БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ

SAFETY IN TECHNOSPHERE

№ 6 (27)/2010
ноябрь–декабрь

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC, METHODICAL AND INFORMATION MAGAZINE

Свидетельство Росохранкультуры
ПИ № ФС77-22914
от 17.01.2006 г.

Учредитель:
Коллектив редакции журнала

Издается:
при организационно-финансовой поддержке МГТУ им. Н.Э. Баумана, участии МЧС и Минздравсоцразвития России, УМО вузов по университетскому политехническому образованию и НМС по безопасности жизнедеятельности Минобрнауки России

Главный редактор
Владимир Девисилов
Исполнительный директор
Ольга Бочарова
Ответственный секретарь
Людмила Асанова
Отдел предпечатной подготовки
Елена Попова
Корректор
Татьяна Дзебик
Отдел реализации и рекламы
Мария Денисова

Присланные рукописи не возвращаются.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов публикуемых материалов.

Редакция оставляет за собой право самостоятельно подбирать к авторским материалам иллюстрации, менять заголовки, сокращать тексты и вносить в рукописи необходимую стилистическую правку без согласования с авторами. Поступившие в редакцию материалы будут свидетельствовать о согласии авторов принять требования редакции.

Перепечатка материалов допускается с письменного согласия редакции.

При цитировании ссылка на журнал «Безопасность в техносфере» обязательна.

Письма и материалы для публикации высылать по адресу:
125212, г. Москва, а/я 133
Тел./факс: 459-1377
e-mail: info@russmag.ru
http://www.russmag.ru

Адрес редакции:
125212, Москва,
Головинское шоссе,
д. 8, корп. 2

© ЗАО Издательство «Русский журнал», 2010

Печать Издательство «Русский журнал»
Формат 60x84/8.
Бумага офсетная № 1.
Тираж 1650 экз.
Усл.-печ. л. 7,44

Подписной индекс в каталоге агентства «Роспечать»: 18316

В НОМЕРЕ
IN THIS ISSUE

СТРАНИЦА ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА
EDITOR-IN-CHIEF'S PAGE

В.А. Девисилов
V.A. Devisilov
Русский лес просит пощады и защиты! **3**
Russian forest asking for mercy and protection!

КОНТРОЛЬ И МОНИТОРИНГ
CONTROL AND MONITORING

В.В. Дьяченко, В.Г. Шеманин
V.V. Dyachenko, V.G. Shemanin
50 лет лазерной эры: лидары для мониторинга атмосферы **8**
50 years of the era of laser: lidars for monitoring of the atmosphere

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
METHODS AND MEANS OF SAFETY

Р.Н. Старобинский, И.В. Малкин, А.В. Краснов, С.А. Рябикин, А.Г. Назаров,
R.N. Starobinsky, I.V. Malkin, A.V. Krasnov, S.A. Ryabikin, A.G. Nazarov
Обзор новых тенденций шумовой доводки легковых автомобилей ... **16**
Review of the new trends of debugging noise in light motor vehicles

А.М. Гавриленков, А.В. Некрасов, Д.В. Каргашилов
A.M. Gavrilenkov, A.V. Nekrasov, D.V. Kargashilov
Математическая модель движения частицы пыли у стенки конической части циклона **23**
The mathematical model of the motion of a dust particle near the flare section wall of a cyclone

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА
WORK SAFETY

Е.Ю. Колесников, Т.М. Колесникова
E.Yu. Kolesnikov, T.M. Kolesnikova
Проблемы обеспечения аттестации рабочих мест по условиям труда **26**
Problems of assessment of workplaces with respect to working conditions

В.В. Гоман, В.А. Прахт, В.Н. Васендин, Ф.Н. Сарапулов
V.V. Goman, V.A. Prakht, V.N. Vassendin, F.N. Sarapulov
Электромагнитные поля установок индукционного нагрева и их воздействие на производственный персонал **31**
Electromagnetic fields of induction heating systems and their influence on operating personnel

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Александров Анатолий Александрович,
ректор Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, д-р техн. наук, профессор

Алёшин Николай Павлович,
заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана, академик РАН, д-р техн. наук, профессор

Бабешко Владимир Андреевич,
советник ректора Кубанского государственного университета, академик РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор

Касимов Николай Сергеевич,
декан географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, академик РАН, д-р геогр. наук, профессор

Махутов Николай Андреевич,
заведующий отделом Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор

Павлихин Геннадий Петрович,
заведующий кафедрой «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана, д-р техн. наук, профессор

Соломенцев Юрий Михайлович,
президент Московского государственного технологического университета «Станкин», профессор, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук

Тарасова Наталия Павловна,
директор института устойчивого развития, заведующая кафедрой Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, чл.-корр. РАН, д-р хим. наук, профессор

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Васильев Андрей Витальевич,
директор института химии и инженерной экологии Тольяттинского государственного университета, заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор

Власов Валерий Александрович,
министр лесного хозяйства Республики Татарстан, канд. техн. наук, профессор

Гапонов Владимир Лаврентьевич,
ректор Ростовской государственной академии сельхозмашиностроения, д-р техн. наук, профессор

Гарин Вадим Михайлович,
заведующий кафедрой Ростовского государственного университета путей сообщения, канд. техн. наук, профессор

Девисилов Владимир Аркадьевич,
доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук

Дыганова Роза Яхиевна,
заведующая кафедрой «Инженерная экология и рациональное природопользование» Казанского государственного энергетического университета, д-р биол. наук, профессор

Дьяченко Владимир Викторович,
заместитель директора по научной и учебной работе Новороссийского политехнического института (филиала) КубГТУ, профессор кафедры государственного и муниципального управления, канд. с.-х. наук, д-р геогр. наук

Егоров Александр Фёдорович,
заведующий кафедрой Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, д-р техн. наук, профессор

Елохин Андрей Николаевич,
начальник отдела страхования ОАО «ЛУКОЙЛ», д-р техн. наук

Ефимов Виктор Фёдорович,
проректор по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям МГТУ им. Н.Э. Баумана, канд. техн. наук

Козлов Николай Павлович,
заведующий отделом НУК «Э» МГТУ им. Н.Э. Баумана, д-р техн. наук, профессор

Кручинина Наталия Евгеньевна,
декан инженерного экологического факультета, заведующая кафедрой «Промышленная экология» Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, канд. хим. наук, д-р техн. наук, профессор

Лысенский Олег Васильевич,
генеральный директор Издательства «Русский журнал», главный редактор журнала «ОБЖ. Основы безопасности жизни», член Европейской ассоциации по безопасности

Майстренко Валерий Николаевич,
директор научно-исследовательского института безопасности жизнедеятельности, чл.-корр. АН Республики Башкортостан, профессор, д-р хим. наук

Матягина Анна Михайловна,
доцент Московского государственного университета гражданской авиации, канд. техн. наук

Никулин Валерий Александрович,
исполнительный вице-президент Российской инженерной академии, д-р техн. наук, профессор

Певнев Виталий Миронович,
заместитель министра труда и социального развития по Ростовской области, канд. экон. наук

