 W_{c.кр}}{U_H^2}, \quad (3)$$

где U_H — номинальное линейное напряжение сети.

Серия опытов по определению величины $W_{c.кр}$ для паров дизельного топлива показала, что при вероятности их воспламенения $P = 10^{-2}$ практическое значение энергии $W_{c.кр}$ составляет 0,4...0,6 мДж. Величины допустимой емкости $C_{\phi.доп}$ для значения $W_{c.кр} = 0,5$ мДж согласно соотношению (3) будут равны (мкФ): при $U_H = 380$ В — 0,01, $U_H = 220$ В — 0,03, при $U_H = 127$ В — 0,09.

Для большинства судов реальная опасность воспламенения газо- и паровоздушных смесей может быть связана с возможностью вспышки дизельного топлива в местах его хранения и использования, предшествующее возгоранию самого топлива, а также с возможностью взрыва водородно-воздушной смеси в аккумуляторных помещениях.



Приведенные выше значения $C_{ф.доп}$ показывают, что даже менее опасные процессы, связанные со вспышкой и воспламенением дизельного топлива, требуют снижения фазных емкостей до чрезвычайно малых значений. Ни один из рассматриваемых способов защиты от электропоражений не позволяет одновременно с обеспечением электробезопасности достичь столь низких величин энергии искрения и соответствующих уровней фазных емкостей. Некоторые из них способны лишь несколько улучшить условия искробезопасности в судовых сетях по сравнению с изолированными электросистемами. К ним относятся способ защиты 1, а также способы 3 и 4, в которых улучшение показателей искробезопасности достигается за счет перераспределения зарядов между емкостями сети и заземляющих устройств. В эту же группу способов защиты следует включить применение УЗО (способ 6), поскольку он несколько повышает безопасность путем ограничения времени искрения.

Улучшение показателей искробезопасности в случае использования способов защиты 1, 3, 4 и 6 оценивается значениями показателей x_{ki} , равными 1/2. Для остальных способов защиты эти показатели следует принять равными 0.

Вид опасности 5 — опасность перерывов питания ответственных потребителей. Все варианты защиты, действующие на отключение участков сети при возникновении в них однофазных замыканий на корпус (но не однофазных прикосновений), ухудшают показатели бесперебойности электроснабжения судовых потребителей по сравнению с уровнем, достигнутым сейчас в эксплуатирующихся электросистемах с изолированной нейтралью. Для них значения показателей x_{ki} следует установить равным 0. В эту группу входят способы защиты 5 и 6.

Остальные варианты защиты не предусматривают немедленного отключения потребителей при возникновении однофазных замыканий на корпус. Этим обеспечивается довольно высокий уровень бесперебойности питания потребителей. Для способов защиты этой группы показатели x_{ki} принимаем равными 1.

Вид опасности 6 — опасность перерывов питания технологических и бытовых потребителей. Значения показателей x_{ki} , характеризующих возможность улучшения свойств судовых сетей в отношении уменьшения опасности 6, точно совпадают с аналогичными характеристиками в отношении опасности 5: для способов защиты 5 и 6 значения x_{ki} принимаются равными 0, а для остальных равными 1.

Вид опасности 7 — опасность дуговых перенапряжений. В сетях с изолированной нейтралью уровень дуговых перенапряжений зависит от соотношения фазных и междуфазных емкостей. Указанное соотношение не является неизменной ве-

личиной, сложившейся в результате естественных особенностей изоляции судового оборудования. На судах широко применяются различные устройства, содержащие конденсаторы. Они значительно изменяют соотношение между этими емкостями. Какие-либо нормы, регламентирующие величины и соотношения указанных емкостей, в настоящее время отсутствуют. В результате на отдельных судах в зависимости от набора и характера электрооборудования уровни наибольших дуговых перенапряжений могут значительно отличаться друг от друга.

На величину дуговых перенапряжений значительное влияние оказывает также способ заземления нейтрали. Выявлению особенностей развития дуговых перенапряжений в электросистемах с различными режимами нейтрали были посвящены специальные исследования. Они показали, что при отсутствии линейных емкостей, т. е. при наиболее неблагоприятном соотношении фазных и междуфазных емкостей, величины дуговых перенапряжений в определенных условиях могут быть снижены до безопасных значений. Таким образом, для способа защиты 1, направленного на уменьшение фазных емкостей сети $C_{ф}$, показатель x_{ki} следует установить равным 1/2. Исследования дуговых перенапряжений для сетей с компенсированной нейтралью показали возможность возникновения очень опасных перенапряжений. Поэтому для способа защиты 2 показатель x_{ki} принят равным 0.

Резистированный и комбинированный режимы нейтрали обеспечивают значительное снижение уровня дуговых перенапряжений по сравнению с режимом изолированной нейтрали. Вследствие этого для способов защиты 3 и 4 значения показателей x_{ki} равны 1.

Применение глухозаземленной нейтрали (способ защиты 5) — самый эффективный способ ограничения дуговых перенапряжений. Для него показатель x_{ki} также равен 1.

Способы защиты, основанные на применении устройств защитного отключения (способ 6) и однофазного защитного замыкания (способ 7), обеспечивают некоторое ограничение перенапряжений за счет ограничения времени существования заземляющей дуги. При этом снижается вероятность достижения за это время предельных значений перенапряжений. Следовательно, значения x_{ki} в этих случаях надо признать равными 1/2.

Вид опасности 8 — опасность несимметрии фазных емкостей сети по отношению к корпусу судна. Несимметрия фазных емкостей приводит к искажению звезды напряжений между отдельными фазами сети и корпусом судна. При этом к изоляции отдельных фаз могут быть приложены напряжения, значительно превосходящие фазные, что может привести к ускоренному старению и пробоем изо-

ляции соответствующей фазы, а также к ряду других негативных последствий, например, к увеличению дуговых перенапряжений, ухудшению условий искробезопасности и др. Подобные явления могут возникать в изолированных сетях и в сетях с комбинированной нейтралью только при условии значительной несимметрии фазных емкостей. Поэтому для соответствующих способов защиты (1 и 4) принимаем x_{ki} равным 1/2.

В сетях с компенсированной нейтралью сравнительно небольшая несимметрия фазных емкостей создает значительную угрозу судовому электрооборудованию, вследствие чего для способа защиты 2 x_{ki} равен 0.

Применение резистированной и глухозаземленной нейтралей значительно снижает или полностью устраняет искажение звезды фазных напряжений, действующих на корпусную изоляцию. Это позволяет для способов защиты 3 и 5 установить x_{ki} равными 1.

Способ защиты 6 (УЗО) даже в условиях значительной несимметрии фазных напряжений сети по отношению к корпусу судна может сохранить собственную работоспособность и не ухудшить условия эксплуатации диэлектрических конструкций по сравнению с изолированными сетями (значение x_{ki} равно 1). Применение способа защиты 7 (УОЗЗ), напротив, в условиях несимметрии может привести к ложному срабатыванию и вместо защиты создать дополнительный поражающий или разрушающий эффект. В этом случае x_{ki} равно 0.

Вид опасности 9 — опасность радиопомех, распространяющихся по силовой сети. В электросистемах судов отечественной постройки, а также на некоторых иностранных морских судах установлены помехозащитные фильтры. Их применение указывает на существование некоторой опасности ухудшения радиосвязи из-за помех, возникающих и распространяющихся по силовым сетям. Применение методов защиты, направленных на уменьшение величин фазных емкостей, может как уменьшить уровень радиопомех в сети, так и увеличить его. Снижение радиопомех может быть достигнуто использованием разделительных трансформаторов, а их увеличение — отключением помехозащитных фильтров в распределительных щитах и на вводе в радиорубку и отключением фильтров для подавления высших гармоник, создаваемых силовой полупроводниковой техникой.

Учитывая, что защитный эффект по подавлению радиопомех при непосредственном уменьшении фазных емкостей может быть достигнут только частично или при выполнении дополнительных условий, величина показателя x_{ki} для способа защиты 1 должны быть принята равной 1/2.

Как показали исследования, все способы защиты, основанные на применении одного из режимов заземления нейтрали (2, 3, 4 и 5), в той или иной степени снижают уровни радиопомех по сравнению с их уровнями в судовых электросистемах с изолированной нейтралью. Следовательно, для них показатели x_{ki} равны 1.

Способы 6 и 7 не дают дополнительного защитного эффекта по ограничению радиопомех в сети и поэтому x_{ki} равны 0.

Вид опасности 10 — опасность радиопомех, распространяющихся через эфир. Радиорубки надежно защищены средствами экранирования от помех, порождаемых силовой электросистемой судна и распространяющихся через эфир. В этом отношении все сопоставляемые способы защиты одинаково безопасны. В этом случае x_{ki} равно 1.

Вид опасности 11 — опасность возникновения высших гармоник напряжения в сети. Опасность высших гармоник, прежде всего, связана с возможностью возникновения резонансных явлений при определенных соотношениях параметров контура нулевой последовательности. Они могут явиться причиной пробоя изоляции и выхода из строя судового оборудования. Возникновению предпосылок для развития резонансных явлений способствуют самопроизвольные изменения реактивных параметров электросистем, их фазных емкостей и продольных индуктивностей. Специальные исследования показали возможность возникновения феррорезонансных явлений в результате наложения процессов промышленной частоты на высокочастотные составляющие в сетях с компенсированной нейтралью (способ защиты 2). Для этого способа показатель x_{ki} следует принять равным 0.

Устройства заземления нейтралей по способам защиты 3 и 4 можно рассматривать как своеобразные фильтры. Их применение подавляет высшие гармоники напряжений и способствует улучшению качества электроэнергии в сети. Для них значения показателей x_{ki} равны 1. Глухозаземленная нейтраль (способ защиты 5), как известно, является средством подавления гармоник нулевой последовательности, вносящих обычно наиболее существенный вклад в энергетические характеристики всей совокупности высших гармоник. Для нее показатель x_{ki} также следует принять равным 1. Применение УЗО (способ защиты 6) не приносит каких-либо изменений в параметры сети, способствующие возникновению высокочастотных резонансов. Практически полная безопасность обеспечивается УЗО в условиях существования высших гармоник. В этом случае x_{ki} равно 1.

При определенных условиях УОЗЗ (способ защиты 7) может привести к резонансным явлениям, если оно будет функционировать в изолированной



Весовые коэффициенты и результаты вычисления эффективности различных способов защиты от них в условиях судовых электросистем

Вид опасности	Весовой коэффициент μ_i	Способы защиты от однофазных замыканий на корпус						
		1. Уменьшение фазных емкостей	2. Применение компенсированной нейтрали	3. Применение резистированной нейтрали	4. Применение комбинированной нейтрали	5. Применение глухозаземленной нейтрали	6. Применение УЗО	7. Применение УОЗЗ
1. Электробезопасность	0,131	1	1	0	1	0	1/2	1/2
2. Дугоопасность	0,130	1	1	0	1	1/2	1	0
3. Пожароопасность	0,130	1	1	1/2	1	0	1	0
4. Искроопасность	0,113	1/2	0	1/2	1/2	0	1/2	0
5. Опасность перерывов питания ответственных потребителей	0,150	1	1	1	1	0	0	1
6. Опасность перерывов питания технологических и бытовых потребителей	0,043	1	1	1	1	0	0	1
7. Опасность дуговых перенапряжений	0,098	1/2	0	1	1	1	1/2	1/2
8. Опасность несимметрии фазных емкостей	0,081	1/2	0	1	1/2	1	1	0
9. Опасность радиопомех, передаваемых по сети	0,055	1/2	1	1	1	1	0	0
10. Опасность радиопомех через эфир	0,039	1	1	1	1	1	1	1
11. Опасность высших гармоник напряжения	0,030	1/2	0	1	1	1	1	1/2
Показатель эффективности \mathcal{E}_k		0,839	0,678	0,618	0,903	0,368	0,581	0,362

сети или совместно со способом заземления нейтрали через реактор. Возможно также возникновение режима перемежающейся дуги при удаленном взаимном расположении участка с поврежденной изоляцией и защитного замыкателя. С учетом этих обстоятельств опасность высших гармоник при использовании УОЗЗ следует оценить значением x_{ki} , равным 1/2.

Значения весовых коэффициентов μ_i и показателей степени предотвращения опасностей x_{ki} приведены в таблице. В ней также содержатся результаты вычисления обобщенных показателей эффективности различных вариантов защиты \mathcal{E}_k , выполненные по формуле (1).

Полученные результаты в определенной мере отвечают на предположения ряда специалистов признать применение УЗО и УОЗЗ основным средством защиты судовых электроустановок от однофазных замыканий на корпус. По результатам экспертизы, представленным в виде найденных числовых значений показателя эффективности \mathcal{E}_k , эти варианты защиты оказались на двух последних местах. Это означает, что применение УЗО и УОЗЗ на судах в качестве основного средства защиты от замыканий на корпус способно не улучшить, а ухудшить эксплуатационные показатели бортовых электроустановок. В то же время они могли бы найти применение как средство защиты локальных сетей, например, сетей питания переносных электроинструментов или сетей для электроснабжения

жилых и бытовых помещений. В этом случае УЗО следует признавать более предпочтительным вариантом защиты в сравнении с УОЗЗ, поскольку УОЗЗ может создать дополнительную опасность возникновения пожара [9].

Список литературы

1. **Правила** классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. Т. 2. — СПб., 2007. — 680 с.
2. **Евдокунин Г. А.** Выбор способа заземления нейтрали в сетях 6—10 кВ / Г. А. Евдокунин, С. В. Гудилин, А. А. Корепанов // *Электричество*. — 1998. — № 12. — С. 8—22.
3. **Устройство** для защиты от перенапряжений в сети с компенсированной нейтралью: а. с. № 1427469 СССР / В. П. Рыжков, Е. Н. Рыжкова; опубл. 30.09.88, Бюл. № 36. — 4 с.
4. **Патент 2342756.** Российская Федерация, МПК Н 02 Н 9/00 Способ ограничения перенапряжений в электросетях / Благинин В. А., Кажекин И. Е. — № 2007149444/09; заявл. 27.12.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36. — 8 с.
5. **Уотсон Д. О.** Судовая электротехника. Практика эксплуатации судового электрооборудования. Изд. 3-е, стереотип. Сокращ. перевод с англ. Е. А. Калязина и В. Д. Филонова. — М., 1979. — 336 с.
6. **ГОСТ Р 51683—2000.** Электрооборудование судов. Требования безопасности, методы контроля и испытаний. М.: Госстандарт. — 2000. — 21 с.
7. **Шипунов Н. В.** Защитное отключение. — М.: Энергия, 1968. — 154 с.
8. **Ксенофонтов А. П.** Защитные устройства в судовых и береговых электроустановках рыбной промышленности / А. П. Ксенофонтов, Ю. А. Шестопалов, В. Я. Островский. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 255 с.
9. **Благинин В. А.** Судовые кабельные сети / В. А. Благинин // *Рыбное хозяйство*. — 1991. — № 11. — С. 35—36.

УДК 658.382.3

Е. А. Бондарь,

Калининградский государственный технический университет

E-mail: bbbondar@rambler.ru

О методах оценки профессионального риска и путях их совершенствования

Приведен сравнительный анализ различных методов оценки профессионального риска, указаны их преимущества и недостатки, а также пути их дальнейшего совершенствования.

Ключевые слова: профессиональный риск, оценка риска, анализ риска.

Bondary E. A. *About the methods of rating of professional risk and means of their perfection*

In this work realized the comparative analyze of different professional risk methods, explained their advantages and shorts, and the means of their perfection.

Keywords: professional risk, risk assessment, risk analysis.

Оценка и анализ различных видов рисков, связанных с профессиональной деятельностью, имеют значение в предупредительной работе по охране труда и промышленной безопасности. Однако до настоящего времени какой-либо единой общепринятой методики оценки профессионального риска не существует, что усложняет оценку и анализ риска, а также определение наиболее эффективных направлений его снижения.

В качестве руководства по оценке профессионального риска (т. е. риска причинения вреда здоровью работников от воздействия опасных факторов рабочей среды и трудовой нагрузки) в 2003 года разработан и введен в действие документ Р2.2.1766—03 "Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников..." [1]. В соответствии с ним оценку профессиональных рисков выполняют при осуществлении государственного санитарно-эпидемиологического надзора, производственного контроля, проведении социально-гигиенического мониторинга специалисты центров государственного санитарно-эпидемиологического надзора, научно-исследовательских организаций и центров медицины труда.