Петров Борис Германович,
руководитель Приволжского Управления Ростехнадзора России, к. геогр. наук, профессор

Пушенко Сергей Леонардович,
директор ИИЭС Ростовского государственного строительного университета, канд. техн. наук, профессор

Рахманов Борис Николаевич,
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д-р техн. наук

Рубцова Нина Борисовна,
заведующая научным координационно-информационным отделом ГУ НИИ медицины труда РАМН, д-р биол. наук

Севастьянов Борис Владимирович,
заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Ижевского государственного технического университета, канд. пед. наук, д-р техн. наук, профессор

Трофименко Юрий Васильевич,
заведующий кафедрой Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета), д-р техн. наук, профессор

Фролов Анатолий Васильевич,
заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Южно-российского государственного технического университета, канд. техн. наук, профессор

Чеботарёв Станислав Стефанович,
заместитель начальника Академии гражданской защиты МЧС России по научной работе, д-р экон. наук, профессор

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ
EMERGENCY SITUATIONS

Н.В. Барановский
N.V. Baranovsky
Концептуальная база российской системы прогноза лесной пожарной опасности **34**
The conceptual basis of the Russian forest fire forecasting system

ОБРАЗОВАНИЕ
EDUCATION

Т.А Будыкина
T.A. Budykina
О содержании и методике обучения технологиям подготовки питьевой воды **43**
About the content and methods of education dinking water preparation technologies

Е.Б. Кручина, Н.Б. Дашков, С.С. Миносьянц
E.B. Kruchina, N.B. Dashkov, S.S. Minosyants
Инновационные подходы к преподаванию дисциплины «Проблемы устойчивого развития» **46**
The innovative approaches to the discipline “The problems of sustainable development”

В.А. Девисилов
V.A. Devisilov
Принципы построения образовательных программ и технологии обучения по направлению «Техносферная безопасность» **54**
The principles of educational programs and Teaching technologies for “Safety in Technosphere””

Содержание журнала «Безопасность в техносфере» за 2010 год **63**

Требования к публикации статей

1. С требованиями к оформлению материалов статей можно познакомиться на сайте журнала по адресу hthh://www.russmag.ru
2. Статьи должны соответствовать профилю и тематике журнала.
3. Публикация статей аспирантов бесплатная.
4. Статьи аспирантов без соавторства докторов и кандидатов наук должны иметь представление доктора наук – специалиста по тематике статьи.
5. К статье должна прилагаться внешняя рецензия доктора наук – специалиста по тематике статьи (за исключением статей, авторами и соавторами которых являются члены РАН, РАО, РАМН, РАСХН).
6. Статьи проходят дополнительное рецензирование, выполняемое членами редакционной коллегии или специалистами по тематике статьи, привлекаемыми редакцией для научной экспертизы.
7. Несоответствие предоставляемых материалов требованиям редакции может являться основанием в отказе в публикации или увеличить ее сроки.

Редакция

Журнал «Безопасность в техносфере» включен в перечень ведущих научных журналов, в которых по рекомендации ВАК РФ должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

УДК 630 + 614.84

РУССКИЙ ЛЕС ПРОСИТ ПОЩАДЫ И ЗАЩИТЫ!

RUSSIAN FOREST ASKING FOR MERCY AND PROTECTION!

В.А. Девисилов

V.A. Devisilov

e-mail: magbvt@list.ru

В статье рассмотрены проблемы российского леса, лесные пожары 2010 г., дана их краткая характеристика, рассмотрены системные ошибки в лесопользовании и защите лесов.

The article deals with the problems of the Russian forests, the forest fires of 2010, and their short description. The system mistakes in the use and protection of forests are considered.

Ключевые слова: лес (forest), лесные пожары (forest fires), охрана и защита лесов (conservation and protection of forests), лесное законодательство (forest legislation)

1. Леса России

Многие люди думают, что территория России покрыта дремучими лесами – безлюдными и нетронутыми. Однако это далеко не так.

В последние двадцать лет систематических исследований состояния российского леса таксации леса практически не проводилось. Поэтому надежных сведений о нынешнем состоянии наших лесов нет. На карте, представленной на 3-й странице обложки журнала, приведены сведения шестилетней давности, полученные в результате обобщения отдельных исследований и экспертных оценок. Как видно, российские леса далеко не так безбрежны, как казалось. Огромные территории заняты мелколиственными лесами, возникшими на месте коренных лесов, уничтоженных в результате их хозяйственного освоения и пожаров. Такие территории нельзя рассматривать в качестве продуктивной лесосырьевой базы. На большей части Европейской России и Западной Сибири, юга Восточной Сибири и Дальнего Востока лесная растительность уже коренным образом преобразована хозяйственной деятельностью. Наиболее продуктивные и богатые в плане биологического разнообразия леса Южной Сибири, Дальнего Востока и Европейской России в наибольшей степени изменены деятельностью человека. Площадь лесных территорий здесь продолжает сокращаться из-за продолжающегося экстенсивного «освоения» природных ресурсов. В Европейской России такие экосистемы фактически исчезли. Почти все уникальные дальневосточные широколиственные и хвойно-широколиственные леса в последние десятилетия в разной степени были пройдены промышленными рубками, очень часто – варварскими.

Основной причиной фрагментации и нарушения лесов являются лесозаготовки и лесные пожары, а также использование земель в сельском хозяйстве и при строительстве транспортных коммуникаций. В табл. 1 даны некоторые сведения о площади лесных территорий в различных районах страны.

В России сохранилось 288,5 млн га малонарушенных лесных территорий. Однако в 75% малонарушенных лесных территорий входят участки как покрытые сомкнутыми насаждениями, так и те, на которых лесная растительность только возобновляется (после пожаров либо других природных катастроф). Оставшиеся 25% приходятся на нелесные природные экосистемы (болота, тундры и горные луга). **Большая часть малонарушенных лесов образована некачественными, малопродуктивными редкостойными и горными насаждениями**.

Таблица 1

Площади различных категорий земель в России, млн га [1]

Категория земель	Россия	Европейская часть России	Западная Сибирь	Восточная Сибирь	Дальний Восток
Все земли	1707,5	383,2	290,5	722,6	311,3
Территория к югу от северной границы лесной зоны (территория, пригодная для произрастания леса)	1120,6	345,9	234,4	396,7	143,6
Территории, покрытые лесом	835,9	198,4	160,5	362,5	114,5
Малонарушенные лесные территории	288,5	31,8	58,4	153,9	44,4
Малонарушенные леса в пределах малонарушенных лесных территорий	216,4	24,0	36,7	125,9	29,8

Как видно, представление о безграничности российских лесов – это всего лишь миф. И если не приостановить варварскую вырубку российского леса, не обеспечить надежную его охрану и эффективное лесовосстановление по принципу «сколько вырубил – столько посади», наши потомки, может быть, даже наши дети и внуки, не смогут назвать свою страну лесной державой.

2. Природно-антропогенная экологическая катастрофа 2010 года

На фоне приведенных выше печальных сведений о состоянии российского леса лесные пожары лета этого года нельзя рассматривать иначе, как экологическую катастрофу. Площади лесов, пройденные пожарами, выросли вдвое за последние 15 лет – по данным государственной статистики, и втрое – по данным дистанционного мониторинга. Как показывает официальная статистика, в последние годы в России в среднем лесные пожары охватывают 600–800 тыс. га Экспертные оценки, учитывающие, что лесные пожары, возникающие на труднодоступных территориях, не регистрируются, дают цифру от 1 до 1,5 млн га. В пожароопасный сезон 2010 г. эти цифры были превышены намного, а на европейской территории – в 30 раз. Это позволяет говорить об экологической катастрофе, причины которой как природные, связанные с необыкновенно жарким и засушливым летом, так и антропогенные, которые наиболее сильно проявились в период климатической аномалии.

Данные о площадях пожаров в 2010 г. от разных источников сильно отличаются. По данным МЧС России, с начала пожароопасного периода и до 7 сентября 2010 г. на территории Российской Федерации возникло 30 376 очагов лесных пожаров на общей площади 1,25 млн га (в т.ч. 1162 очага торфяных пожаров на общей площади 2092 га). По данным Рослесхоза, площадь лесных пожаров составила около 1,5 млн га. В период с конца июля до середины августа за сутки в стране (в основном в ее европейской части) возникало до 400 лесных пожаров.

По данным Института космических исследований РАН (использовались приборы MODIS со спутников Terra и Aqua), по состоянию на 18 августа 2010 г. на территории РФ было пройдено огнем 5,8 млн га [2]. По оценке Института леса им. Сукачева СО РАН (данные приборов AVHRR со спутников NOAA) – около 5,9 млн га. Более половины площадей этих пожаров приходится на территории, покрытые лесом. По данным Всемирного центра мониторинга пожаров (Global Fire Monitoring Center – GFMC), полученным также на основе инструментальных наблюдений из космоса, площадь, пройденная пожарами на территории РФ с начала 2010 г. по середину августа, составила не менее 10–12 млн га (правда, в эту цифру включены торфяные пожары, пожары в тундре, в степях). Гринпис оценивает площадь пожаров в 3 млн га в основном на европейской территории. Такая разница в оценках заставляет думать, что или имеет место системная ошибка в определениях площади пожаров по методам МЧС России и Рослесхоза, либо это преднамеренное искажение информации. В любом случае, официальная информация существенно занижает масштаб катастрофы и, соответственно, ее последствия.

Наиболее сильно от лесо-торфяных пожаров пострадали: Нижегородская область (площадь, пройденная огнем, – 112 тыс. га, по данным GFMC – 222,1 тыс. га; сгорело 759 жилых домов, погибло 22 чел.); Рязанская область (площадь, пройденная огнем, превышает 200 тыс. га – 3–5% территории области; пострадало 18 населенных пунктов, погибло 8 чел., уничтожено 262 жилых дома, 2 сельские школы); Свердловская область (площадь в 253 тыс. га); Республика Марий Эл (уничтожено 55,4 тыс. га леса); Московская область (площадь природных пожаров составила 17 тыс. га, по данным GFMC – 32,6 тыс. га, из них 15,5 тыс. га — лесные; от пожаров пострадали 5 населенных пунктов, погибло 15 чел.).

Интенсивность пожаров и размер уничтоженных лесных площадей намного превышали среднегодовые во многих областях европейской территории страны. В целом, по данным Минрегиона России, в результате лесных и торфяных пожаров 2010 г. полностью или частично уничтожено 150 поселков, сгорело около 3 тыс. жилых домов, общее число погибших на пожарах составило более 60 чел.

Экономический ущерб пока в полной мере не оценен. По данным МЧС России на 19 августа, он, по самым скромным оценкам, может достигать 12 млрд руб. Эта сумма складывается из затрат на преодоление пожаров, средств, выделенных на строительство жилья погорельцам, и тех средств, что понадобились для дополнительного привлечения ресурсов. Конечно, это явно заниженная оценка, т.к. многие эксперты приводят гораздо большие цифры – по их предварительным оценкам, ущерб может составлять 1% ВВП страны в 2010 г., или 450 млрд руб. (15 млрд долл.). Для тушения пожаров были задействованы более 166 тыс. чел. и 35 тыс. единиц техники.

По оценкам Центра охраны дикой природы, если исходить из средних стоимостей погибшей древесины и необходимых лесовосстановительных работ (около 750 тыс. руб. на 1 га), то общий экономический ущерб от лесных пожаров может достигнуть 10 трлн руб. Расходы по уходу за лесными культурами в первые 5–10 лет составляют не менее 20 тыс.

руб. на 1 га (конкретная сумма этих расходов будет зависеть от решений, на какой площади будут восстанавливаться насаждения за счет посадки леса).

Речь идет не только об огромном экономическом ущербе, но и об **экологическом ущербе**, который трудно оценить в денежных единицах. На выгоревших лесных территориях практически полностью уничтожены биоценозы. Ущерб, нанесенный популяциям растений и животных, еще только предстоит определить. Так, например, в Нижегородской области погибло более половины журавлей, гнездившихся на горевших торфяниках.

Сгорела центральная часть России, которая густо населена. Сгорел лес, нужный человеку для отдыха, хозяйственной деятельности, который выполнял климатическую и ассимиляционную функции, защищал берега рек и озер, оказывал разнообразные природные услуги. Это наиболее ценные для человека с экологической точки зрения леса.

Ущерб здоровью населения. Интенсивное задымление затронуло все регионы Центрального федерального округа. Многие вещества, находящиеся в дыме от торфяных и лесных пожаров, наносят ущерб здоровью населения. По данным Минздравсоцразвития России, в июле 2010 г. число смертей по России в годовом исчислении выросло на 8,6%. В некоторых из охваченных пожарами и/или задымлениями регионах смертность в июле 2010 г. (по сравнению с июлем 2009 г.) выросла более значительно, например в Москве – на 50,7%. По данным ВОЗ, дым от природных пожаров вызывает раздражение глаз и дыхательных путей, бронхит, обострение астмы, снижает функции легких, что может стать причиной преждевременной смерти. Даже у здоровых людей твердые частицы вызывают расстройства функции легких и воспалительные изменения в легочной ткани, оказывают неблагоприятное влияние на иммунную систему. Окись углерода, поступая через легкие, препятствует транспорту кислорода к органам и тканям. Группами риска при задымлении являются больные респираторными заболеваниями, болезнями сердечно-сосудистой системы, пожилые люди, дети, беременные женщины.