Для оценки профессиональных рисков используют категорирование риска по классам условий труда [2], а также медико-биологические показатели здоровья работников, полученные по результатам

периодических медицинских осмотров, физиологических, лабораторных и экспериментальных исследований, а также на основе эпидемиологических данных. Если оценка профессионального риска получена при использовании всех вышеуказанных данных, риск считается доказанным. Если же оценку профессионального риска выполнять только с учетом класса условий труда работников, то тогда риск является подозреваемым [1]. На таком уровне оценить профессиональный риск можно силами работников самого предприятия, пользуясь материалами аттестации рабочих мест по условиям труда.

В Руководстве [1] указаны также принципы управления профессиональным риском: 1) устранение опасного фактора или риска; 2) борьба с опасным фактором или риском в источнике; 3) снижение уровня опасного фактора или внедрение безопасных систем работы; 4) при сохранении остаточного риска использование средств индивидуальной защиты. Легко видеть, что эти принципы сформулированы в общем виде. Наряду с борьбой с опасным фактором или риском в Руководстве [1] не указан широко применяющийся принцип снижения опасного и вредного производственного фактора на пути его распространения.

Предприятия, относящиеся к опасным производственным объектам [3], наряду с анализом и оценкой профессионального риска осуществляют анализ и оценку производственного риска (т. е. риска возникновения аварии на опасном производственном объекте). Часто методики оценки риска объединяют в себе комплексный анализ риска в области производственной безопасности и профессионального здоровья работников. Так происходит на предприятиях нефтегазовой отрасли, где целью выполнения комплексного анализа риска создаются отраслевые методики анализа и оценки рисков, стандарты организаций и предприятий.

При анализе отраслевых документов по оценке риска выяснилось, что в них не используются ни Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов РД 03-418—01 [4], ни Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников Р 2.2.1766—03 [1]. Большинство отраслевых мето-



дик в качестве опорных документов используют европейские документы системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности (OHSAS 18002:2000 Системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности — Руководящие указания по внедрению OHSAS 18001:1999 и OHSAS 18001:1999 Системы менеджмента профессионального здоровья и безопасности — Спецификация).

Несмотря на то, что при оценке профессиональных рисков все отраслевые методики используют результаты аттестации рабочих мест по условиям труда и классификацию условий труда в соответствии с Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса [2], на данный документ нет ссылок ни в одной методике.

Результаты идентификации опасностей и оценки производственных и профессиональных рисков согласно всем отраслевым методикам используются в том числе для "формирования мероприятий и программ по управлению рисками". Все методики подчеркивают, что результаты анализа можно использовать для оптимального планирования, установки целей и внедрения мер по снижению (исключению) значимых рисков в области профессионального здоровья и безопасности. При выборе оптимальных мероприятий по снижению рисков приоритетными являются те меры, которые могут дать максимальный эффект в сокращении риска с наименьшими усилиями и затратами. Отсюда следует, что методики должны предложить и критерии эффективности мероприятий по снижению рисков.

Среди терминов и определений, приводимых в методиках, нет единства. Термин "Оценка риска" указан во всех отраслевых документах, но определения его не совпадают. Ни одна из проанализированных методик не определяет термин "Оценка риска" в соответствии с ГОСТ Р 51897—2002 [5]. Во всех отраслевых методиках используются в основном качественные методы анализа риска.

Одним из методов анализа риска, применяемых в нефтегазовой отрасли, является метод анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО).

Известно, что этот метод используется обычно для качественного анализа опасности, источником которой является некоторая техническая система. Но разработчики отраслевых методик предложили данный метод и для оценки профессионального риска, т. е. в качестве источника риска ими рассматривается рабочая среда и особенности трудового процесса.

На первом этапе по методу АВПКО определяют все возможные виды и последствия отказов (опасные и вредные факторы, связанные с рабочей средой и трудовым процессом). Далее для каждого вида отказа устанавливают категорию его частоты (число случаев/год). Обычно здесь руководствуются некоторой шкалой. Шкала позволяет определить категорию частоты отказа, например, реализация опасности маловероятна — категория частоты В, реализация опасности вероятна — категория частоты D. Обычно, если в качестве источника опасности указываются вредные условия труда, и класс условий труда определен в ходе аттестации рабочих мест по условиям труда, то частота опасности соответствует категории Е (т. е. возможна частая реализация опасности).

Затем для каждого вида опасности определяют категорию значимости последствий для различных, подверженных этой опасности, объектов. Обычно это четыре группы объектов — персонал, население, природная среда, материальные объекты. Возможен учет других групп подверженных опасности объектов. Для оценки значимости последствий предлагаются различные шкалы категорий, например, шестибалльные (табл. 1).

Приемлемость производственного и профессионального рисков определяется в соответствии с матрицей риска, аналогичной матрице рисков метода АВПКО [4]. Обычно отраслевые методики делят все профессиональные риски на три категории:

- приемлемые риски, требующие снижения в долгосрочной перспективе;
- условно приемлемые риски, требующие снижения в среднесрочной перспективе;
- неприемлемые риски, требующие немедленных мер управления.

Таблица 1

Категория значимости последствий реализации опасностей (преобразованный метод АВПКО)

Категория значимости последствий	Объект, подверженный опасности — персонал
5	Острые профессиональные поражения тяжелых форм (условия труда класса 4). Смертельные травмы
4	Тяжелые формы профессиональных заболеваний (условия труда класса 3.4). Тяжелые травмы
3	Профессиональные заболевания средней и легкой тяжести (условия труда класса 3.3). Травмы средней тяжести
2	Увеличение производственно обусловленной заболеваемости (условия труда класса 3.2). Легкие травмы
1	Увеличение общей заболеваемости (условия труда класса 3.1). Микротравмы
0	Отсутствует (условия труда класса 2)

В соответствии с категорией риска определяется лишь время реагирования на риск — немедленное реагирование в среднесрочной перспективе и реагирование в долгосрочной перспективе, соответственно. Данное ранжирование не дает рекомендаций, в каком порядке снижать риски, относящиеся к одной категории. Кроме того, трехбалльной шкалы явно недостаточно для оценки эффективности мероприятий, снижающих риски, и для построения оптимальных планов управления рисками.

Важным достоинством отраслевых методик, основанных на методе АВПКО, является то, что производственные и профессиональные риски оцениваются единой шкалой категорий. Кроме того, при оценке профессиональных рисков оцениваются и риски травмирования, чего не предполагает Руководство по оценке профессионального риска [1]. К достоинствам методик можно также отнести их простоту и доступность изложения.

Другая часть отраслевых методик основана на методе Файн—Кинни. Применяемый в этом методе подход основан на комбинации степени подверженности работника воздействию вредного фактора на рабочем месте, вероятности возникновения угрозы на рабочем месте и последствий для здоровья и безопасности работников в том случае, если угроза осуществится.

Для определения подверженности, вероятности и последствий метод Файн—Кинни предлагает три шкалы. Подверженность варьируется от 0 (нико-

гда нет подверженности) до 10 (постоянная подверженность). Вероятность варьируется от 0 (абсолютно невозможно) до 10 (случится непременно). Последствия варьируются от 0 (минимальные повреждения) до 100 (катастрофа). Степень риска определяется перемножением числовых категорий подверженности, вероятности и последствий. Числовая оценка риска преобразуется в качественную оценку, в соответствии с которой определяется необходимость и первоочередность снижения риска. В отраслевых методиках приведены преобразованные шкалы для определения подверженности, вероятности и значимости последствий. Примеры оценки риска для преобразованных шестибалльных и десятибалльных шкал категорий риска приведены в табл. 2 и 3.

Результаты идентификации опасностей и оценки рисков отраслевыми методиками, по мнению автора, являются основой для планирования, установки целей и внедрения мер по снижению (исключению) значимых рисков в области профессионального здоровья и безопасности в организации. При выборе оптимальных мероприятий по снижению рисков в области профессионального здоровья и безопасности необходимо учитывать техническую выполнимость мер по снижению риска, ожидаемую степень снижения риска, затраты и риски, связанные с осуществлением мероприятий. Приоритетными являются прежде всего те меры, которые могут дать максимальный эффект в сокращении рис-

Таблица 2

Оценка риска (преобразованные шестибалльные шкалы категорий для определения риска)

Числовая оценка риска	Качественная оценка риска	Примечание
0...10	Несущественные риски	Риск практически отсутствует
11...20	Допустимые (приемлемые) риски	Зона допустимого наиболее возможного низкого уровня риска. Риск в общих чертах удовлетворителен и не требует дополнительных мер управления
21...60	Существенные риски	Существенный риск (риск, который уже может привести к негативным последствиям) — может быть принят во внимание при разработке целей и планировании мероприятий в перспективе
61...216	Экстремальные (неприемлемые) риски	Экстремальные — недопустимые риски. Все риски и воздействия должны быть сокращены, исключены и должны учитываться при планировании

Таблица 3

Оценка риска (преобразованные десятибалльные шкалы категорий для определения риска)

Числовая оценка риска	Качественная оценка риска	Допустимость	Меры воздействия
0...50	Незначительные риски	Допустимые	Меры по улучшению ситуации рекомендуются
50...100	Адекватные риски		
100...150	Умеренные риски	Недопустимые	Незамедлительное принятие корректирующих действий
150...360	Чрезмерные риски		
Более 360	Критические риски		



ка с наименьшими усилиями и затратами. Однако в методиках не поясняется, каким образом определить ожидаемую степень снижения риска с помощью конкретных мероприятий, а также риски, связанные с осуществлением мероприятий.

При планировании мероприятий, снижающих риски, необходимо провести ранжирование рисков, т. е. составить перечень всех выявленных и оцененных рисков от наибольшего к наименьшему. Затем руководитель подразделения должен разработать мероприятия по снижению величины рисков с наивысшей оценкой, для чего установить цель, поставить задачу и разработать план мероприятий по ее выполнению. Этот процесс направлен на улучшение охраны здоровья и безопасности труда в подразделении.

После реализации мероприятий риски должны быть вновь ранжированы и выделены те риски, величина которых на этот момент является наибольшей и ее необходимо уменьшать.

Если понимать данные методики буквально, то при управлении риском предлагается разрабатывать мероприятия, снижающие уровень риска для фактора, занявшего первую строку в перечне рисков, упорядоченном по убыванию показателя риска. Затем, после проведения мероприятий по снижению уровня риска, перечень рисков вновь упорядочивается. Предполагается, что фактор, занимавший первую строчку перечня, после выполнения мероприятий, покинет лидирующие позиции и даст возможность планировать мероприятия, снижающие риск по другим ОВПФ. Поскольку многие ОВПФ на данном этапе развития технологий являются полностью неустраняемыми, "ротация" рисков будет затрагивать первые строки таблицы, не давая группе факторов с небольшими показателями риска "пробиться" на первые позиции перечня. То есть, часть рисков из второй части перечня не будут устраняться в течение длительного времени.

Часто методики, основанные на методе Файн—Кинни, хотя и указывают на необходимость проведения инструментального контроля уровней опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ), но не поясняют, каким образом оценка ОВПФ связана со степенью влияния этих факторов на здоровье и жизнь работника. То есть категория значимости профессионального риска для работника определяется без учета классификации условий труда на его рабочем месте.

Из проведенного анализа содержания методик оценки рисков, применяемых на предприятиях нефтегазовой отрасли, вытекают перечисленные ниже выводы.

1. Для оценки производственных и профессиональных рисков предлагается единая шкала.

2. Во всех методиках оценивается только подозреваемый [1] профессиональный риск, поскольку учитывается только класс условий труда работников, определяемый на основе инструментальных замеров.

3. Для определения профессиональных рисков во всех исследованных отраслевых методиках учитываются результаты аттестации рабочих мест по условиям труда.

4. При определении числовой оценки риска используются сходные показатели, хотя ранжирование их в разных методиках существенно различается.

5. Количественная оценка большинства показателей риска во всех исследованных методиках достаточно субъективна. Это относится, прежде всего, к определению частоты реализации опасности.

6. К достоинствам всех исследованных методик можно отнести простоту их реализации и возможность автоматизации процесса анализа и оценки рисков.

7. Для планирования мероприятий, снижающих (устраняющих) риски, во всех методиках предлагается построение реестра рисков — перечня рисков, упорядоченного по убыванию количественной оценки риска. При этом риски могут быть отнесены к требующим немедленного управления, управления в среднесрочной перспективе и управления в долгосрочной перспективе. Оптимальное управление в соответствии с методиками предполагает разработку мероприятий, снижающих (устраняющих) риски в последовательности, соответствующей составленному реестру рисков. Несмотря на то, что принцип оптимальности провозглашается (приоритетными являются прежде всего те меры, которые могут дать максимальный эффект в сокращении риска с наименьшими усилиями и затратами), методы реализации этого принципа в методиках не предлагаются. Критерии эффективности мероприятий по снижению рисков не называются.

8. Использовать результаты анализа и оценки рисков, выполненных по исследованным методикам, для целей оптимизации планирования мероприятий по охране труда и промышленной безопасности затруднительно, поскольку невозможно определить результативность мероприятий в отношении уменьшения рисков.

Хотя изученные методики анализа рисков на предприятиях нефтегазовой отрасли учитывают результаты аттестации рабочих мест по условиям труда, однако они в последующем чрезмерно огрубляют оценку подозреваемых профессиональных рисков. Более точную оценку подозреваемого профессионального риска можно получить сразу после про-

ведения аттестации рабочих мест по условиям труда в соответствии с Руководством [2]. Никаких новых данных для построения оптимальных планов мероприятий по улучшению условий труда рассмотренные методики не дают.

В известных методиках анализа и оценки рисков недостаточно учитывается то обстоятельство, что они получают практическую ценность лишь в том случае, если позволяют указать конкретные пути снижения опасности травмирования или заболевания работника. Поэтому при разработке соответствующих методик нужно учитывать, в частности, механизмы возникновения несчастных случаев. Достаточно часто они возникают в результате пересечения во времени и в пространстве четырех событий [6]: появление травмоопасной ситуации — нахождение работника в опасной зоне — попадание травмирующего фактора — отказ средств защиты. Уже из простого перечисления этих событий возникают предупредительно-профилактические меры: обеспечить прочность конструкций, электробезопасность, исключить размещение рабочих мест в опасной зоне, не допускать посторонних в зону работ (так как в этом случае возрастает вероятность попадания травмирующего фактора в кого-либо из находящихся в этой зоне), повышать надежность средств индивидуальной защиты и др. При этом "наполняемость" указанных выше событий конкретным содержанием полностью определяется спецификой исследуемого технологического процесса.

В основу анализа и оценки риска заболеваний могут быть положены результаты исследований

в области психофизики. В настоящее время получен ряд психофизических формул, связывающих уровень риска с неблагоприятными отклонениями в состоянии условий труда по ряду факторов [6]. Умножение балльной оценки риска на число работников, на которых этот риск распространяется, с последующим суммированием этих произведений по всем рабочим местам дает оценку группового профессионального риска. И задача заключается в том, чтобы его значение максимально уменьшить, применяя различные мероприятия.

Таким образом, дальнейшее совершенствование методик анализа и оценки рисков заключается в более глубоком учете механизмов возникновения несчастных случаев и заболеваний работников, повышении практической направленности этих методик, обеспечении прямого выхода на конкретные предупредительно-профилактические мероприятия.

Список литературы

1. Р 2.2.1766-03 Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки.
2. Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
3. **Федеральный** закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".
4. РД 03-418-01 Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов.
5. ГОСТ Р 51897—2002 Менеджмент риска. Термины и определения.
6. **Минько В. М.** Математическое моделирование в управлении охраной труда / В. М. Минько. — Калининград, 2002. — 184 с.

ВНИМАНИЕ — допущена ошибка в инициалах автора!

В статье авторов **Н. Н. Красногорской, А. Н. Елизарьева, Т. Б. Фащевской, Л. М. Якуповой, Э. Р. Нафиковой**

"Использование искусственных нейронных сетей при прогнозировании качества речной воды",

опубликованной в журнале "Безопасность жизнедеятельности" № 4, 2009 год, с. 15—21, неправильно указаны инициалы и ученая степень одного из авторов **НАФИКОВОЙ**.