3. Личный взгляд на катастрофу

Сухие цифры статистики не могут дать полного представления о ситуации лета 2010 г. в Центральной России. Автор материала в период наиболее активной фазы пожаров (конец июля – начало августа) находился в зоне интенсивных лесо-торфяных пожаров в Московской области (п. Белоомут Луховицкого района). Сильнейшее задымление не давало возможности зафиксировать картину на фотографиях. Вокруг поселка в сторону Мещерских лесов Рязанской области, в сторону гг. Шатура, Егорьевск и Коломна были видны периодически возникающие зарева пожаров. Когда интенсивность задымления снижалась, над лесом летал самолет Бе-200, который сбрасывал воду, забранную в р. Ока, на горящие участки леса. Поднимающиеся над этими участками клубы дыма уменьшались, но спустя некоторое время возрастали вновь. Вообще складывалось впечатление, что хотя авиация и помогала, но в условиях плохой видимости часты были промахи в сбросе воды, а если после сброса воды тушение не продолжалось на земле, огонь возникал вновь. Большую часть времени авиация не могла использоваться из-за практически нулевой видимости.

Поселок Белоомут находится в 6 км от сгоревших селений Моховое и Каданок. Попытка проехать к этим селениям в период пожара оказалась безуспешной, т.к. ранее очень красивая лесная дорога горела, видимость была нулевая, с двух сторон дороги весь лес полыхал верховым пожаром. Огонь остановился на краю п. Белоомут.

Более месяца спустя, в середине сентября, автор проехал по местам пожарищ. Наблюдаемая картина производила тяжелое впечатление. На месте знакомого с детства красивого леса, где всегда было много птиц, грибов, ягод, километры безжизненных гарей.

На месте уничтоженного огнем селения Моховое – пустырь с отдельно стоящими кирпичными зданиями. Остальная территория селения освобождена от гари, остались лишь кирпичные подвалы, в которых скрывались от огня и задыхались люди. Рядом с выходом из подвалов стоят вытащенные кем-то и уцелевшие банки с консервированными огурцами и помидорами, лежат цветы в память о погибших на этом месте людях. Даже в солнечный день территория производит гнетущее впечатление: вокруг сплошной горелый лес, напротив селения через дорогу (единственную дорогу, по которой люди на машинах могли сквозь горящий по сторонам лес вырваться из огня) – огромный массив поваленного леса, из земли вырываются клубы дыма. Об интенсивности огня можно судить по расплавленным стеклянным банкам на местах пожарищ.

На въезде в бывшее с. Моховое стоит большой крест. Он так и будет здесь стоять как память о погибших и немой укор тем, кто должен был защитить, но не спас людей. Люди отказались жить на этом трагичном месте. Мохового больше не будет, а новое Моховое уже построено на окраине п. Белоомут (159 новых домов со всеми современными удобствами).

Если сейчас проехать от сгоревшего Мохового в сторону п. Рязановский, то очень красивая ранее дорога с произраставшим по сторонам сосновым, еловым и березовым лесом производит тяжелое

впечатление. Десятки гектаров уничтоженного леса, огромные площади несгоревшего, но поваленного леса на торфяниках, из которых повсеместно, как из гейзеров, вырываются клубы дыма. Восстановить сгоревший лес через лет 40–50 будет очень трудно и дорого, а убрать поваленный лес с торфяников, чтобы исключить распространение болезней от гнилого дерева на оставшиеся лесные участки, – сложная техническая задача из-за опасности провала людей и техники в торфяные пустоты. И все это в 150 км от столицы!

4. Причины катастрофических пожаров

После пожаров появились высказывания представителей отдельных ведомств, несущих ту или иную ответственность за сложившуюся ситуацию, о том, что катастрофы избежать было нельзя, это природное явление, с которым бороться мы пока не научились. Да, безусловно, первопричинами ситуации были 40-градусная жара и отсутствие дождей. Но это был лишь фактор, который, как лакмусовая бумажка, проявил более глубинные системные причины, о которых немного говорили и на которые не обращали внимание. Почему в Республике Беларусь, где сложилась аналогичная климатическая ситуация и где не меньше лесов и торфяников, пожаров практически не было, а возникающие очаги тушились в зародыше? Почему чрезвычайное положение в ряде регионов было введено только 2 августа, когда количество возникающих пожаров превышало количество потушенных, когда горели поселки, гибли люди, а в Москве стало невозможно жить из-за густого смога и началось массовое бегство населения из столицы? Почему соответствующие ведомства, в частности МЧС и Рослесхоз, не спрогнозировали возникшую ситуацию и не поставили вопрос о введении чрезвычайного положения еще в июне и начале июля, запрете выезда в леса, усилении охраны лесов. Ведь никем не оспаривается тот факт, что первоисточником лесных пожаров в 90% случаев был человек, что еще раз подтверждает недостаток в культуре безопасности российского населения и необходимости особого внимания к воспитанию людей и обучению их в области безопасности. Почему региональные и муниципальные власти долгое время скрывали нарастающие масштабы пожаров, хотя своими силами справиться с огнем не могли? Вопросы, на которые требуется ответ!

Находясь в эпицентре событий, я беседовал с теми простыми мужиками из немногочисленной лесной службы, которые сутками пропадали в лесу, пытаясь его спасти. Рассказывали о героизме, который проявляли простые люди. Ответы на вопрос: почему не удается отстоять лес? – были по-русски ясными и лаконичными. Один из ответов звучал настолько коротко и четко отражал причины и ситуацию, что хотелось бы его привести без купюр, но нельзя. А он звучал примерно так: людей нет ни... (очень мало), техника... (очень плохая) и всем все... (никому нет дела).

Действительно, вместо 70 тыс. лесников-обходчиков, для которых охрана леса была главной обязанностью в пожароопасный период, в настоящее время имеется около 12 тыс. административных работников лесного хозяйства, для которых одной из многочисленных задач является лишь осуществление лесного надзора и контроля. Например, в июле, т.е. накануне лесных пожаров, в Подмосковье были уволены около 550 специалистов по лесному хозяйству, в частности, в наиболее пожароопасном Шатурском районе вместо 796 человек в 2004 г. к началу пожароопасного сезона 2010 г. осталось 62 человека, включая административных работников, дворников, уборщиц и сторожей. После введения нового Лесного кодекса было оставлено 680 лесных инспекторов в составе Росприроднадзора – примерно по восемь человек на субъект Федерации.

Пожарная техника в лесных хозяйствах давно не обновлялась, часто находится в неработоспособном состоянии и состоит из одной-двух машин и тракторов.

Бюрократизация государственного управления лесами привела к сложности организации оперативного тушения возникающих очагов лесного пожара. Например, как рассказывали на местах, чтобы выехать на место и начать тушить пожар, нужно было получить «добро» от вышестоящих органов, до которых еще нужно дозвониться и застать руководителя на месте.

Главной причиной всего произошедшего стало разрушение при административной реформе 2000–2006 гг. сложившейся системы государственного управления лесами, которое началось в 2000 г. с ликвидации самостоятельных Федеральной службы лесного хозяйства и Государственного комитета по охране окружающей среды, продолжилось разрушением централизованной системы управления лесами на землях сельскохозяйственного назначения (2005 г.) и завершилось принятием нового лесного законодательства (Лесного кодекса и ФЗ «О вступлении в силу Лесного кодекса») в 2006 г.