Должно быть:

Э. В. Нафикова, аспирант.



УДК 697.1

В. М. Минько, д-р техн. наук, проф.,
Калининградский государственный технический университет
E-mail: mcotminko@mail.ru

Математическая модель задачи проектирования вентиляционной системы

Рассмотрен процесс формирования математической модели задачи проектирования вентиляционной системы с механическим побуждением. Сформулирована и исследована математическая модель, позволяющая определить оптимальное значение скорости движения воздуха по воздуховоду и диаметра воздуховода. Указаны направления совершенствования модели.

Ключевые слова: вентиляционные системы, математическая модель, проектирование.

Minko V. M. *The mathematical model of designing of ventilating system*

Process of formation of mathematical model of a problem of designing of ventilating system with mechanical prompting is considered. The mathematical model is formulated and investigated, allowing to define optimum value of speed of movement of air on an air line and diameter of an air line. Directions of perfection of model are specified.

Keywords: ventilating systems, mathematical model, designing.

Хорошо известно, что системы искусственной или механической вентиляции представляют одну из наиболее важных и в то же время дорогостоящих систем обеспечения благоприятных условий труда. На работу вентиляции расходуется до 8 % всей вырабатываемой в стране электроэнергии [1]. Отсюда следует, что при проектировании этих систем необходимо стремиться к минимизации затрат на их изготовление и функционирование при одновременном обеспечении требований по производительности, ограничению шумности и др.

Затраты на изготовление участка вентиляционной сети могут быть ориентировочно выражены через произведение величин K_1, l, t, d , где K_1 — стоимостной фактор, зависящий от ряда показателей, в том числе срока службы вентиляции (см. ниже); l — длина участка вентиляционной сети, м; t — толщина стенки воздуховода, м; d — диаметр воздуховода, м. Затраты на функционирование вентиляционной системы пропорциональны мощности N , затрачиваемой на привод вентилятора, т. е. имеем $K_2 N$, где K_2 — стоимость одного кВт · ч потребляе-

мой электроэнергии. Если обозначить через W — общие затраты, то с учетом изложенного выше получаем

$$W = K_1 l t \pi d + K_2 N. \quad (1)$$

Мощность, кВт, на валу электродвигателя вентилятора определяется как [2, 3]:

$$N = \frac{QH}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_B \eta_{\Pi}}, \quad (2)$$

где Q — производительность вентилятора, м³/ч; H — давление, развиваемое вентилятором, кгс/м² (1 кгс/м² ≈ 10 Па); η_B, η_{Π} — КПД соответственно вентилятора и привода. Производительность

$$Q = 3600 \frac{\pi d^2}{4} v, \quad (3)$$

где v — скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с.

Давление H , развиваемое вентилятором, очевидно, должно быть не менее сопротивления движению воздуха по воздуховоду. Если учитывать, что это сопротивление определяется сопротивлением трению, то давление H может быть определено как [2]:

$$H = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2g}, \quad (4)$$

где λ — коэффициент трения; ρ — плотность воздуха, кг/м³; g — ускорение свободного падения, м/с².

Коэффициент λ вычисляют по формуле

$$\lambda = 0,35 \left(\frac{vd}{v} \right)^{-0,25}, \quad (5)$$

где v — коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

Подставляя выражение (5) в (4), получаем

$$H = 0,35 \frac{\rho l}{2g} v^{0,25} \frac{v^{1,75}}{d^{1,25}}. \quad (6)$$

Если в выражение (2) подставить формулы (3) и (6), то имеем

$$N = \frac{0,35 \pi v^{0,25} \rho l}{4 \cdot 102 \eta_B \eta_{\Pi} 2g} d^{0,75} v^{2,75}. \quad (7)$$



С учетом последнего выражения формула (1) преобразуется к виду

$$W = K_1 l \pi d + K_2 \frac{0,35 \pi v^{0,25} \rho l}{4 \cdot 102 \eta_B \eta_H} d^{0,75} v^{2,75}. \quad (8)$$

Величина W является критерием оптимальности, а выражение (8) — целевой функцией формируемой математической модели задачи проектирования оптимальной вентиляционной системы.

Производительность вентиляционной системы Q должна быть не меньше требуемой $Q_{\text{тр}}$. То есть с учетом формулы (3) можно записать

$$3600 \frac{\pi d^2}{4} v \geq Q_{\text{тр}}. \quad (9)$$

Известно, что во многих случаях уровень шума от работы вентиляционных систем L_B может превышать предельно допустимый $L_{\text{ПДУ}}$ по санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562—96 и ГОСТ 12.1.003—83 "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности". В этих документах указано, что уровень шума, создаваемого в помещениях вентиляции и кондиционирования, должен быть на 5 дБА ниже фактических уровней шума в этих помещениях, если они не превышают установленных нормативов. В остальных случаях уровень вентиляционного шума должен быть на 5 дБА меньше нормативных значений для конкретных помещений, установленных санитарными нормами и ГОСТ 12.1.003—83. Поэтому при проектировании вентиляционных систем необходимо обеспечение соблюдения условия

$$L_B \leq L_{\text{ПДУ}}. \quad (10)$$

При этом, в частности, имеется в виду, что $L_{\text{ПДУ}} = L_{\text{ф}}$, где $L_{\text{ф}}$ — фактический уровень шума в помещении.

По данным литературы общий уровень звуковой мощности аэродинамического шума вентилятора L_N можно определить из выражения [1, 2, 3]

$$L_N = \tau + 25 \lg H + 10 \lg \frac{L}{3600} + \delta, \quad (11)$$

где τ — критерий шумности, зависящий от типа вентилятора, дБА; для вентиляторов Ц4-70 и Ц4-76 на стороне нагнетания $\tau = 16$ дБА, на стороне всасывания — $\tau = 13$ дБА; δ — поправка на режим работы вентилятора, дБА. Она равна 2 дБА, если отклонение режима работы вентилятора от режима максимального КПД не превышает 20 %, если это отклонение более 20 %, то $\delta = 4$ дБА.

Подставляя формулы (3) и (6) в выражение (11), получаем

$$L_N = A + 25 \lg \frac{v^{1,75}}{d^{1,25}} + 10 \lg (d^2 v), \quad (12)$$

где

$$A = \tau + 25 \lg \left(0,35 \frac{\rho l}{2g} v^{0,25} \right) + 10 \lg \frac{\pi}{4} + \delta. \quad (13)$$

Известно, что в первом приближении общий уровень звуковой мощности L_N следующим образом связан с общим уровнем вентиляторного шума L_B в точке на расстоянии R от источника шума (вентилятора) при угле излучения звука Ω

$$L_B = L_N - 20 \lg R - 10 \lg \Omega, \quad (14)$$

или

$$L_B = L_N - B, \quad (15)$$

где B — поправка, учитывающая расстояние R и условия распространения звука от источника.

Если принять $R = 1$ м, $\Omega = \pi$, то $B = 20 \lg 1 + 10 \lg 3,14 \approx 5$ дБА.

С учетом выражений (12) и (15) условие (10) преобразуется к виду

$$25 \lg \frac{v^{1,75}}{d^{1,25}} + 10 \lg (d^2 v) \leq L_{\text{ПДУ}} - A + B \quad (16)$$

или

$$\left(\frac{v^{1,75}}{d^{1,25}} \right)^{25} (d^2 v)^{10} \leq 10^{L_{\text{ПДУ}} - A + B}. \quad (17)$$

После сокращений и округлений получаем

$$v^{54} d^{-11} \leq 10^{L_{\text{ПДУ}} - A + B}. \quad (18)$$

Выражения (8), (9) и (18) уже позволяют сформировать следующую математическую модель:

минимизировать

$$W = (K_1 l \pi) d + \left(K_2 \frac{0,35 \pi v^{0,25} \rho l}{4 \cdot 102 \eta_B \eta_H 2g} \right) d^{0,75} v^{2,75}$$

при ограничениях:

$$1) \left(\frac{4 Q_{\text{тр}}}{3600 \pi} \right) d^{-2} v^{-1} \leq 1; \quad (A)$$

$$2) \left(\frac{1}{10^{L_{\text{ПДУ}} - A + B}} \right) v^{54} d^{-11} \leq 1;$$

$$(d, v) > 0.$$



Величины d и v , представленные в модели (А), являются независимыми управляемыми переменными, подлежащими определению. Их оптимальные значения должны обеспечить минимум затрат W на устройство и функционирование вентиляционной системы, а также с учетом первого ограничения в модели (А) — требуемую производительность вентиляционной системы, а с учетом второго — предотвращение повышенного шума при работе вентилятора.

Модель (А) может быть представлена в виде:

минимизировать

$$W = q_1 d + q_2 d^{0,75} v^{2,75}$$

при ограничениях:

$$1) q_3 d^{-2} v^{-1} \leq 1;$$

$$2) q_4 d^{-11} v^{54} \leq 1;$$

$$(d, v) > 0.$$

(В)

Коэффициенты q_i в модели (В) равны

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= K_1 l \pi; \\ q_2 &= K_2 \frac{0,35 \pi v^{0,25} \rho l}{4 \cdot 102 \eta_B \eta_{\Pi} 2g}; \\ q_3 &= \frac{4 Q_{\text{тр}}}{3600 \pi}; \\ q_4 &= 1/10^{L_{\text{пдв}} - A + B}. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Исследование модели (В) может быть выполнено с помощью геометрического или полиномиального программирования [5, 6]. Выбор этого метода объясняется тем, что модель (В) состоит из положительных полиномов (позиномов). Степень трудности исследуемой модели равна единице: $[4 - (2 + 1)] = 1$, где 4 — число позиномов в модели; 2 — число управляемых переменных; т. е. от числа позиномов отнимается число управляемых переменных, увеличенное на единицу.

Составляем исходную матрицу экспонент (табл. 1). Расположение строк в этой матрице выбрано так, чтобы ускорить построение диагональной матрицы. Далее путем элементарных действий над вектор-столбцами исходной матрицы она приводится к диагональному виду. Для этого вектор-столбец v умножаем на (-2) , затем к вектор-столбцу d прибавляем полученный вектор-столбец v и, наконец, вектор-столбец v делим на 2. После этого матрица, расположенная ниже диагональной матрицы, транспонируется с обратными знаками и внизу дописывается диагональная матрица. Таким образом, формируются базисные векторы двойственного пространства (табл. 2). Вектор нормализации в табл. 2 получен из второго базисного век-

Таблица 1

Исходная матрица экспонент модели (В)

Номер члена позинома	Управляемые переменные	
	d	v
1	1	0
3	-2	-1
2	0,75	2,75
4	-11	54

Таблица 2

Преобразования исходной матрицы экспонент модели (В)

Номер члена-позинома	Управляемые переменные		Базисные векторы двойственного пространства		Вектор нормализации	Вектор невязки
	d	v	1	2		
1	1	0	4,75	119	1	-1
3	0	1	2,75	54	54/119	16,75/119
2	-4,75	-2,75	1	0	0	1
4	-119	-54	0	1	1/119	-5,75/119

тора путем деления каждой его компоненты на сумму двух компонент, относящихся к позиномам 1 и 2, так как эти позиномы входят в целевую функцию модели (В). Вектор невязки получен из первого базисного вектора путем вычитания из каждой его компоненты суммы двух компонент, относящихся к позиномам 1 и 2, умноженной на вектор нормализации.

Известно, что в геометрическом программировании прямая модель заменяется на эквивалентную двойственную, которая более проста для исследования. Для полученной модели (В) двойственная модель имеет вид:

максимизировать

$$\theta(\delta_i) = \left(\frac{q_1}{\delta_1}\right)^{\delta_1} \left(\frac{q_2}{\delta_2}\right)^{\delta_2} q_3^{\delta_3} q_4^{\delta_4}$$

при ограничениях:

нормализации

$$\delta_1 + \delta_2 = 1;$$

ортогональности

$$\text{по } d: \delta_1 + 0,75\delta_2 - 2\delta_3 - 11\delta_4 = 0;$$

$$\text{по } v: 2,75\delta_2 - \delta_3 + 54\delta_4 = 0;$$

$$\delta_i \geq 0,$$

(С)

где q_i — коэффициенты позиномов, определяемые по формулам (19); δ_i — двойственные переменные.

Согласно теории геометрического программирования минимум прямой целевой функции равен максимуму двойственной. Общее решение двойст-

венных ограничений модели (С) согласно табл. 2 имеет вид:

$$\delta_j = \left\{ \begin{array}{c} 1 \\ 1 \\ 54/119 \\ 1/119 \end{array} \right\} + r \left\{ \begin{array}{c} -1 \\ 1 \\ 16,75/119 \\ -5,75/119 \end{array} \right\}, \quad (20)$$

где r — базисная переменная.

Для определения оптимального значения базисной переменной общее решение (20) подставляется в двойственную целевую функцию, которая затем логарифмируется и дифференцируется по r . Полученная производная приравняется к нулю, т. е. имеем:

$$\frac{d \ln \theta(r)}{dr} = 0. \quad (21)$$

Или после преобразований

$$\frac{1-r}{r} = \frac{q_1 q_4^{5,75/119}}{q_2 q_3^{16,75/119}}. \quad (22)$$

После подстановки в уравнение (22) формул (19) получаем

$$\frac{1-r}{r} = \frac{4 \cdot 102 \cdot \eta_B \eta_{II} 2g K_1 t (3600\pi)^{0,141}}{K_2 \cdot 0,35 v^{0,25} \rho (4Q_{TP})^{0,141} (10^{L_{ПДУ} - A + B})^{0,048}}. \quad (23)$$

Из выражения (23) следует важный вывод: оптимальное значение базисной переменной r и, следовательно, двойственных переменных δ_i не зависит от длины l воздуховода.

Примем следующие значения неуправляемых переменных: $\eta_B = 0,75$; $\eta_{II} = 1$; $g = 9,8$ м/с²; $K_1 =$

$$= \frac{7500 \text{ кг/м}^3 \cdot 30 \text{ руб./кг}}{5 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,2} = 26 \text{ руб./м}^3 \cdot \text{ч}, \text{ где}$$

7500 кг/м³ — плотность вентиляционной жести; 30 руб. — стоимость 1 кг жести; 5 — срок службы вентиляции; 0,2 — коэффициент, устанавливающий долю календарного времени, в течение которой вентиляция находится во включенном состоянии.

Таким образом, K_1 — это стоимость единицы объема материала для изготовления воздуховода, отнесенная к единице времени эксплуатации вентиляционной системы; $t = 0,0004$ м; $\pi = 3,14$; $K_2 = 0,35$ руб./кВт·ч; $v = 15,89 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $\rho = 1,2$ кг/м³; $Q_{TP} = 1000$ м³/ч; $L_{ПДУ} = 35$ дБА; $A = -25$ дБА; $B = 5$ дБА. При этих значениях ко-

эффициенты q_i (см. формулы (19)) будут равны: $q_1 = 0,65$; $q_2 = 0,000097$; $q_3 = 0,35$; $q_4 = 0,00076$.

При расчетах q_i сохранены по две значащие цифры после запятой.

Для полученных значений q_i из уравнения (22) получаем следующее оптимальное значение базисной переменной: $r_{\text{опт}} = 0,14$. Оптимальные значения двойственных переменных δ_i находим по формуле (20):

$$\delta_{\text{опт}_1} = 0,86; \delta_{\text{опт}_2} = 0,14; \\ \delta_{\text{опт}_3} = 0,474; \delta_{\text{опт}_4} = 0,0016.$$

Подставляя эти значения в целевую функцию двойственной модели С, получим $\theta(\delta_{\text{опт}_i}) = W_{\text{опт}} = 0,17$ руб./ч.

Оптимальные значения d и v определим из целевой функции прямой модели В. Имеем

$$q_1 d_{\text{опт}} = \theta(\delta_{\text{опт}_i}) \delta_{\text{опт}_1}; \\ q_2 (d_{\text{опт}})^{0,75} (v_{\text{опт}})^{2,75} = \theta(\delta_{\text{опт}_i}) \delta_{\text{опт}_2}.$$

Откуда $d_{\text{опт}} = 0,22$ м; $v_{\text{опт}} = 11,2$ м/с.