После знакомства с Лесным кодексом создается впечатление, что его основное назначение – это превращение леса в имущество. Благое пожелание о введении рыночных механизмов в охрану природы и ресурсопользование не оправдалось, как не оправдались гайдаровские рыночные реформы с идеалистическим представлением, что «рынок все отрегулирует». Только рыночные механизмы в охране природы неэффективны, более того, их применение без жесткого природоохранного законодательства

и эффективного государственного управления может погубить природу, о чем говорят многие известные экономисты-рыночники. Как говорил недавно ушедший от нас В.С. Черномырдин: «Хотели как лучше, а получилось как всегда».

По правде сказать, во многих статьях Лесного кодекса (статьи 19, 51, 52, 53, 60, 62) говорится об охране лесов, лесовосстановлении, но по сравнению со статьями, посвященными продаже, аренде, аукционам по лесу (а это бо́льшая часть 50-страничного кодекса), они выглядят декларативными, с размытыми пожеланиями, без определения четко управляемой структуры и ответственных.

Управление охраной и мониторингом лесов, в частности лесных пожаров, закреплено по разным аспектам за многими ведомствами и структурами: Рослесхозом, Росприроднадзором, Росгидрометом, МЧС и МВД России, Генеральной прокуратурой, органами государственной власти субъектов Российской Федерации. В результате у семи нянек дитя (наш лес) остался без глаза.

Новый Лесной кодекс фактически **упразднил государственную лесную охраны** – систему лесников, постоянно находящихся в лесу, способных выявлять начинающиеся пожары и быстро приступать к их тушению. Произошла **ликвидация экономически жизнеспособных лесохозяйственных предприятий (лесхозов).** Фактически произошло **сокращение бюджетного финансирования лесного хозяйства.** Хотя бюджетное финансирование лесного хозяйства после 2007 г. было заметно увеличено (почти втрое в 2008 г. по сравнению с 2006 г.), но с учетом потери собственных средств (ввиду ликвидации лесхозов) **реальное финансирование лесного хозяйства сократилось в масштабах страны более чем вдвое.** Кроме того, существенно увеличилась доля средств, расходуемых на содержание структур, выполняющих исключительно управленческие функции. Кстати, в расчете на гектар Россия в 2009 г. израсходовала вдвое меньше средств на ведение лесного хозяйства, чем Казахстан, и в 13 раз меньше, чем Беларусь. Например, в Канаде ежегодно тратится на предотвращение лесных пожаров не менее 1 млрд долл., в США – 2–2,5 млрд долл. В России в 2010 г. — 2,2 млрд руб. Россия затрачивает на мониторинг, профилактику и борьбу с природными пожарами в 30 раз меньше средств, чем страны Северной Америки. Размер субвенций из федерального бюджета субъектам РФ на выполнение полномочий по охране лесов от пожаров составил в 2010 г. примерно 2,2 руб. на 1 га.

Следует сказать и о **неподготовленности Государственной пожарной охраны МЧС России к борьбе с природными пожарами**. Органы Государственной пожарной охраны МЧС имеют опыт работы по тушению пожаров на селитебных территориях и на предприятиях. Согласно действующему законодательству, тушение природных пожаров не входит в сферу ответственности МЧС (пока эти пожары не угрожают населенным пунктам). Населенные пункты также оказались неподготовленными к защите от лесного пожара, но это отдельный разговор о состоянии пожарной охраны в небольших поселениях.

Следует также сказать о **невыполнении арендаторами и другими организациями мер по обеспечению пожарной безопасности**. Согласно Лесному кодексу, «меры пожарной безопасности на лесных участках, предоставленных в аренду, осуществляются арендаторами этих лесных участков на основании проекта освоения лесов» (в лесах, не переданных в аренду, за противопожарную работу отвечают органы власти субъектов РФ). По печально известному и повсеместно критикуемому Федеральному закону от 21.07.05 № 94 «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд», единственным критерием при отборе поставщиков таких услуг арендаторами лесов и организациями, выигрывающими тендеры по осуществлению противопожарных мероприятий в лесах, является предложенная ими цена, фактическая техническая оснащенность и способность к качественному осуществлению противопожарных мероприятий во внимание не принимаются.

Тем более, что письмом от 17.04.2008, подписанным первым заместителем министра МЧС России Р.Х. Цаликовым и руководителем Рослесхоза В.П. Рощупкиным, деятельность по тушению лесных пожаров, осуществляемая органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, лицензированию не подлежит. Формально выиграть конкурс на тушение лесных пожаров может организация с одним ведром и лопатой, но предложившая минимальную цену за свои услуги. Не абсурд ли это?!

5. Заключение

Таким образом, события лета нынешнего года выявили системные законодательные и управленческие ошибки в защите и сохранении российского леса, которые нужно незамедлительно исправлять до наступления пожароопасного сезона 2011 г. Нужно быть готовыми к аномальным климатическим изменениям, исключить незаконные и варварские вырубки леса, незамедлительно заняться восстановлением леса. Русский лес просит пощады и защиты, иначе он исчезнет, а наши потомки будут вспоминать нынешнее поколение как варваров, не оставивших им не только один из источников дохода, но и наслаждения, и природных услуг.

Список литературы
1. Сайт http://www.forest.ru/rus/publications/intact/
2. Сайт http://smis.iki.rssi.ru/fire_reports/sum2010/s2010.htm

УДК 519.8:621.928.83

50 ЛЕТ ЛАЗЕРНОЙ ЭРЫ: ЛИДАРЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРЫ

50 YEARS OF THE ERA OF LASER: LIDARS FOR MONITORING OF THE ATMOSPHERE

В.В. Дьяченко, *профессор, д-р географ. наук,*
В.Г. Шеманин, *заведующий кафедрой, профессор, д-р физ.-мат. наук,*
Новороссийский политехнический институт (филиал)
Кубанского государственного технологического университета

V.V. Dyachenko, *Professor, Doctor of Geographical Sciences*
V.G. Shemanin, *Head of the Department, Professor, Doctor of Physics and Mathematics,*
The Novorossiysk Polytechnic Institute (branch) of the Kuban State Technological University

e-mail: vdyachenko@nbkstu.org.ru

В статье рассмотрены лазерный эффект и типы накачки в лазерах, свойства и параметры лазерного излучения. Кратко описаны разнообразные современные применения лазеров. Подробно рассмотрена только одна область лазерных измерительных систем – лидары, история и достигнутые в этой области результаты. Дано введение в глобальные экологические проблемы на биосферном уровне и описаны международные лидарные сети, созданные для их решения. В качестве примеров подробно описаны варианты лидарных систем, предназначенных для решения двух различных задач экологического мониторинга и техносферной безопасности.

The article deals with the laser effect and pumping types in lasers, characteristics and parameters of the laser emission. Various ways of laser use are described. The authors give a detailed description of only one area of laser measurement systems – lidars, their history and achievements in this area. There is an introduction of the global ecological problems on the biosphere level and a description of the lidar systems, created for solving those problems. The lidar systems intended for solving different tasks of ecological monitoring and technosphere security are described in detail as examples.