Из приведенного исследования следует, что поскольку $\delta_{\text{опт}_3}$ и $\delta_{\text{опт}_4}$ отличны от нуля, то ограничения прямой модели активны, т. е. действительно ограничивают область допустимых значений d и v .

Дальнейшее усовершенствование модели А может быть связано с введением толщины воздуховода l в число управляемых переменных, учетом коэффициентов местных сопротивлений, использованием уточненных зависимостей, связывающих параметры вентиляционных систем с уровнями излучаемой звуковой мощности и применяемыми техническими средствами снижения вентиляционного шума, использованием устройств подогрева воздуха.

Список литературы

1. Вентиляция и отопление цехов машиностроительных предприятий / М. И. Гримитлин, Г. М. Позин, О. Н. Тимофеева и др. — М.: Машиностроение, 1993. — 288 с.
2. Дроздов В. Ф. Отопление и вентиляция: в 2-х ч. — Вентиляция / В. Ф. Дроздов. — М.: Высш. шк., 1984. — 263 с.
3. Вентиляция / В. И. Полушкин, С. М. Анисимов, В. Ф. Васильев и др. — М.: Издательский центр "Академия", 2008. — 416 с.
4. Борьба с шумом на производстве: справочник / Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн и др.; Под общ. ред. Е. Я. Юдина. — М.: Машиностроение, 1985. — 400 с.
5. Даффин Р. Геометрическое программирование: пер. с англ. / Р. Даффин, Э. Питерсон, К. Зенер. — М.: Мир, 1972. — 380 с.
6. Минько В. М. Математическое моделирование в охране труда / В. М. Минько. — Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО "КГТУ", 2008. — 248 с.

УДК 629.12.066

В. А. Благинин, канд. техн. наук, доц., **И. Е. Кажекин**, асп.,
Калининградский государственный технический университет
E-mail: bbbondar@rambler.ru

Профилактика аварийности отечественного рыбопромыслового флота

По данным анализа аварийности рыбопромыслового флота за период с 1995 по 2007 гг. выявлена доминирующая причина аварийности морских судов (пожары), разработано и изготовлено устройство для предотвращения пожаров.

Ключевые слова: рыбопромысловый флот, судовые пожары, однофазные замыкания, предотвращение пожаров.

Blaginin V. A., Kazhekin I. E. Preventive maintenance of accidents at the domestic fishery fleet

The analysis of accidents at the fleet from 1995 for 2007 has shown, dominating reason of occurrence of fires on sea ships is revealed, is designed and made device for their preventions.

Keywords: fishery fleet, ship fires, single phase-to-ground fault.

Состояние промыслового флота

Рыбопромысловый флот (РПФ) России возник в результате раздела мощного советского промыслового флота, занимавшего первое место в мире по совокупному тоннажу. На момент распада Советского Союза численность флота составляла около 7500 судов [1]. России отошел 71 % судов [2], что составило примерно 5300 единиц флота. В первые годы после распада Союза происходило быстрое сокращение численности промысловых судов, которое после 1998 г. сменилось некоторым ростом, а после 2001 г. вновь продолжилось сокращение.

За все годы существования РПФ России в его состав новые суда практически не поступали. Пополнение флота происходило лишь за счет приобретения некоторого количества старых судов, покупаемых, в основном, в странах СНГ. В отсутствие вновь построенных судов флот стремительно старел и уже к 1997 г. за пределами нормативных сроков эксплуатации (22...24 года) оказалось более 50 % добывающих, 70 % обрабатывающих, 48 % приемно-транспортных и 49 % вспомогательных судов [2] и др.

По состоянию на 31.12.2000 г. в самой молодой из указанных групп судов флота насчитывалось 423 транспортных рефрижератора. Из них только

222 судна не имели ограничений по району плавания, а 201 судно такие ограничения уже имели, в том числе и по причине их неудовлетворительного технического состояния [3]. Из состава этой группы намечено до 2011 г. безвозвратно списать 270 судов. При этом оставшиеся в эксплуатации суда на тот момент уже отработали по 20...30 лет и к настоящему времени они также превысили свой расчетный ресурс. Таким образом, и сейчас среди транспортных рефрижераторов не осталось судов моложе их расчетных сроков эксплуатации.

Аналогичное положение сложилось и с другими группами судов, возрастные показатели которых еще в 1997 г. были выше, чем у транспортных судов. В частности, состояние научно-исследовательского флота отрасли стало таковым, что из 29 входящих в него судов к 2006 году полностью пригодными для выполнения всего комплекса работ по разведке биоресурсов Мирового океана осталось лишь 9 судов. Остальные могли работать только в исключительной экономической (200 миль) и прибрежной зонах (12 миль) [4].

Эти примеры позволяют составить определенное представление о техническом состоянии рыбопромыслового флота в целом, который сейчас стал одним из самых старых и потенциально наиболее опасных флотов в мире. Более того, в ближайшие годы его радикальное обновление невозможно. Для этого потребуется построить тысячи новых современных судов. По опыту интенсивного развития РПФ в советское время можно предположить, что даже при наличии достаточного финансирования на это потребуется не менее 10...15 лет. Поэтому следует ожидать, что в течение еще ряда лет средний возраст отечественного рыбопромыслового флота будет только увеличиваться, а опасность при его использовании — возрастать.

Вместе с тем, продолжение довольно интенсивной эксплуатации действующих судов остается насущной необходимостью, поскольку они являются основными поставщиками рыбного сырья на внутренний рынок, обеспечивают определенные валютные поступления от внешней торговли рыбной продукцией и поддерживают занятость немалой части населения Европейского Севера России, обширных дальневосточных и ряда других приморских

регионов страны. В связи с этим перед отечественной рыбохозяйственной отраслью возникает необычная и сложная организационно-техническая задача по обеспечению необходимого уровня безопасности и эксплуатационной надежности своего весьма изношенного рыбопромыслового флота, которая должна решаться в условиях продолжающегося увеличения среднего срока службы судов. Ее успешное решение позволило бы преодолеть кризисное состояние флота с гораздо меньшими потерями. Кроме того, достигнутые результаты могли бы быть с успехом использованы для существенного улучшения качества проектирования новых рыбопромысловых судов и для совершенствования системы их эксплуатации.

Анализ аварийности рыбопромыслового флота

Очевидно, что определение возможности и путей решения задачи повышения безопасности судов, давно исчерпавших нормативные сроки эксплуатации, должно основываться на результатах анализа аварийности именно таких судов. В этом отношении нынешний рыбопромысловый флот предоставляет уникальную возможность в изучении особенностей морской аварийности не только рыбопромыслового, но и других флотов России, также имеющих большое количество судов, превышав-

ших нормативные сроки эксплуатации. Ниже приведены некоторые результаты анализа, выполненного с целью выявления особенностей изменения во времени основных показателей аварийности РПФ за период с 1995 по 2007 гг. Исходная информация о видах и тяжести *аварийных случаев (АС)*, произошедших с судами рыбопромыслового флота, ежегодно публикуется институтом "Гипрорыбфлот" в его сборнике "Безопасность мореплавания и ведения промысла". Данные об аварийности за указанный период содержатся в выпусках 106, 108, 110, 113, 114, 116, 118, 121, 122, 124 и 126. Они относятся к судам, находящимся под наблюдением Российского морского Регистра судоходства, т. е. к самоходным судам с мощностью энергетической установки свыше 55 кВт.

Все аварийные случаи, произошедшие в отрасли с рыбопромысловыми судами, классифицируются в соответствии с Положением о порядке классификации, расследования и учета аварийных случаев с судами [5]. В этом же документе даны определения уровням тяжести АС — кораблекрушению, аварии, аварийному происшествию и т. д., а также установлено деление АС по видам на навигационные, технические, пожары и взрывы. В частности, к *кораблекрушениям* относятся АС, в результате которых произошла гибель судна или его полное

Аварийность рыбопромысловых судов в период с 1995 по 2007 гг.

Годы	Общее число судов флота (с ЭУ свыше 55 кВт)*, ед.	Общие показатели аварийности		Показатели тяжести аварийных случаев									
		Общее число АС, ед.	Отношение числа АС к числу судов флота, %	Человеческие жертвы в АС		Кораблекрушения		Аварии		Аварийные происшествия		Эксплуатационные повреждения	
				Число, человек	В отношении к числу судов флота, %	Число, ед.	В отношении к числу судов флота, %	Число, ед.	В отношении к числу судов флота, %	Число, ед.	В отношении к числу судов флота, %	Число, ед.	В отношении к числу судов флота, %
1995	3314	97	2,927	3	0,091	4	0,121	3	0,091	74	2,233	16	0,483
1996	3215	94	2,924	15	0,467	10	0,311	6	0,187	62	1,928	16	0,467
1997	3163	79	2,498	6	0,190	5	0,158	2	0,063	58	1,834	14	0,443
1998	3012	84	2,789	14	0,465	8	0,266	1	0,033	57	1,892	18	0,598
1999	3069	81	2,639	12	0,391	7	0,228	0	0	69	2,248	5	0,162
2000	3124	54	1,729	12	0,384	11	0,352	2	0,064	40	1,280	1	0,032
2001	3143	54	1,718	7	0,223	5	0,159	3	0,095	46	1,464	0	0
2002	3087	62	2,008	22	0,713	11	0,356	4	0,130	47	1,523	1	0,032
2003	2987	51	1,707	5	0,167	5	0,167	4	0,134	40	1,339	2	0,067
2004	2911	39	1,340	11	0,379	4	0,137	3	0,103	25	0,859	2	0,069
2005	2767	59	2,132	2	0,072	2	0,072	2	0,072	37	1,337	18	0,651
2006	2600	41	1,577	0	0	3	0,115	0	0	34	1,308	4	0,154
2007	2509	39	1,554	2	0,080	2	0,080	2	0,080	19	0,757	16	0,638
В среднем за период	2992,4	64,2	2,119	8,5	0,279	5,9	0,194	2,5	0,081	46,8	1,539	8,7	0,292

* По состоянию на 31 декабря указанного года (данные института "Гипрорыбфлот").



Окончание табл.

Годы	Виды аварийных случаев								
	Навигационные		Технические		Пожары и взрывы				
	Число, ед.	В отношении к числу судов флота, %	Число, ед.	В отношении к числу судов флота, %	Число, ед.	В отношении к числу судов флота, %	Жертвы при пожарах и взрывах		
							Число, человек	В отношении к числу судов флота, %	В отношении к числу пожаров и взрывов, %
1995	60	1,811	30	0,905	7	0,211	—	—	—
1996	49	1,524	32	0,995	13	0,404	—	—	—
1997	38	1,201	34	1,075	7	0,221	2	0,063	28,6
1998	38	1,262	40	1,328	6	0,199	1	0,033	16,7
1999	36	1,173	39	1,271	6	0,196	0	0	0
2000	30	0,960	21	0,672	3	0,096	0	0	0
2001	22	0,670	26	0,827	6	0,191	4	0,127	66,7
2002	31	1,004	25	0,810	7	0,227	5	0,162	71,4
2003	27	0,904	20	0,670	4	0,134	4	0,134	100
2004	13	0,447	16	0,550	5	0,172	3	0,103	60
2005	31	1,120	18	0,651	10	0,361	2	0,072	20
2006	24	0,923	15	0,577	2	0,077	0	0	0
2007	18	0,717	16	0,638	5	0,199	0	0	0
В среднем за период	32,1	1,055	15,5	0,844	6,2	0,207	1,9	0,063	33,0

конструктивное разрушение; *аварией* считается АС, повлекший гибель человека (людей); *аварийное происшествие* — это АС, в результате которого произошла утрата хотя бы одного из мореходных качеств (прочности, остойчивости, ходкости, управляемости и др.). Эти определения в "Положении..." [5] дополняются и некоторыми другими условиями.

Следует отметить, что в течение четырех лет, предшествующих рассматриваемому периоду, работы по анализу и предотвращению аварийности

рыбопромышленного флота были практически свернуты из-за отсутствия необходимого финансирования [1]. В результате аварийность судов стала быстро расти: в 1994 г. число аварийных случаев с тяжелыми последствиями (гибель людей и судов) увеличилась почти в 3 раза по сравнению с 1993 г. Особенно неблагоприятными оказались 1995 и 1996 гг. В 1995 г. был достигнут максимум общего количества АС, а в 1996 году — максимум наиболее тяжелых АС — кораблекрушений и аварий (см. таблицу). Для исправления сложившейся ситуации со второй половины 1995 г. были предприняты решительные шаги по усилению административного контроля за деятельностью рыбопромышленного флота, которые в течение последующих лет привели к постепенному сокращению сначала АС навигационного характера, а затем и технического характера (рис. 1). В результате к 2006 г. общее число АС уменьшилось более чем в 2 раза.

Показатели аварийности РПФ, представленные в таблице, отличаются значительными случайными колебаниями по годам. Для выявления основных особенностей их тенденций потребовалось провести некоторое их усреднение на основе использования скользящего среднего значения. Для этого весь период от

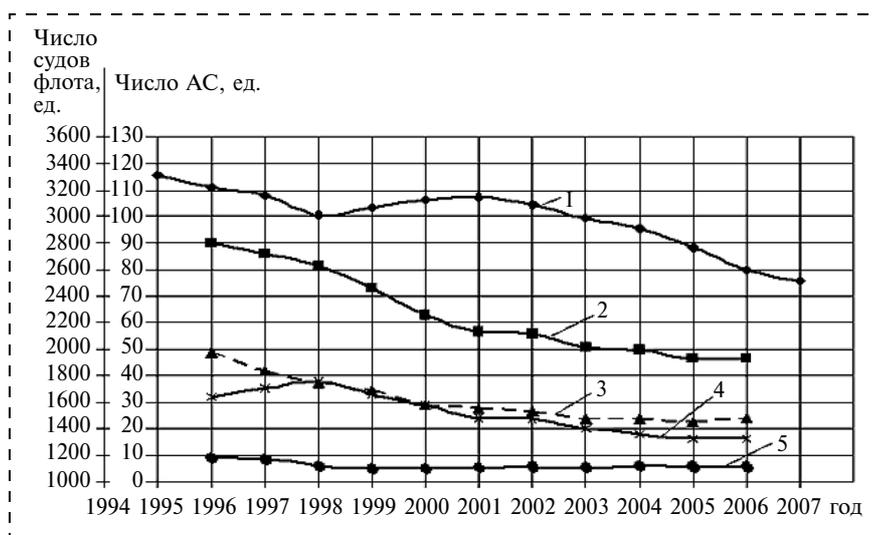


Рис. 1. Число судов РПФ России и усредненные абсолютные показатели его аварийности с 1995 по 2007 гг.:

1 — число судов флота с энергетическими установками мощностью свыше 55 кВт; 2 — общее количество АС; 3 — число АС навигационного характера; 4 — число АС технического характера; 5 — число пожаров и взрывов

1995 по 2007 г. был разбит на трехлетние интервалы, смещенные один по отношению к другому на один год. Первый интервал включал 1995, 1996 и 1997 годы, второй — 1996, 1997 и 1998 годы и т. д. Для каждого трехлетнего интервала вычислялось среднее значение показателя аварийности, и полученный результат относился к году, находящемуся в середине этого интервала. По полученным после такой обработки данным были построены усредненные графики изменения по годам различных показателей аварийности РПФ. Они представлены на рис. 2. Без усреднения использовались только данные об общем числе судов флота, представленные на рис. 1.

Описанная обработка исходных данных позволила сделать следующие наблюдения. Во-первых, выяснилось, что к настоящему времени возможности административного контроля как способа повышения безопасности флота практически полностью исчерпаны. К такому выводу приводит факт стабилизации абсолютных показателей аварийности, наступившей к 2005 г. Относительный показатель общей аварийности также достиг своего минимума и после 2003 г. даже проявляет тенденцию к небольшому росту (см. рис. 2, кривая 1).

Во-вторых, относительные показатели наиболее тяжелых видов АС на протяжении целого ряда лет демонстрировали невосприимчивость к принимаемым мерам профилактики. В частности, относительное число кораблекрушений и относительное число жертв при возникновении АС претерпевали некоторые синхронные колебания, но в целом показывали рост еще в течение 6...7 лет после возобновления противоаварийной работы в отрасли (см. рис. 2, кривые 2 и 3). Относительное число аварий также изменялось по кривой, мало связанной с ожиданием его сокращения (рис. 2, кривая 4). Но особенно уверенный рост в последние годы демонстрирует показатель относительного числа пожаров и взрывов. За период от 1999—2000 гг. до 2004—2006 гг. этот показатель по сглаженной кривой увеличился до полутора раз (см. рис. 2, кривая 5).