Ключевые слова: лазеры (lasers), лидары (lidars), мониторинг атмосферы (monitoring of the atmosphere)

1. Введение

В 1955 г. российские ученые Николай Басов и Александр Прохоров разработали квантовый генератор – усилитель СВЧ-волн с помощью индуцированного излучения, активной средой которого является аммиак. Такое устройство называется **мазер** (от английского *Microwave Amplification by Stimulated Emission*). Изобретение мазера, использующего аммиак, позволило американским ученым Чарльзу Таунсу и Артуру Шавлову через два года начать разработку лазера. Работая параллельно в том же направлении, Александр Прохоров в 1958 г. использовал для создания лазера резонатор Фабри-Перо, представляющий собой два параллельных зеркала, одно из которых полупрозрачное. В 1960 г. сотрудник фирмы «Хьюз Эйркрафт» американский физик Теодор Мейман, основываясь на работах Н. Басова, А. Прохорова и Ч. Таунса, сконструировал первый лазер на рубине с длиной волны в 694,3 нм [1]. Тогда же Чарльз Таунс и Артур Шавлов запатентовали изобретение лазера. Так началась лазерная эра.

В 1964 г. двум российским физикам – Николаю Басову и Александру Прохорову – и американцу Чарльзу Таунсу была присуждена Нобелевская премия за работы по мазерам и лазерам. Первые отечественные лазеры в бывшем СССР были запущены в 1961–1962 гг. в ФИАНе, ГОИ им. С.И. Вавилова, МГУ

им. М.В. Ломоносова, Институте физики АН СССР (г. Минск), в дальнейшем – в НИИ «Полюс».

2. Параметры и типы лазеров

Лазер – это источник мощного когерентного и монохроматического оптического излучения (английское *LASER* – аббревиатура выражения *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* – «усиление света вынужденным излучением»). Если некоторое количество атомов, попав в поле оптического излучения, излучает больше, чем резонансно поглощает, то возникает лазерный эффект – усиление света вынужденным излучением этих атомов. Лазерная генерация может возникнуть только в том случае, когда возбужденных атомов больше, чем невозбужденных.

Такое состояние надо заранее подготовить, т.е. предварительно накачать дополнительную энергию от какого-либо внешнего источника. Поэтому типы лазеров различаются в основном по видам накачки [2]. Накачкой могут служить: электромагнитное излучение; электрический ток; пучок релятивистских частиц; электрический разряд; химическая реакция в пригодной для генерации среде. Лазер любого типа, как правило, включает резонатор, активную среду и систему накачки. От обычных источников света (например, лампы накаливания с вольфрамовой нитью) лазер отличается этими двумя важными свойствами излучения – когерентностью и монохроматичностью.

Когерентность означает, что фазовая согласованность всех его волн остается неизменной в течение достаточно длительного времени. В некогерентном процессе световые волны излучаются независимо друг от друга, энергия излучаемого пучка рассеивается по пространству и быстро убывает по мере удаления от источника. При когерентном излучении волны могут усиливать друг друга. Поэтому луч лазера почти параллелен и расходится незначительно даже на больших расстояниях от излучателя. Если лазерный луч диаметром 1 см направить на Луну, то он высветит на ее поверхности круг диаметром всего 30 м. Луч хорошего прожектора осветил бы поверхность диаметром 40 000 км. Вторая особенность лазерного излучения – высокая монохроматичность, т.е. лазер излучает волны строго одной длины волны.

Основными параметрами излучения лазера являются интенсивность (либо мощность), спектр частот (длины волн), поляризация и расходимость. Классификация лазеров может осуществляться по фазовому (агрегатному) состоянию активной среды (газовые, жидкостные и твердотельные), по режиму работы (непрерывные или импульсные), по способу накачки (электрическим током, оптическим или другими видами излучений, химические, газодинамические), по мощности (низкоинтенсивные, мощные, петтаваттные) и диапазону длин волн излучения (ультрафиолетовые, видимый, инфракрасный) и т.д.

3. Основные применения лазеров

С момента разработки лазеры нашли применение в самых различных областях – от коррекции зрения до управления транспортными средствами, от космических полетов до термоядерного синтеза. Лазер стал одним из самых значительных изобретений XX в. А сегодня и не перечесть всех его применений: проигрыватели компакт-дисков, сканеры считывания штрих-кодов, высокоточные хирургические скальпели и перфораторы, волоконные системы и лазерные шоу.

Благодаря лазерам уже совершено множество прорывов в науке и технологиях, и сколько их еще впереди. Сегодня лазеры широко используются в научных исследованиях и даже для разгадки строения нашей Вселенной. Особенности лазерного излучения и разнообразные способы его использования помогли сдвинуться ученым с мертвой точки во многих разделах современной науки. Именно лазеры способствовали развитию различных технологий: в физике (в первую очередь в оптике), фотографии, связи, дальнометрии, топографии, термоядерном синтезе, медицине, химии, порошковой металлургии и др. Лазеры продолжают внедряться во все отрасли человеческой деятельности, непрерывно открываются новые возможности их применения.

В настоящей статье далее речь пойдет уже не о лазерах, а только об одной области лазерных измерительных систем – лидарах (аббревиатура *LIDAR* от английского *Light Identification, Detection And Ranging*). Это лазерная система дистанционного зондирования, представляющая собой бесконтактное средство измерения параметров удаленной мишени, в котором лазерное излучение направляется через атмосферу, а рассеянное мишенью излучение собирается приемным телескопом на фотоприемник [3–5].

Лидар состоит из передатчика – лазерного излучателя и приемника – приемного телескопа со спектроанализатором и фотоприемником. Управление лидаром и обработка сигнала с фотоприемника осуществляются специализированным электронным устройство, работающим на линии с ПК.

4. Основные этапы развития лидарных технологий

Первый лазер был создан в 1960 г., а спустя три года итальянский ученый Дж. Фиокко опубликовал первую работу о лазерном зондировании

атмосферы [6]. Годом позже он же провел измерения высоты и толщины серебристых облаков, образующихся на высотах 73–83 км. Так начались работы по лидарному зондированию.

В нашей стране первые лазерные эксперименты по изучению атмосферы были начаты в 1965 г. Центральной аэрологической обсерваторией (ЦАО) Госкомгидромета. На исследовательском самолете Ил-18 установили лазерный локатор и всего за несколько полетов получили сведения о поляризации излучения, рассеянного облаками. Эта летающая лаборатория около 15 лет изучала различные типы облаков; результаты измерений, полученные с помощью лазера, контролировались другими методами. В 1960–1970-х гг. лидары – лазерные локаторы, работающие в видимом или ближнем ИК-диапазонах волн, – в основном использовались в военной технике.

В течение длительного периода основным используемым преимуществом лазеров являлась дистанционность измерений, возможность определить выбранную характеристику воздушной среды на любом направлении лазерного луча и получить самые разнообразные сведения о свойствах атмосферы на различных высотах. Хорошее пространственно-временное разрешение, связанное с малой длительностью лазерного импульса и высокой частотой их повторения, стимулировали интенсивное развитие лидарных методов.