Таким образом, улучшение общих показателей аварийности флота было достигнуто за счет преобладающего сокращения числа менее опасных ее видов. В результате доля самых опасных АС в общем количестве всех аварийных случаев с годами

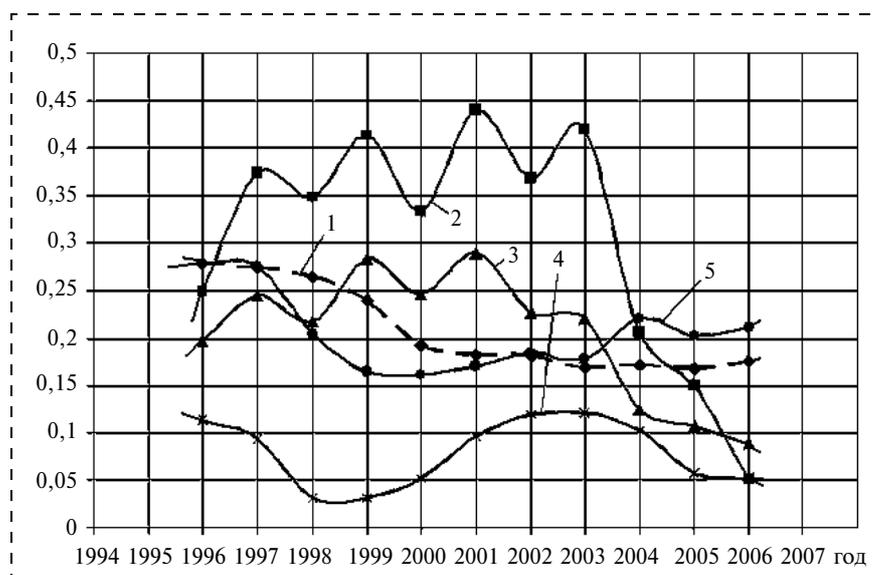


Рис. 2. Усредненные относительные показатели общей аварийности РПФ и наиболее тяжелых ее видов, вычисленные по отношению к числу судов флота, в период с 1995 по 2007 гг.:

1 — общее относительное число АС (приведенные на графике значения следует увеличивать в 10 раз); 2 — относительное число жертв в АС; 3 — относительное число кораблекрушений; 4 — относительное число аварий; 5 — относительное число пожаров и взрывов

возрастала, и аварийность в целом становилась все более опасной по своим последствиям. При этом относительное число пожаров и взрывов, начиная с 2004 г., превосходило прочие относительные показатели аварийности и к 2006 г. оно превысило их в 2—4 раза.

Опасность пожаров на рыбопромысловых судах

Судовые пожары влекут за собой намного больше человеческих жертв и материальных потерь, чем "средние" пожары в среднем по стране. По данным института противопожарной обороны [6] в 2007 г. в Российской Федерации на один пожар в среднем приходилось 0,0756 погибших или гибель одного человека наступала в результате возникновения более 13 пожаров. В то же время, на судах за последние годы один пожар приводил к гибели в среднем 0,33 человека или гибель одного человека происходила в результате возникновения 3 пожаров (см. таблицу). Таким образом, вероятность гибели на пожаре одного человека в условиях судна примерно в 4,3 раза выше, чем в среднем по стране.

Ущерб от пожаров на морских судах является не только непосредственным следствием утраты имущества и необходимости его замены или восстановления. В значительно большей мере он может определяться другими обстоятельствами — простоем судна в портах и в ремонте, задержкой в доставке перевозимого груза и необходимостью его возврата, перегрузки и хранения, необходимостью



выплат экипажу заработной платы в периоды аварийных переходов, простоев и т. д. В результате сравнительно небольшого пожара, приведший к повреждению небольшого количества оборудования, может нанести ущерб, измеряемый миллионами рублей. Например, пожар на супертраулере "Цефей", произошедший в июне 2005 г., привел к повреждениям части оборудования парового котла и кабельной трассы, расположенной вблизи него. При этом судно простояло в ремонте 48 суток, а ущерб был определен в размере 4,243 млн руб. [7], что в десятки раз больше стоимости самого поврежденного оборудования. Крупные судовые пожары способны нанести еще более значительный материальный ущерб, измеряемый миллионами или даже десятками миллионов долларов. Так, пожар на большом траулере "Каскад-103", продолжавшийся около четырех суток, привел к утрате судна. При этом ущерб составил 1,35 млн долл. США [8]. Для сравнения: в 2007 г. материальный ущерб от одного пожара в среднем по стране составил сумму около 41 тыс. рублей [6].

Опасность судовых пожаров определяется и рядом других характерных черт. К ним следует отнести способность судовых пожаров очень быстро распространяться по помещениям и за короткое время заполнять объемы плотным и высокотоксичным дымом, приводить к быстрому росту температуры вблизи очага огня, создавать угрозу взрывов, потери мореходных качеств и разрушения жизненно важных конструкций судна. Опасность морских пожаров обусловлена также и тем, что к борьбе с ними часто могут быть привлечены только ограниченные силы собственного экипажа судна, члены которого не имеют опыта и выучки профессиональных пожарных, а находящиеся в их распоряжении технические средства пожаротушения по своей эффективности и разнообразию намного уступают аналогичным средствам профессиональных пожарных расчетов.

Доминирующая причина возникновения пожаров на судах и способы ее устранения

Приведенные выше результаты анализа аварийности РПФ, а также описание отягощающих особенностей ее пожарной составляющей показывают, что в нынешних условиях предотвращение пожаров и взрывов на промысловых судах является самой важной и неотложной задачей. Из статистики пожаров следует, что решение этой задачи не может быть достигнуто путем проведения применяемой сейчас системы противоаварийных мероприятий, предусматривающей усиление административного контроля над процессами эксплуатации флота. Имеющиеся данные показывают явную "невоспри-

имчивость" показателей пожарной аварийности судов к подобного рода мероприятиям. Их действие не затрагивает глубинных причин возникновения судовых пожаров, закладываемых еще на этапе проектирования судов. Очевидно, что для успешного предотвращения пожарной аварийности флота необходимо выявить и устранить указанные причины средствами технического характера. Это позволит в определенной мере ограничить влияние "человеческого фактора" на аварийность флота.

Исследования подобной направленности в течение ряда лет проводились в Калининградском государственном техническом университете. Накопленные результаты подтвердили предположение о существовании доминирующей причины возникновения пожаров на современных судах, способной оказывать определяющее воздействие на общий уровень аварийности РПФ в целом. Такой причиной оказались однофазные замыкания (ОЗ) на корпус в том случае, если они происходят в судовых электроэнергетических системах (СЭЭС) с повышенными емкостными проводимостями изоляции фаз по отношению к корпусу судна. При этом степень опасности ОЗ на корпус в основном определяется *тремя важнейшими показателями — частотой их возникновения, величиной тока замыкания и уровнем дуговых перенапряжений.*

Статистика показывает, что в электрических сетях разных назначений и классов напряжений количество ОЗ на землю (на судах — замыканий на корпус) в 8—10 раз и более превосходит число всех остальных замыканий, вместе взятых. Поэтому предотвращение угроз, порождаемых возникновениями ОЗ, всегда в силу их частоты рассматривается как важнейшее условие обеспечения безопасного и надежного функционирования любой электросистемы. Судовые электроустановки в этом отношении не составляют исключения и если в режиме замыкания на корпус они создают угрозу возникновения пожара, то в целом, они должны быть признаны опасными.

Возможность возникновения пожара в результате замыкания фазы на корпус определяется вторым из указанных выше показателей — величиной тока замыкания $I_{OЗ}$. Ток ОЗ непосредственно связан с возможностью образования устойчивых электрических дуг, создающих чрезвычайно серьезную опасность возникновения пожара на судне. Известно, что заземляющая дуга не может существовать при токах замыкания ниже 0,8...1,0 А [9]. Если же эти токи превышают указанные значения, то с их ростом среднее количество пожаров, приходящихся на одно рыбопромысловое судно в год, будет возрастать быстрее, чем по квадратичному закону. Причем первопричина возникновения огня (вос-

пламенение топлива или масел при их выбросе или разливе, неосторожное обращение с огнем, проведение газо- и электросварочных работ, возгорания от оставленных без присмотра электробытовых приборов или от непотушенных окурков и т. д.) не имеет существенного значения для последующего развития событий, поскольку в самые первые минуты пожара в процессы горения включаются кабельные трассы [10], находящиеся практически во всех судовых помещениях. Если токи ОЗ при этом окажутся выше дугобезопасной нормы, то пожар может резко ускорить свое развитие за счет возбуждения устойчивых заземляющих дуг на поврежденном огнем участке сети. Если же, напротив, токи ОЗ будут ниже дугобезопасной нормы, то возможность для дальнейшего развития пожара резко сужается и очаг пламени может угаснуть самостоятельно или его удастся быстро потушить силами экипажа.

Для ограничения токов I_{O3} на отечественных судах, как и на большинстве иностранных, применяются электросистемы с изолированными нейтральными. В них токоведущие части не имеют проводниковой связи с корпусом судна. Ток в изолированных электросистемах определяется фазной проводимостью изоляции по отношению к корпусу. Причем активная составляющая этой проводимости обычно на 3...4 порядка меньше емкостной. Поэтому ток I_{O3} обусловлен только емкостной составляющей проводимости и обычно определяется выражением:

$$I_{O3} = 3U_{\Phi} \omega C_{\Phi}, \text{ A} \quad (1)$$

где U_{Φ} — фазное напряжение сети, В; C_{Φ} и ωC_{Φ} — соответственно фазная емкость сети по отношению к корпусу, Ф, и емкостная проводимость корпусной изоляции, См; ω — угловая частота напряжения.

Соотношение (1) показывает, что при неизменных значениях напряжения U_{Φ} и угловой частоты ω величина тока I_{O3} определяется емкостью сети C_{Φ} . В процессе развития флота среднее значение этой емкости постепенно увеличивается, что обусловлено ростом электроэнерговооруженности судов. В результате возрастает и опасность однофазных замыканий. На многих рыбопромысловых судах емкости C_{Φ} и токи I_{O3} уже значительно превзошли дугобезопасные нормы. Это означает, что возможности изолированных электросистем по ограничению токов ОЗ на корпус оказались исчерпанными. Соответствующие исследования пожарной аварийности РПФ показали, что произошли качественные изменения уровня опасности ОЗ — если ранее они считались безопасными в пожарном отношении, то сейчас они определяют пожарную аварийность рыбопромыслового флота.

Для уменьшения токов ОЗ в электросистемах с повышенными емкостными проводимостями корпусной изоляции необходимо изменить режим нейтрали и перейти от изолированной к резонансно-заземленной нейтрали, т. е. к нейтрали, заземленной через реактор, настроенный в резонанс токов с емкостью сети. Такие решения уже опробованы на судах [11] и широко применяются в промышленных электросетях напряжением 6...35 кВ [12]. Однако при этом одновременно со значительным уменьшением токов ОЗ возможно опасное увеличение перенапряжений (рис. 3 и 4). На рис. 4 $U_{см}$ — напряжение смещения нейтрали по постоянному

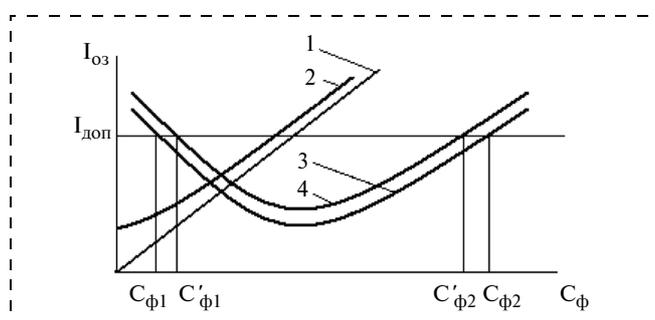


Рис. 3. Зависимость тока однофазного замыкания на корпус I_{O3} ($I_{доп}$ — предельно допустимое значение тока) от величины фазной емкости сети C_{Φ} ($C_{\Phi1}$ — $C_{\Phi2}$, $C_{\Phi1}'$ — $C_{\Phi2}'$ — границы допустимых значений фазных емкостных сетей):

1 — для сети с изолированной нейтралью; 2 — для сети с резисторной нейтралью; 3 — для сети с резонанснозаземленной нейтралью; 4 — для сети с разработанным заземляющим устройством (комбинированная нейтраль)

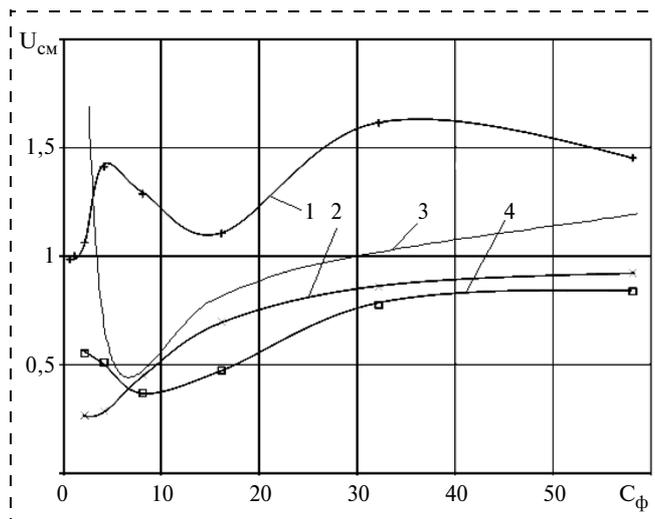


Рис. 4. Зависимость напряжения смещения нейтрали $U_{см}$ от величины фазной емкости сети C_{Φ} :

1 — для сети с резисторной нейтралью; 2 — для сети с изолированной нейтралью; 3 — для сети с резонанснозаземленной нейтралью; 4 — для сети с разработанным заземляющим устройством (комбинированная нейтраль)



потенциалу, которым можно заменить величину максимального дугового перенапряжения для упрощенного сопоставления различных вариантов заземления нейтрали в СЭЭС. Дуговые перенапряжения как показатели опасности уже упоминались выше. Максимальные величины таких перенапряжений могут в 3–5 раз и более превышать амплитуды фазных напряжений. Во-вторых, они охватывают всю электросистему, включая сети, отделенные трансформаторами.

Обладая описанными свойствами, дуговые перенапряжения представляют собой реальную угрозу даже для изоляции низковольтных электроустановок, включая судовые электросистемы с напряжением, обычно не превышающим 500 В. При этом повторный пробой изоляции может произойти на любом участке СЭЭС. Это не только приведет к новому отказу одного из элементов, но и может явиться непосредственной причиной возникновения пожара. Действительно, два пробоя изоляции — первоначальный и повторный — создадут междугазовое замыкание через корпус, сопровождающееся значительными токами и мощными дуговыми явлениями в обеих точках повреждения корпусной изоляции. Переходные сопротивления в местах пробоя могут уменьшить токи замыканий до значений ниже уставок срабатывания защиты от коротких замыканий. В результате мощные электродуговые источники огня смогут существовать в течение довольно длительного времени, достаточного для возникновения серьезного пожара.

Для ограничения дуговых перенапряжений, развивающихся в общепромышленных и судовых сетях средних классов напряжения, сети оснащают устройствами заземления нейтрали через высокоомный резистор [12, 13, 14]. Проведенные исследования показали, что в низковольтных и, в частности, в судовых электросистемах, несмотря на значительные различия между устройствами резистивного заземления нейтрали на судах и в высоковольтных промышленных сетях. Применение высокоомных резисторов также является весьма эффективным способом ограничения перенапряжений. Вместе с тем его использование одновременно приводит к определенному увеличению токов ОЗ в сравнении с токами в изолированных сетях при тех же фазных емкостях C_{ϕ} (см. рис. 3 и 4). В этом случае, как и при переходе от изолированной нейтрали к резонанснозаземленной, проявляется общая особенность встречного изменения свойств сети при замене режима нейтрали — если достигается уменьшение токов замыканий, то обычно при этом возрастают перенапряжения и, наоборот, при ограничении перенапряжений следует ожидать увеличения токов ОЗ.

Противоположные изменения важнейших показателей опасности ОЗ серьезно затрудняют решение задачи выбора наиболее эффективного способа заземления нейтрали, обеспечивающего наибольшую безопасность электроустановки при однофазных заземляющих замыканиях. Трудность этой задачи вынуждает проводить выбор режима нейтрали только по одному из показателей опасности ОЗ, являющемуся важнейшим для сетей определенных классов напряжений. Такой подход, в частности, был реализован в ПУЭ [15], в которых для электросетей средних классов напряжений (6...35 кВ) режим нейтрали нормативно устанавливается по величине тока ОЗ, а для сетей высоких классов (свыше 35 кВ) — по условию наибольшего ограничения перенапряжений.

Работы, проведенные в Калининградском ГТУ, позволяют обеспечить одновременное уменьшение обоих показателей опасности [16]. После подробного изучения дуговых перенапряжений в условиях низковольтных электроустановок было разработано устройство заземления нейтрали, которое при определенных соотношениях его параметров позволяет достигать двойного защитного эффекта при возникновении ОЗ. Заземляющее устройство было всесторонне испытано. Его небольшая стоимость и уникальные возможности по предотвращению пожарной опасности и одновременному повышению эксплуатационной надежности судовых электроустановок представляют большой практический интерес для рыбопромыслового флота. Значительное ограничение перенапряжений при значительном уменьшении токов ОЗ позволит защитить изношенную изоляцию всего судового электрооборудования от значительной части первоначальных пробоев и предотвратить их тяжелые последствия в виде повторных пробоев и дуговых явлений в изоляции. Небольшая стоимость, имеющийся допуск к использованию на судах, создают реальные предпосылки для его быстрого и широкого внедрения на судах отечественного рыбопромыслового флота. Это позволит существенно снизить пожарную и общую аварийность флота без значительных материальных затрат.

Список литературы

1. Чашин Ю. В. Аварийность российского рыбопромыслового флота // Рыбное хозяйство. — 1999. — № 5. — С. 46–48.
2. Зиланов В. К. Морской добывающий флот России: прошлое и настоящее / В. К. Зиланов, В. А. Романов, Ю. М. Ризанов // Рыбное хозяйство. — 2000. — № 1. — С. 24–26.
3. Афонин Ю. Г. Промысловый транспортный флот погружается на дно. Как нам его спасти // Рыбное хозяйство. — 2008. — № 1. — С. 97–98.
4. Сильченко А. А. О состоянии отраслевого научно-исследовательского флота // Рыбное хозяйство. — 2006. — № 6. — С. 101–102.

5. **Положение** о порядке классификации, расследования и учета аварийных случаев с судами. — М., 1994 / Комитет по рыболовству РФ, ВНИИЭРХ. — 19 с.
6. **Смелков Г. И.** Анализ статистических данных о пожарной опасности электрических изделий / Г. И. Смелков, А. И. Рябиков // Энергобезопасность и энергосбережение. — 2009. — № 1. — С. 4—8.
7. **Пожар** на РТМС К-2086 "Цефей" // Безопасность мореплавания и ведения промысла. — 2006. — Вып. 122. — С. 20—21.
8. **Пожар** на БМРТ "Каскад-103" // Безопасность мореплавания и ведения промысла. — 2003. — Вып. 115. — С. 8—20.
9. **Благинин В. А.** Дугобезопасные параметры изоляции в судовых электроэнергетических системах с изолированной нейтралью // Научно-технический сборник / Регистр СССР. — Л., 1988. — Вып. 16. — С. 105—110.
10. **Благинин В. А.** Проблемы обеспечения пожарной безопасности электроэнергетических систем промысловых судов // Рыбное хозяйство (обзорная информация) / ВНИИЭХ. — М., 1990. — Вып. 3. — С. 1—37.
11. **Брунав Я. П.** Судовые электрические сети / Я. П. Брунав, Ю. Г. Татьянченко. — Л., "Судостроение", 1982. — 237 с.
12. **Евдокунин Г. А.** Выбор способа заземления нейтрали в сетях 6—10 кВ / Г. А. Евдокунин, С. В. Гудилин, А. А. Корепанов // Электричество. — 1998. — № 12. — С. 8—22.
13. **Виштибеев А. В.** О необходимости перевода электрических сетей 6—35 кВ на режим резистивного заземления нейтрали // Проблемы энергетики. — 2002. — № 3. — С. 8.
14. **Граве В. И.** Электропожаробезопасность высоковольтных судовых электроэнергетических систем / В. И. Граве, В. В. Романовский, В. М. Ушаков. — СПб., "Элмор", 2003. — 160 с.
15. **Правила** устройства электроустановок (ПУЭ) / Министерство энергетики РФ. — 7-е изд. — СПб., 2003. — 168 с.
16. **Благинин В. А.** Дуговые перенапряжения в судовых электросистемах с различными режимами нейтрали / В. А. Благинин, В. И. Лозовенко, И. Е. Кажкин // Известия КГТУ. — 2008. — № 13. — С. 118—121.

УДК 622.831.327

Ю. М. Бирюков, д-р техн. наук, проф.,
Калининградский государственный технический университет,
А. А. Пименов, Р. Р. Ходжаев, канд. техн. наук,
РГКП НИЦГ РК*, г. Караганда
E-mail: amikus13@mail.ru

О механизме внезапных прорывов газа с динамическим разломом почвы подготовительных выработок**

Рассмотрен механизм, причины формирования и условия протекания катастрофических техногенных газодинамических явлений — внезапных прорывов газа с динамическим разломом почвы выработок при ведении горнопроходческих работ по выбросоопасным угольным пластам в условиях Карагандинского угольного бассейна.

Ключевые слова: внезапные прорывы газа с динамическим разломом почвы выработок, механизм, причины формирования.

Birukov Yu. M., Pimenov A. A., Hodjaev R. R. *About mechanism of gas rushes with dynamic break-up of the coal roadway's soil*

Here is examined the mechanism, reasons of the formation and conditions of behavior of the catastrophic man-caused gas-dynamic phenomena — gas rushes with dynamic break-up of the coal roadway's soil while conducting of mining works on coal bursting coal-beds in Karaganda coal-field environment.

Keywords: gas rushes with dynamic break-up of the coal roadway's soil, mechanism, reasons of the formation.

Как известно [1], при проведении подготовительных выработок по верхнему слою выбросоопасного угольного пласта, в нижней части которого находится слой перетертого угля, насыщенного свободным газом под высоким давлением, нередко такие динамические явления, как внезапный прорыв газа с динамическим разломом почвы выработки (ВПП) (рис. 1).

Характер газовыделения при ВПП аналогичен газовыделению при внезапных выбросах угля и газа (рис. 2). В начале наблюдается резкий скачок концентрации метана в выработке (концентрация метана более 2,5 %), затем ее снижение в течение достаточно продолжительного времени (6...12 ч) до допустимых пределов. Количество выделившегося метана достигает 7...9 тыс. м³. Предупредительные признаки перед ВПП либо отсутствуют, либо проявляются в виде колебаний почвы. В проводимых выработках по особовыбросоопасному пласту Д₆ на шахте им. В. И. Ленина ПО "Карагандауголь" они происходили как в зоне повышенного горного давления (ПГД), так и вне их при работе проходче-

* РГКП НИЦГ РК — Республиканское государственное казенное предприятие "Научно-исследовательский центр горноспасателей" республики Казахстан.

** Статья публикуется в редакции автора.

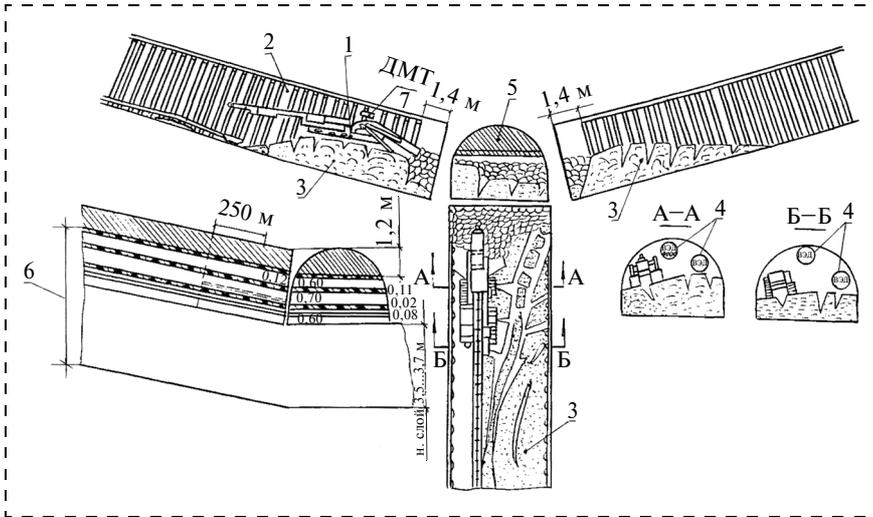


Рис. 1. Зарисовка внезапного прорыва газа с динамическим разломом почвы выработки, происшедшего на шахте им. В. И. Ленина при проходке забоя по верхнему слою особоопасного пласта Д₆:

1 — проходческий комбайн; 2 — горная выработка; 3 — масса угля, поднятая давлением газа; 4 — вентиляционные трубы; 5 — порода; 6 — пласт угля; 7 — датчик контроля метана

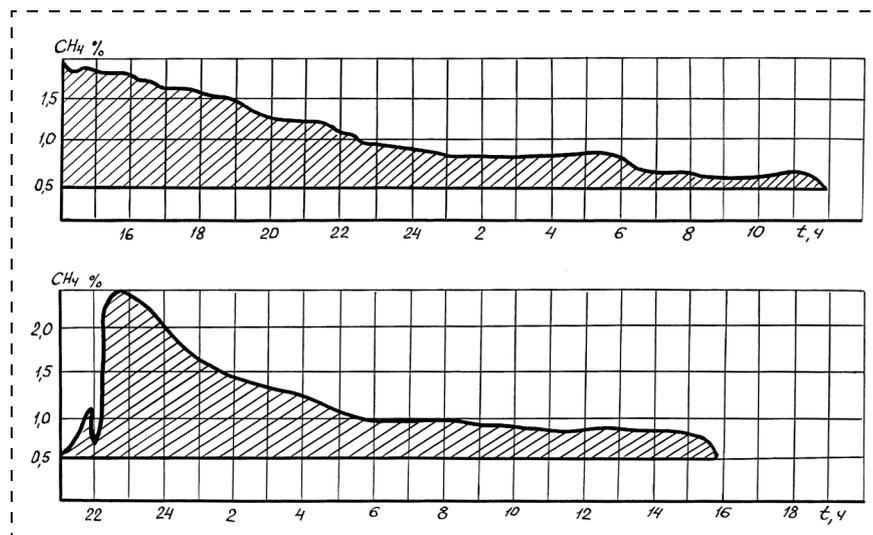


Рис. 2. Характер газовыделения при внезапном прорыве газа с динамическим разломом почвы выработки:

в рельсовом уклоне пл. Д₆ гор. ± 0 м западного блока (верхний график), в людском уклоне пл. Д₆ гор. ± 0 м западного блока (нижний график) на шахте им. В. И. Ленина

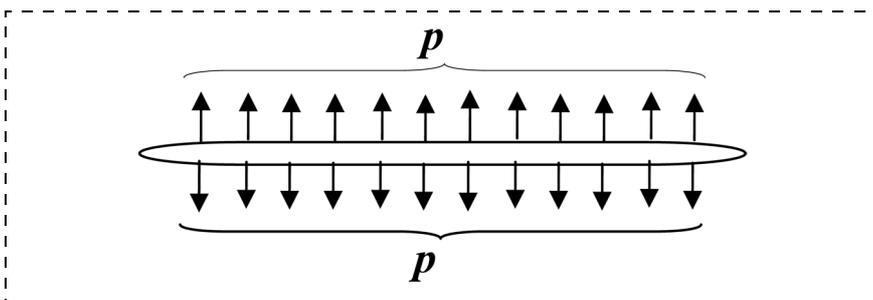


Рис. 3. Распределение давления по краю прямолинейной щели

ского комбайна. В отличие от внезапных выбросов угля и газа ВПРП в подготовительных выработках не сопровождаются образованием характерных полостей и значительным дроблением горной массы.

В связи с тем, что протекание ВПРП происходит за очень малый промежуток времени и носит по своим последствиям катастрофический характер, выяснение механизма его протекания имеет как научно-практический интерес, так и социальный. В данной работе проведено рассмотрение механизма протекания ВПРП, а также причин его вызывающих.

Решение данной задачи является многоплановым. На первом этапе рассмотрим влияние газового коллектора (насыщенного свободным газом перетертого слоя угля нижней пачки пласта Д₆) на изменение поля напряжений в окружающем его горном массиве. Такой газовый коллектор характерен для пласта Д₆ шахт им. В. И. Ленина и "Казахстанская" Карагандинского угольного бассейна, где у почвы выработки залегают слои перетертого угля, насыщенного витренином, мощностью до 1,5...2 м и более.

Газовый коллектор можно рассматривать либо как дискообразную щель, либо как параллелепипед значительных в плане размеров. И по причине значительных размеров в плане, решение задачи о влиянии газового коллектора будет вполне корректным в плоской постановке относительно вертикального разреза. Далее, так как задачи, решаемые для горизонтальных плоскостей обоих типов выше названных отверстий, края которых подвержены равномерному давлению, дают практически эквивалентные результаты, то отверстие будем рассматривать в виде прямолинейной щели (рис. 3).

Расчеты, проведенные в соответствии с работой [2], показыва-

ют, что напряженное состояние над (или под) газовым коллектором с учетом давления от веса горных пород составляют:

$$\sigma_x^{00} = -\left(\lambda_2 \gamma H + \frac{2p}{1 + \rho}\right), \quad \sigma_y^{00} = -\left(\lambda_1 \gamma H + \frac{2p}{1 + \rho}\right),$$

$$\sigma_z^{00} = -\left(\gamma H + \frac{2p}{1 + \rho}\right), \quad (1)$$

где σ_x^{00} , σ_y^{00} , σ_z^{00} — значения тензора нормальных и касательных напряжений в системе координат; λ_1 и λ_2 — коэффициенты боковых распоров, имеющие место при наличии в горном массиве остаточных тектонических напряжений, соответственно, по направлению движения выработки и перпендикулярно к нему [3]; γ — объемная масса горных пород; H — глубина залегания подготовительной выработки от земной поверхности; p — давление газа на поверхность коллектора; ρ — полярный радиус до интересующей точки от газового коллектора.

Давление газа (МПа) на поверхности коллектора можно определять по гидростатическому закону:

$$p = 10^{-2}(H - H_0), \quad (2)$$

где H_0 — глубина залегания зоны газового выветривания; следует иметь в виду, что 1 атм. (1 кг/см²) — водяной цилиндр сечением 1 см² и высотой 1 м.

Так как расстояние между кровлей газового коллектора и почвой выработки невелико $h_{\text{Mmax}} \approx 2,0$ м для нижнего слоя перетертого угля в условиях шахты им. В. И. Ленина, а площадь коллектора значительна, то ρ с высокой степенью точности можно принять равным 1, т. е. формулы (1) примут вид:

$$\sigma_x^{00} = -(\lambda_2 \gamma H + p), \quad \sigma_y^{00} = -(\lambda_1 \gamma H + p),$$

$$\sigma_z^{00} = -(\gamma H + p). \quad (3)$$

Формулы (3) являются краевыми условиями задачи при определении напряженного состояния вокруг приконтурной части подготовительной выработки, проводимой по верхнему слою мощного особовыбросного пласта с учетом веса горных пород и давления на контуре газового коллектора.

Исходя из данных краевых условий, можно определить напряженное состояние в почве выработки [4, 5], а также размер зоны дезинтеграции окружающих подготовительную выработку горных пород. На основании проведенных расчетов установлено, что зоны порообразования и трещинообразования охватывают со стороны почвы весь угольный пласт и распространяются в породы почвы. На основании этого к крепкому углю, оставляемому между почвой выработки и слоем перетертого

газонасыщенного угля, можно применять законы пластической деформации грунтов.