Широкие возможности для изучения атмосферы Земли, проведения различных метеорологических и климатологических исследований открыли лидары космического базирования. Больших успехов в этой области достигли специалисты исследовательского центра Longley (НАСА), которые создали немало наземных и авиационных лидарных систем для изучения атмосферных аэрозолей и водяных паров, облаков, озоновых дыр. В 1996 г. в рамках программы LITE (Lidar In-Space Technology Experiment) разработана первая в мире лидарная установка для изучения Земли из космоса. С помощью установки LITE изучались структура облаков, процессы образования облачности, находящиеся в атмосфере аэрозоли, в т.ч. антропогенного происхождения, определялась высота приземного слоя атмосферы, измерялось горизонтальное распределение температуры и плотности воздушных слоев на высотах от 25 до 40 км, анализировались процессы отражения лазерного излучения от земной и морской поверхностей.

Основными центрами развития лазерных технологий в России являются Москва (МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МЭИ, ИОФ РАН, ФИ РАН им. П.Н. Лебедева, НПО «Астрофизика», ТРИНИТИ), Санкт-Петербург (СПбГУ, СПбГПУ, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, БалтГТУ «ВОЕНМЕХ», ООО «Лазерные системы»), Томск (ТГУ, ИОА СО РАН, ИМКЭС СО РАН), Новороссийск (НПИ КубГТУ) и др.

Лидары, произведенные Обнинским НПО «Тайфун» и его дочерними предприятиями, успешно используются в России: в обсерватории Белгородского государственного университета – стационарный лидарный комплекс МВЛ-60, размещенный под куполом обсерватории, в г. Обнинске Калужской области и за рубежом: в Испании (на Канарских островах), в Иране (г. Шираз), в Португалии (г. Лиссабон), в Южной Корее (г. Сувон), в Китае (г. Хэфэи), в Киргизии (высокогорная станция Теплоключенка).

Институт оптики атмосферы СО РАН предлагает стационарные и сканирующие лидары серии «ЛОЗА», которые предназначены для контроля оптического состояния тропосферы до высот 10–12 км с пространственным разрешением 3–15 м. Лидары, изготовленные в виде лабораторных образцов, прошли натурные испытания в пределах России.

Сотрудники Центра физического приборостроения ИОФ РАН (г. Троицк) известны своими работами в области лидарного приборостроения, исследования атмосферного аэрозоля, озона, водяного пара, создали в сотрудничестве с различными отечественными и зарубежными университетами целое поколение средств дистанционного мониторинга атмосферы.

5. Лазеры в техносферной безопасности

Сравнительно недавно пришедшее человечеству осознание глобальности негативных последствий природопользования выдвигает лазерные технологии на передовые рубежи в борьбе за благоприятную окружающую среду. Загрязнение, формирующееся за счет газопылевых выбросов промышленности, транспорта, насыщения атмосферы аэрозолями вследствие уничтожения естественного растительного покрова и крупных водных объектов кардинальным образом меняют химию атмосферы Земли, а в результате попадания загрязнения в стратосферу делают его всеобщим достоянием. Загрязнение, сформировавшееся в одном регионе, может оказать влияние на ландшафты, удаленные на тысячи километров за счет трансграничного переноса, т.к. «время жизни аэрозолей» в атмосфере, по данным В.В. Добровольского, достигает 30–40 дней, а газовых молекул – и того больше.

Все это объясняет масштабное повышение концентраций многих веществ в различных компонентах ландшафтов. Например, трехкратное увеличение

содержания свинца в почвах планеты («металлизация» биосферы) за последние сто лет, обнаружение химиката ДДТ в антарктических экосистемах, где он никогда не применялся, радиоактивное «покрывало» Чернобыля (Cs^{137}), накрывшее всю планету, повышение солевых выпадений с осадками на Юге России и Европы за счет высыхания и обнажения дна Арала и Кара-Богаз-Гола и т.д.

Аэральный перенос становится решающим фактором загрязнения и контролировать масштабы и химию массопереноса в атмосфере с помощью редкой сети высокогорных станций или периодически запускаемых зондов практически невозможно. В этом случае нам могут помочь лидарные системы, использующие комплекс лазеров. Они позволяют в непрерывном режиме вести мониторинг атмосферы на заданных интервалах высот, по заданному перечню веществ, осуществлять контроль переноса аэрозолей с определением их величины и морфологии и т.д. Это позволяет более точно определить источники загрязнения, смоделировать перенос, а также место и масштабы возможного выпадения продуктов атмосферной трансформации, т.е. осуществить численное моделирование.

Решение проблем биосферы, в т.ч. вопросов трансграничного переноса атмосферных примесей, привело к созданию глобальных и региональных измерительных сетей, осуществляющих с помощью лидарных технологий постоянные атмосферные наблюдения.

Сеть NDACC (Network for the Detection of Atmospheric Composition Change), объединяющая 16 лидарных станций, создана для глобального контроля озона, аэрозоля, температуры и влажности. Для мониторинга тропосферного аэрозоля под эгидой NASA развивается лидарная сеть MPL-Net. В 2000 г. сформирована Европейская лидарная сеть EARLINET (European Aerosol Research Lidar Network), координирующая работу более чем 20 лидарных комплексов Европейских стран по мониторингу крупномасштабного переноса аэрозольных примесей, в основном из района пустыни Сахара. Дальнейшее развитие эта сеть получила в 2006 г., стартуя с модернизированным названием EARLINET-ASOS и новым пятилетним проектом.

Лидарные исследования выноса пылевого аэрозоля с пустынной территории Китая выполняются в рамках функционирования Азиатской лидарной сети AD-Net (Asian Dust Network). В стадии формирования находятся региональная Восточно-Американская лидарная мезосеть REALM (Regional East Atmospheric Lidar Mesonet), лидарная сеть в Латинской Америке. Мониторинг атмосферного аэрозоля и озона в регионах СНГ начиная с 2006 г. регулярно осуществляется с использованием сети лидарных станций CIS-LiNet, расположенных в России, Беларуси и Киргизии. На повестке дня стоит вопрос о создании мировой лидарной сети GALION (GAW Aerosol Lidar Observation Network) под эгидой Всемирной метеорологической организации.

Полученные результаты позволят разработать новые методики оценки состояния окружающей среды и геоэкологический прогноз трансформации биосферы регионов под воздействием техногенного прессинга и аридизации климата. Построенная на их основе система мониторинга может быть использована региональными природоохранными службами различных стран.

Лидарная система может использоваться в экологическом мониторинге состояния атмосферного воздуха на промышленном объекте или районе и, благодаря своему высокому пространственному и временному разрешению, может стать основой автоматизированной системы предупреждения аварийных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Использование лазерных систем в целях повышения безопасности техносферы позволяет при помощи только одного лазера одновременно измерять до 9 загрязняющих компонентов на расстояниях до 6 км от излучателя в реальном масштабе времени. Можно использовать лазеры для контроля загрязнения поверхностных и подземных вод (например, при добыче и транспортировке нефти), контролировать качество воздушного бассейна крупного промышленного центра и т.д.