При описании пластической деформации грунтов и разрушенных горных пород более подходящим оказывается закон Кулона:

$$|\tau_{\text{max}}| = c - \sigma_n \text{tg} \varphi,$$

где τ , σ_n — касательное и нормальное напряжения, действующие на данной площадке; c — сцепление; φ — угол внутреннего трения.

При этом сцеплением для разрушенной породы со "свежеобразованными" поверхностями разрушения можно пренебречь, т. е.

$$|\tau_{\text{max}}| = \sigma_n \text{tg} \varphi. \quad (4)$$

Рассмотрим далее уравнение равновесия в рамках одномерной задачи, включая плоское, цилиндрическое и сферическое решение

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{N(\sigma_r - \sigma_\theta)}{r} = 0, \quad (5)$$

где r — координата в направлении давления от нижнего слоя перетертого угля; σ_r и σ_θ — нормальные напряжения на плоскостях, соответственно параллельных и перпендикулярных давлению от поверхности перетертого угля; N — постоянная, принимающая для плоской поверхности значение, равное нулю, для цилиндрической — единице и для сферической — двум.

Если поверхность нижнего слоя перетертого угля не сохраняется строго постоянной (как и любая поверхность контактов слоев горных пород), а, наоборот, имеет в той или иной мере переменный характер, то это приводит в определенной мере к увеличению трещиноватости за счет релаксации угля в результате местных повышений напряжений. На основании этого примем цилиндрическую ($N = 1$) форму поверхности кровельной части газового коллектора вдоль трассы выработки. Тогда уравнение равновесия примет вид:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{(\sigma_r - \sigma_\theta)}{r} = 0. \quad (6)$$

Условие пластичности (4) в соответствии с работой [6] будет

$$\sigma_\theta - \sigma_r = -(\sigma_r + \sigma_\theta) \sin \varphi. \quad (7)$$

Отсюда:

$$\sigma_\theta = A \sigma_r, \quad (8)$$

где $A = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$ — коэффициент сыпучести материала; φ — угол внутреннего трения защитного слоя крепкого угля.



Результаты расчета равнодействующих активных и пассивных сил для ВПРП, происшедших на шахте им. В. И. Ленина ПО "Карагандауголь" [1, 7].

Наименование выработки	Скорость проведения выработки, м/сут.	Площадь поддутия, м ²	Глубина ведения горных работ, м	Интенсивность, м/Длина разлома, м	Величина активной силы, кН	Величина пассивной силы, кН	Соотношение активных и пассивных сил
Людской уклон верхнего слоя пласта Д ₆ горизонта ±0 м западного блока	2,3	52,25	450	2/13	890	17,6	5,06
Рельсовый уклон пласта Д ₆ верхнего слоя западного блока горизонта ±0 м	2,3	38	436	2/9	532	142	3,74
Рельсовый уклон пласта Д ₆ верхнего слоя западного блока горизонта ±0 м	2,0	86,4	480	3/16	1220	239	5,10
Откаточный штрек пласта Д ₆ верхнего слоя западного блока горизонта ±0 м	2,1	40,0	482	3,3/12,5	907	140	6,5
Людской уклон пласта Д ₆ верхнего слоя западного блока горизонта ±0 м	2,2	59,4	482	0,7/11	1155	183	6,3
Конвейерный бремсберг 26-Д ₆ -1 _В	3,2	38,5	285	0,4/11	171	162	1,04
Конвейерный бремсберг 25-Д ₆ -1 _В	3,0	42,0	274	0,3/12	221	173	1,28
Конвейерный бремсберг 26-Д ₆ -1 _В	3,2	35,0	295	0,4/10	238	151	1,58
2-й восточный конвейерный штрек пласта Д ₆ горизонта +120 м	4,4	34,0	546	0,3/8	490	137	3,58
Вентиляционный бремсберг 27-Д ₆ -1 _В	3,3	30,0	280	0,6/10	190	151	1,26
Конвейерный бремсберг 23-Д ₆ -1 _В	2,7	35,0	312	0,5/10	272	151	1,58
Конвейерный бремсберг 23-Д ₆ -1 _В	3,3	52,5	313	1,2/15	424	207	2,05
Конвейерный бремсберг 23-Д ₆ -1 _В	2,5	28,8	316	0,4/8	238	134	1,77
Конвейерный бремсберг 23-Д ₆ -1 _В	2,0	35,0	317	1,2/10	246	151	1,63
2-й восточный конвейерный штрек пласта Д ₆ горизонта +120 м	2,8	45,0	347	1,5/13	429	156	2,74
Конвейерный штрек пласта Д ₆ верхнего слоя горизонта ±0 м	2,4	40,5	476	2/10	924	151	6,12
Конвейерный уклон пласта Д ₆ верхнего слоя горизонта ±0 м	2,2	40,5	476	2,6/9,5	931	151	6,17
Вентиляционный бремсберг 22-Д ₆ -1 _Ц	2,7	33,75	360	1,3/10	408	142	2,87
Конвейерный бремсберг 22-Д ₆ -1 _Ц	2,5	28,0	360	0,4/8	349	128	2,72

Подставим данное значение σ_0 в уравнение (6):

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} = -\frac{(1-A)\sigma_r}{r}$$

Проведем интегрирование последнего уравнения в следующем диапазоне:

$$\int_{P_{п.у} + P_0}^{P_k + P_m + P_0} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} = -(1-A) \int_{\frac{h_{п.у}}{2}}^{h_{п.у} + h_m} \frac{\partial r}{r}, \quad (9)$$

где h_m — мощность крепкого угля, залегающего в почве выработки*; $h_{п.у}$ — мощность слоя перетертого угля; $P_{п.у}$ — давление газа в слое перетертого угля; P_k — давление комбайна на почву выработки; P_m — давление от веса крепкого слоя горных пород

* Мощность h_m рассчитывается согласно приведенной ниже формуле (10) или определяется по данным эксплуатационного геологоразведочного бурения, бурения скважин текущей разведки из забоя выработки и выполнения противовыбросных мероприятий путем бурения опережающих скважин.

на поверхность газового коллектора; P_0 — давление шахтной атмосферы.

Интегрирование уравнения (9) приводит к следующей формуле:

$$h_m = \frac{h_{п.у}}{2} \left[\left(\frac{P_{п.у} + P_0}{P_k + P_m + P_0} \right)^{\frac{1 + \sin \varphi}{2 \sin \varphi}} - 1 \right], \quad (10)$$

где $P_{п.у} = 4 \cdot 10^6$ Н/м² [7]; $P_0 = 1,0 \cdot 10^5$ Н/м²; $P_k = 1,6 \cdot 10^5$ Н/м², что соответствует давлению проходческого комбайна 4ППМ-2М; $P_m = \gamma h_m$; $\gamma = 1,4 \cdot 10^3$ кг/м³ — объемный вес слоя крепкого угля; $\varphi = 22^\circ$ [8, 9].

На основании представленных исходных данных необходимая мощность крепкого угля в почве выработки, способная предотвратить ВПРП при максимальной мощности слоя перетертого угля $h_{п.у\max} = 2,0$ м, для условий шахты им. В. И. Ленина должна быть более 3,72 м. При наиболее распространенной мощности слоя перетертого угля — $h_{п.у} = 1,5$ м, толщина слоя крепкого угля должна

быть больше 2,85 м, что подтверждается данными обзора [7], где отмечается, что увеличение толщины слоя крепкого угля в почве выработки до 2 м не предотвращает ВПРП.

Рассмотрим далее возможную высоту подъема почвы выработки при ВПРП. Ее значение можно определить на основе показателя работы, совершаемой расширяющимся газом при преодолении веса крепкого угля и веса комбайна, т. е. из равенства работ

$$A_{\Gamma} = A_{\Pi} + A_{\text{К}}. \quad (11)$$

Здесь $A_{\Gamma} = P_{\text{п.у}} V_{\text{п.у}}$ — работа, совершаемая газом при его расширении; $V_{\text{п.у}} = k_{\Gamma} h_{\text{п.у}}$ — объем перетертого угля единичной площади; k_{Γ} — коэффициент, учитывающий долю пор в перетертом угле, можно принять $k_{\Gamma} = 0,1$; $A_{\Pi} = P_{\text{М}} h_{\Pi}$ — потенциальная энергия, приобретаемая крепким углем единичной площадью, оставляемом в почве выработки в результате его подброса на высоту h_{Π} ; $A_{\text{К}} = P_{\text{К}} h_{\Pi}$ — потенциальная энергия, приобретаемая комбайном в пересчете на единичную площадь в результате его подброса на высоту h_{Π} .

Подстановка этих данных в уравнение (11) позволяет определить высоту подброса почвы выработки

$$h_{\Pi} = k_{\Gamma} h_{\text{п.у}} \frac{P_{\text{п.у}}}{P_{\text{К}} + \gamma h_{\text{М}}}. \quad (12)$$

Учитывая, что реально в почве выработки представляется слой крепкого угля толщиной $h_{\text{М}} = 1,0$ м, высота подброса угля в почве выработки составит: $h_{\Pi} = 4,6$ м при $h_{\text{п.у max}} = 2,0$ м; $h_{\Pi} = 3,4$ м при $h_{\text{п.у}} = 1,5$ м [1, 7]. Данные значения соответствуют ВПРП, наблюдаемым на шахте им. В. И. Ленина (табл. 1). Для шахты "Казахстанская" $h_{\Pi} = 0,7...1,1$ м при $h_{\text{п.у}} = 0,3...0,5$ м.

В целях подтверждения вышеизложенного определим количественные значения равнодействующих активных сил $F_{\text{а}}$ и пассивных сил $F_{\text{п}}$ по методике [11] для некоторых ВПРП, происходящих на выбросоопасном пласте D_6 . В таблице приведены результаты расчета равнодействующих активных и пассивных сил для 19 внезапных прорывов газа с динамическим разломом почвы выработки.

Сравнительный анализ данных таблицы показывает, что во всех случаях ВПРП активные силы превышают пассивные. При интенсивности поднятия почвы от 0,3 до 1,3 м активные силы преобладают над пассивными в 1,04...3,58 раза, а при интенсивности от 1,3 до 3,3 м — в 3,7...6,5 раза.

Нельзя не отметить определенную роль, способствующую ВПРП от дополнительного высвобождения газа из сорбированного состояния в сво-

бодное состояние в нижнем слое перетертого угля при вибрации угольного массива от различных техногенных факторов: ведение буровзрывных работ, вибрация механизмов. Так Г. П. Гордеев отмечал, что экспериментально доказано, что при возбуждении механических колебаний в углях происходят изменения элементарного состава и структурно-химическая перестройка, подобная природной углефикации. При этом в угольном веществе генерируются как газообразные, так и жидкие продукты деструкции [10]. Подобные взгляды, связанные с влиянием вибрации комбайна на активизацию ВПРП, отмечены также в работе [7].

На основании вышеизложенного подтверждается роль воздействия природных факторов и техногенного воздействия на угольный массив, вследствие чего формируются условия для реализации ВПРП. Как видим, основную роль в реализации ВПРП играет газодинамика, что предполагает совершенствование технологии горнопроходческих работ и разработку мероприятий по снижению газового давления в угольном массиве по трассе будущей выработки.

Список литературы

1. **Бирюков Ю. М.** Каталог газодинамических явлений типа внезапных прорывов газа с динамическим разломом почвы выработки, происходящих на шахтах им. В. И. Ленина и "Саранская" ПО "Карагандауголь". — Караганда: ДНТИ, 1985. — 19 с.
2. **Мухелишвили Н. И.** Некоторые основные задачи математической теории упругости. — М.: Наука, 1966. — 708 с.
3. **Пименов А. А.** Характер полей напряжений пород Карагандинского угольного бассейна. Тр. карГТУ. — 2007. — № 2. — С. 26—27.
4. **Пименов А. А., Пушкарев В. И.** Применение аппарата кватернионов к обобщению метода Колосова — Мухелишвили на пространственные задачи теории упругости // ПММ. — 1991. — Том. 55. — Вып. 3. — С. 422—427.
5. **Бирюков Ю. М., Пименов А. А., Ходжаев Р. Р.** Проблемы техногенных газодинамических явлений. — Калининград: КГТУ, 2005. — 200 с.
6. **Чедвик П., Кокс А., Гопкинс Г.** Механика глубинных подземных взрывов. — М.: Мир, 1966. — 188 с.
7. **Бирюков Ю. М.** Новые способы предотвращения внезапных прорывов газа из почвы горных выработок: Обзор. — М.: ЦНИЭИуголь, 1991. — 65 с.
8. **Канлыбаева Ж. М., Бакитов К. Б., Джанбуршина К. Ш.** Физико-механические свойства горных пород и их влияние на процесс сдвижения массива (На примере Карагандинского бассейна). — Алма-Ата: Наука, 1972. — 89 с.
9. **Солодухин М. А., Архангельский И. В.** Справочник техника-геолога по инженерно-геологическим и гидрогеологическим работам. — М.: Недра, 1982. — 288 с.
10. **Гордеев Г. П.** Механические свойства ископаемых углей с позиций физико-химической механики // ХТТ. — 1990. — № 4. — С. 9—12.
11. **Мурашов В. И., Евсеев В. С.** Обоснование рациональных параметров проведения подготовительных выработок // Уголь. — 1982. — № 3. — С. 8—12.

УДК 658.345.3

Н. В. Погожева, канд. техн. наук, доц.,
Калининградский государственный технический университет
E-mail: bbbondar@rambler.ru

Тема "Электромагнитная безопасность" в дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" (методические размышления)

На базе новых физических представлений о полевой электромагнитной структуре организма, с учетом ведущей роли полевой оболочки организма в биоэнергоинформационном процессе, обеспечивающем организму нормальную жизнедеятельность, автором рассмотрены методические разработки в изложении темы "Электромагнитная безопасность" в учебной дисциплине "Безопасность жизнедеятельности".

Ключевые слова: учебная дисциплина, методический опыт, электромагнитное поле, электромагнитная безопасность, нормирование, защита.

Pogozheva N. V. Theme "Electromagnetic safety" at discipline "Safety of living"

The author examinations the methodical test for education discipline "electromagnetic safety". This improvement is based on new physical views about the field electromagnetic structure of organism and on the leading role of the field shell, so-called "thin body" in the bio-energy-informational process, providing normal vital functions for the organism.

Keywords: educational discipline, methodical test, electromagnetic fields, electromagnetic safety, electromagnetic normalizing, defence.

Тема "Электромагнитная безопасность" в учебной дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" является относительно новой и достаточно сложной для восприятия студентами.

Вопросы, связанные с изучением биологического воздействия и нормированием электромагнитных полей, с обеспечением электромагнитной безопасности в производственных условиях и в быту стали освещаться в научной и учебной литературе недавно. Это объясняется и недавним появлением техногенных источников электромагнитных излучений в различных сферах жизнедеятельности, и тем, что статистика биологических и медицинских наблюдений за проявлениями электромагнитного фактора окружающей среды пока небогатая, а разработка гигиенических нормативов в этом направлении ведется в основном "наощупь".

Таким образом, с одной стороны, тема электромагнитной безопасности является весьма актуальной при изучении дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" с учетом быстрого и повсеместного распространения источников электромагнитных излучений, а с другой стороны, у преподавателя нет возможности подать ее студентам как классическую, т. е. с опорой на мнение ученых-авторитетов и признанных авторов учебников. Поэтому эту тему приходится готовить опираясь на научные публикации, на существующие нормативные документы, с учетом их несовершенства и набирая при этом собственный методический опыт. Определенными наработками такого опыта автор хочет поделиться в этой статье.

Изложение темы обычно начинается с приведения известной из справочников по физике шкалы электромагнитных частот и показа на этой шкале того диапазона, в котором лежат изучаемые электромагнитные поля. При этом подчеркивается, что речь идет о неионизирующих электромагнитных излучениях, частоты которых располагаются от начала шкалы, т. е. нулевой частоты, до инфракрасных (тепловых) излучений.

Первая трудность возникает при необходимости дать определение электромагнитного поля. В одних учебниках электромагнитное поле характеризуется как "пространство, в котором проявляются силы взаимодействия между электрическими зарядами, намагниченными телами или проводниками с током". И это было бы безукоризненным определением, если бы не добавлялось, что силы взаимодействия проявляют себя как в среде, так и в вакууме, что сразу вызывает вопрос, а что же является посредником для этих взаимодействий в вакууме? В других источниках электромагнитное поле определяется как "одно из физических полей, посредством которого осуществляется взаимодействие электрически заряженных частиц, или частиц, обладающих магнитным моментом".

Наконец есть и третий вариант определения: "Под электромагнитным полем понимают вид материи, характеризующийся совокупностью взаимно связанных и взаимно обуславливающих электри-

ческого и магнитного полей" [1]. Это определение, по мнению автора, является наиболее удачным, поскольку простая логика подсказывает, что передача любого вида усилия или взаимодействия может осуществляться только посредством какой-либо материальной субстанции. И действительно, есть экспериментально подтвержденные свидетельства того, что электромагнитное поле обладает целым рядом свойств, таких как масса, энергия, количество движения. И хотя масса электромагнитного поля, заключенная в единице объема, несоизмеримо мала в сравнении с массой веществ в известных агрегатных состояниях (масса его не превышает $10^{-16} - 10^{-18}$ кг/м³), но это суть реальная масса, зафиксированная приборами.

Однако, что это за вид материи? В каком вещественном состоянии, известном сегодня, можно представить эту материю: твердом, жидком, газообразном? Чтобы быть последовательным в изложении материала, чтобы дальнейшее изложение было понятным, студентам следует объяснить, о каком виде материи идет речь. Публикации последних лет в специальной литературе и в периодике, а именно: теория физического вакуума Г. И. Шипова, работы А. Е. Акимова о торсионных полях и их практическом использовании в технике, публикации В. Н. Волченко по биоэнергоинформатике, полевая теория М. В. Шорина, полевая физика О. Н. Репченко и другие работы позволяют ответить на этот вопрос.

Суть в том, что этими авторами принимается многоуровневая организация структуры материи, согласно которой знакомые до сих пор три агрегатных состояния: твердое, жидкое и газообразное, не являются единственными. Следом за ними по степени снижения плотности идет агрегатное состояние материи, которое у многих авторов называется эфирным. Здесь материя представляется в настолько разреженном состоянии, что она не воспринимается существующими у человека органами чувств, но, тем не менее, объективно регистрируется приборами. Эфир является повсеместно распространенной средой, атрибутом любого пространства; он проникает в любую материю, в каком бы вещественном состоянии она не находилась: твердом, жидком или газообразном [2].

Названных выше авторов, предлагающих иметь в виду эфирное состояние материи, нельзя назвать первооткрывателями эфира, так как известно, что это понятие с давних пор с определенной периодичностью появлялось в науке. Достаточно вспомнить хотя бы Ньютона. Но в наш сугубо материалистический век понятие эфира не прижилось в официальной науке. Поэтому в современных учебниках физики мы его не находим.

Далее, следуя принятой логике, следует показать, что именно эфир является той материальной средой, при помощи которой передаются электрические и магнитные взаимодействия, т. е. взаимодействия между заряженными или намагниченными телами; взаимодействия, являющиеся обязательным атрибутом любого электромагнитного поля. Тогда становится понятным, почему, например, электрические и магнитные взаимодействия имеют место в отсутствие вещественной материи, в так называемом вакууме. Да и вообще понятие вакуума становится неуместным, так как в природе его не существует. Любое пространство наполнено материей, если не в вещественном состоянии (твердом, жидком или газообразном), то, как уже говорилось, в эфирном состоянии.

На основании вышеизложенного и с учетом уже известных определений, можно предложить следующее определение электромагнитного поля: "Электромагнитное поле — это область пространства, формирующаяся вокруг заряженных или намагниченных тел, а также вокруг проводников с током, в которой проявляются электрические и (или) магнитные взаимодействия, независимо от того, заполнено это пространство вещественной материей или нет".

По мнению автора, такое определение электромагнитного поля несет понятный физический смысл и позволяет перейти к следующему этапу изложения темы: описанию особенностей биологического воздействия электромагнитного поля, без чего нельзя будет изложить в свою очередь принципы санитарно-гигиенического нормирования электромагнитных полей.

Однако прежде чем перейти к изложению особенностей биологического воздействия электромагнитного поля, следует отметить, что электромагнитное поле есть обязательный естественный фактор окружающей среды: это в первую очередь электромагнитное поле, создаваемое Солнцем в пределах солнечной системы, и собственное электромагнитное поле Земли. Это естественное совокупное электромагнитное поле является фоновым для организмов, обитающих на нашей планете. И все организмы на протяжении длительной эволюции приспособились к его естественным значениям и вариациям.

Тема же посвящена электромагнитным полям техногенного происхождения, которые по интенсивности, локализованности и по частотным характеристикам резко отличаются от естественного электромагнитного поля. Именно они становятся для человека чужеродным и зачастую неблагоприятным фактором окружающей среды, к которому организм человека не имел возможности адаптироваться в силу слишком короткого времени, про-



шедшего с момента появления источников этих электромагнитных полей в среде обитания. Количество и разнообразие техногенных источников электромагнитных излучений в окружении человека растет высокими темпами. Еще недавно это были в основном электротехнические установки и электропроводные системы, а теперь к ним добавились персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ), внедренные повальной компьютеризацией не только в производственные условия, но и в бытовые; телевизионные приемники, электротранспорт, физиотерапевтические и медицинские устройства, СВЧ-установки, сотовая связь и многое другое.

Далее студентам необходимо показать, что электромагнитное поле искусственного происхождения имеет ближнюю и дальнюю зону действия, и что характер его воздействия на организм человека будет определяться тем, в какой из этих зон окажется человек, обслуживающий этот источник в производственных условиях или пользующийся им в иной ситуации. Для этого приводится медико-биологическая частотная шкала неионизирующих электромагнитных полей, и рассказывается, какими количественными показателями оценивается интенсивность полей в каждом из частотных диапазонов этой шкалы. Именно при изучении этой шкалы вводится представление о пограничной частоте в 300 МГц. То есть показывается, что если источник генерирует электромагнитные излучения на частотах менее 300 МГц, то обслуживающий персонал будет находиться в ближней зоне (зоне индукции), и для оценки интенсивности электромагнитного поля в этой ситуации контролируются напряженности электрического и магнитного полей. В случаях, когда частота источника превышает 300 МГц, работник (или пользователь) окажется в дальней (волновой) зоне, и контролируемым параметром будет плотность потока энергии.

Изложение студентам особенностей биологического воздействия электромагнитных полей также связано с определенными трудностями. Но трудности эти будут преодолимы именно после того, как студент усвоит, что существует вид эфирной материи, являющийся посредником для передачи электромагнитных взаимодействий, и что организм, кроме того, что составлен из известных видов материи, т. е. материи в твердом, жидком и газообразном состояниях, проникнут эфирной материей на всех уровнях организации, вплоть до клеточного и внутриклеточного уровня.

Изложению этой части темы помогают исследования последних лет, которые показывают фундаментальную роль электромагнитных полей как носителя информации в системе "организм — окружающая среда". Биологические эффекты, обуслов-

ленные этими взаимодействиями, зависят не от величины энергии, вносимой в живую материю, а от вносимой информации. Сигнал, несущий информацию, вызывает только перераспределение энергии в организменной системе, управляет происходящими в ней процессами. Передача информации осуществляется практически без затрат энергии. Поэтому электромагнитные излучения даже весьма слабой интенсивности в первую очередь воздействуют на такие высокочувствительные системы организма, как центральная нервная, иммунная и эндокринная системы.

Последние результаты исследований в биоэнергоинформатике позволяют рассматривать организм как биологический объект со сложной пространственно-частотной структурой, которую можно рассматривать как собственное энергоинформационное поле. Энергоинформационная основа организма выступает как управляющая голограмма, способная считывать информацию извне и изнутри, и соответственно подстраиваясь под эту информацию, формировать и поддерживать вещественные структуры организма в состоянии гомеостаза. В случае устойчивого нарушения энергоинформационной основы в той или иной части организма процесс переходит в неуправляемое перерождение биологической материи. Системами, отвечающими за подстройку организма в соответствии с привнесенной извне и изнутри информацией, являются, как уже указывалось, центральная нервная, иммунная и эндокринная системы [3].

Изложение этой части материала следует связать с рассказом об истории и принципах нормирования электромагнитных полей. История нормирования электромагнитных полей в нашей стране едва ли насчитывает пятьдесят лет. И конечно сначала нормирование распространялось на электромагнитные поля тех источников, которые изначально преобладали в промышленности, т. е. на электростатические поля и электромагнитные поля с промышленной частотой 50 Гц. Причем нормировалась сначала только электрическая составляющая электромагнитного поля. Со временем, в связи с появлением в среде человека техногенных источников электромагнитных излучений с более высокими частотными показателями, в процессе накопления экспериментального и научного материала, а также в связи с пришедшим позже пониманием существенной роли магнитной составляющей электромагнитного поля, стала расширяться и сфера нормирования [4].

По мере все большего внедрения электрических и электронных устройств и приборов в бытовую среду человека, появилась необходимость нормирования электромагнитных полей для категории

людей, не имеющих отношения к производству. При этом был заложен принцип десятикратного снижения допустимого значения нормируемого показателя для этой категории людей, которую отнесли к так называемой категории "Население".

Нормативные документы для обеих категорий людей, подвергающихся воздействию электромагнитных полей, т. е. обслуживающего персонала в производственных условиях и населения, периодически обновлялись по мере накопления информации об особенностях биологического воздействия электромагнитных излучений в разных частотных диапазонах. Постепенно и неисследованные частотные "окна" сужались, и к настоящему моменту в производственной сфере появился нормативный документ, который объединяет в себе источники электромагнитных излучений практически всего частотного диапазона.

Основная часть излагаемого студентам материала посвящается изучению именно этого документа — СанПиН 2.2.4.1191—03. Электромагнитные поля в производственных условиях. Изложение этой части материала начинается с характеристики видов электромагнитных полей и нормируемых параметров в соответствии со структурой этого нормативного документа:

- ослабление геомагнитного поля;
- электростатическое поле и электрическое поле постоянного тока;
- магнитостатическое поле и магнитное поле постоянного тока;
- электромагнитное поле промышленной частоты 50 Гц;
- электромагнитное поле в диапазоне частот 10...30 КГц;
- электромагнитное поле в диапазоне частот 30 КГц...300 ГГц.

Обращается внимание студентов на то, что ослабление геомагнитного поля является абсолютно новой областью нормирования, и что это связано с тем фактом, что расширяется количество рабочих мест, на которых работник подвергается воздействию именно этого неблагоприятного фактора. Сюда относятся экранированные металлическими кабинами рабочие места на транспорте и рабочие места, находящиеся на достаточно большой глубине. В частности одним из таких рабочих мест является рабочее место машиниста электропоезда метро, где, как показали исследования, ослабление геомагнитного поля может достигать 11-кратной величины, в то время как согласно нормативному документу коэффициент ослабления не должен превышать двукратного. Кстати, изложение этой части материала позволяет напомнить студентам, что такое магнитное поле Земли, и еще раз подчерк-

нуть, что этот сам по себе естественный фактор среды может количественно снижаться и становиться неблагоприятным для организма в производственных условиях, экранирующих человека от естественного земного магнитного поля.

При изложении всех последующих глав нормативного документа подчеркивается принятый в нем дозовый принцип нормирования, когда доза воздействия определяется интенсивностью электромагнитного поля и временем его воздействия на человека. Это связано с накопительными эффектами биологического действия электромагнитного поля, и именно этот факт делает действенным такой вид защиты организма, как защита временем. Примеры расчетов, которыми сопровождается изложение материала о нормировании электромагнитных полей согласно СанПиН 2.2.4.1191—03, позволяют убедительно изложить дозовый принцип нормирования искусственных электромагнитных полей всего частотного диапазона и возможность защиты временем.

При изложении принципов нормирования техногенных электромагнитных полей студентов следует знакомить и с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190—03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи", нормирующего электромагнитные поля, создаваемые средствами радио- и телефонной связи. Этот материал очень живо воспринимается студентами, так как практически каждый из них является пользователем сотовой телефонной связи. При этом студентов необходимо знакомить и с практически всеми рекомендациями по безопасному пользованию средствами сотовой телефонной связи.

При изложении темы "Электромагнитная безопасность" нельзя обойти молчанием такие источники электромагнитных излучений, как ПЭВМ. Поскольку автор дает тему о гигиенических требованиях к организации рабочего места пользователя ПЭВМ ранее темы "Электромагнитная безопасность", то в рамках последней достаточно бывает только вспомнить об электромагнитных излучениях ПЭВМ и их нормировании, как о частном случае обеспечения электромагнитной безопасности.

После изучения принципов нормирования излагаются основы защиты от электромагнитных полей, которые подразделяются на организационные, инженерно-технические, медицинско-профилактические и лечебные. Особое внимание уделяется таким простым, но эффективным организационным средствам защиты, как защита расстоянием и временем. В условиях жилья, общественных, учебных помещений необходимо помнить об эффективности защиты расстоянием при планировке мест отдыха, сна, рабочего места. Защиту временем мож-



но считать одним из основных способов защиты в производственных условиях. Она подразумевает наличие определенных норм воздействия электромагнитных полей, хронометраж рабочего времени и учет экспозиционной дозы. Принцип защиты временем предусмотрен и для пользователя ПЭВМ. В частности в соответствии с нормативными требованиями работа пользователя должна быть организована чередованием работы с ПЭВМ и без нее. Если такая организация работы не позволительна по какой-либо причине, то должны предусматриваться внутрисменные регламентированные перерывы через каждый час непрерывной работы с ПЭВМ. Суммарная продолжительность перерывов зависит от характера работы с ПЭВМ (ввод, считывание информации или работа в режиме диалога) и от интенсивности работы.

К основным инженерно-техническим мероприятиям относятся: уменьшение мощности излучения непосредственно в источнике электромагнитных излучений и электромагнитное экранирование. Особенно много существует разнообразных методов для предотвращения превышения безопасного уровня электростатических зарядов. Это и применение статических разрядников, заземление проводников и заземление людей. Желательный эффект может быть достигнут целенаправленным использованием антистатических и проводящих материалов.

Экранирование один из самых эффективных и универсальных видов защиты в условиях воздействия электромагнитных полей. Теоретически экранирование позволяет обеспечить бесконечно большую степень ослабления поля. На практике же степень ослабления поля экранами стараются довести лишь до определенного уровня, определяемого соображениями безопасности. Экраны могут размещаться вблизи источника (кожухи, сетки), на трас-

се распространения (экранированные помещения, лесонасаждения), вблизи защищаемого человека.

Медицинские, профилактические и лечебные мероприятия предполагают: гигиенические и терапевтические мероприятия по лечению пострадавших от электромагнитного воздействия; предварительные и периодические медицинские осмотры работников, подвергающихся воздействию электромагнитных полей в условиях производства; временный или постоянный перевод на другую работу отдельных категорий работников (например, женщин в период беременности).

Лабораторная работа, которой сопровождается изучение теоретического материала, позволяет студентам ознакомиться с принципом нормирования и измерения сверхвысокочастотных электромагнитных полей, с принципом защиты временем и расстоянием, причем последний вид защиты позволяет подтвердить закон обратных квадратов в теории электромагнитного поля. Кроме того, в лабораторной работе студенты знакомятся с защитой экранированием, используя несколько видов экранов из различных материалов, как сплошных, так и сетчатых.

Список литературы

1. **Погожева Н. В.** Электромагнитное загрязнение окружающей среды. Нормирование и защита / Н. В. Погожева: Учебное пособие. — Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО "КГТУ", 2007. — 125 с.
2. **Погожева Н. В.** В XXI век с новым взглядом на электромагнитное загрязнение среды / Н. В. Погожева // Актуальные проблемы охраны труда XXI века: Материалы к V международной Российско-Белорусской научно-практической конференции по проблемам охраны труда. Калининград, 2008. — С. 109—125.
3. **Погожева Н. В.** О сильных и слабых воздействиях электромагнитного поля / Н. В. Погожева // "Инновации в науке и образовании": Сб. науч. тр. / КГТУ. — Калининград, 2006. — С. 322—325.
4. **Погожева Н. В.** О принципе нормирования электромагнитных полей промышленной частоты / Н. В. Погожева // "Инновации в науке и образовании": Сб. науч. тр. / КГТУ. — Калининград, 2006. — С. 320—322.

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 12.01.10. Подписано в печать 24.02.10. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч-изд. л. 8,15. Заказ 150.

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.