В последние годы появилась информация о значительной геохимической трансформации ландшафтов под воздействием ветровой эрозии и существовании геохимических барьеров, приводящих к концентрированию тяжелых металлов и локализации загрязнения [7]. Ветровая эрозия наносит колоссальный вред хозяйственной деятельности человека и является основным фактором деградации ландшафтов в условиях аридного климата. В связи с глобальными климатическими изменениями и деятельностью человека, многие аспекты которой усиливают аридизацию ландшафтов, ее изучение становится все более актуальным. Эта проблема особенно остра в районах с высокой степенью распаханности территории (более 50%). Например, для Юга России, что со всей очевидностью демонстрируется проблемами ландшафтов Ростовской области, Ставропольского края, Черных земель Калмыкии, Ногайских степей и внутренних районов Дагестана. А засуха лета 2010 г. в Поволжье только подчеркивает важность и глобальность проблемы. Усиление ветровой эрозии здесь обостряет проблемы загрязнения воздуха и эвтрофикации аквальных ландшафтов, поскольку

на Юге России состав и количество аэрозолей определяется дефляцией почв [8]. Ведь до 90% массы аэрозолей переносится в нижних слоях атмосферы на высоте до 200 м.

Притом, что в последние десятилетия климат меняется в направлении, способствующем усилению ветровой эрозии и расширению областей, подверженных дефляции, а внимание к лесовосстановительным работам значительно ослаблено, масштабные полевые и модельные исследования в этой области не обновлялись с 1970-х гг. и были основаны на использовании специальных ловушек для поднятых ветром частиц и дальнейшем анализе собранного материала. Очевидно, что сложность их монтирования, невозможность произведения оперативных замеров в различных районах во время пыльной бури, ограниченное количество измерений значительно затрудняют получение фактического материала для формирования геохимически обоснованной модели массопереноса и установления его роли в формировании аридных ландшафтов России.

С помощью лидарной системы можно оперативно определять концентрацию, скорость, распределение по фракциям и массу частиц, переносимых на различных высотах, при различной силе ветра и в различных ландшафтных и климатических условиях. Это позволит создать базу данных, необходимую для формирования региональной динамической модели и геохимического прогноза результатов эоловой трансформации ландшафтов, а также разработки предложений, направленных на снижение интенсивности и негативных последствий ветровой эрозии.

В работах [9–11] были предложены варианты лидарных систем, предназначенных для решения различных задач экологического мониторинга и непрерывного контроля загрязнения атмосферы. Выбор основных параметров такой системы для контроля загрязняющих веществ в атмосфере составляет важное направление в рамках построения систем контроля загрязняющих веществ в атмосфере. Далее рассмотрим некоторые аспекты применения лидарных измерительных технологий.

6. Лидар дифференциального поглощения и рассеяния

В [3] подробно рассмотрены явления, возникающие при взаимодействии лазерного излучения с мишенью. В общем случае такая мишень представляет собой газовый поток или смесь, состоящий из аэрозольных частиц и газовых молекул. При распространении лазерного излучения сквозь такую мишень интенсивность лазерного излучения уменьшается за счет поглощения (или абсорбции) излучения веществом мишени вследствие преобразования энергии световой волны в другие виды энергии по закону Бугера – Ламберта – Беера [3].

По результатам выполненных ранее исследований различных типов лидаров [11–14], предназначенных для зондирования загрязняющих веществ в технологических газовых потоках или атмосферном воздухе, можно предположить, что для обнаружения уровня концентраций загрязняющих веществ порядка 10^{15} см$^{-3}$ и ниже наиболее предпочтительным будет использование систем дифференциального поглощения. Это объясняется тем, что сечение поглощения значительно превышает эффективное (с учетом тушения) сечение флуоресценции и комбинационного рассеяния света [3]. В связи с этим на основе ослабления лазерного излучения с соответствующим подбором длины волны можно создать чувствительный метод измерения концентрации загрязняющих веществ в атмосфере.

Вариант лидара дифференциального поглощения подразумевает использование двухволнового излучателя: одна длина волны лазерного излучения попадает в центр полосы поглощения молекулы загрязняющего вещества, а другая – вне этой полосы [15]. В лидаре дифференциального поглощения и рассеяния, оптическая схема которого приведена на рис. 1 [16], излучение YAG: Nd лазера ***14*** с импульсами длительностью 10 нс и энергиями 25 мДж на длине волны 532 нм и излучение лазера ***15*** с энергией в импульсе 40 мДж на длине волны 1064 нм направлялись в атмосферу вдоль оси приемного телескопа в качестве опорного.

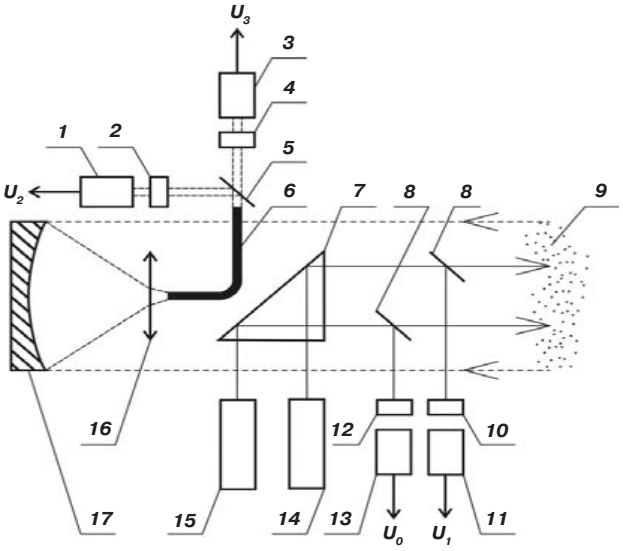

Рис. 1. Оптическая схема лидара дифференциального поглощения и рассеяния:

1, 3 – фотоумножители; ***2, 4, 10, 12*** – интерференционные светофильтры; ***5*** –полупрозрачное зеркало; ***6*** – световод; ***7*** – призма; ***8*** – плоскопараллельные пластины; ***9*** – мишень; ***11, 13*** – фотодиоды; ***14, 15*** – лазеры; ***16*** – линза и ***17*** – сферическое зеркало

Лидар построен по коаксиальной схеме, когда оба луча имеют параллельные направления и параллельны оси приемного телескопа [3, 4]. Интенсивность прошедшего сквозь атмосферу излучения на длине волны зондирующего излучения 532 нм ослаблялось за счет поглощения атомами или молекулами [3, 16] и через интерференционный светофильтр ***4*** направлялось на фотоприемник ***3***. Одновременно полупрозрачным зеркалом ***5*** лазерное излучение на длине волны 1064 нм через интерференционный светофильтр ***2*** направлялось на фотоприемник ***1*** для измерения его интенсивности. Оно также прошло сквозь толщу атмосферы и служит в качестве опорного сигнала в дифференциальной схеме измерения. Импульсы напряжений с двух одинаковых фотоприемников ***2*** и ***1*** вводились в измерительную систему и записывались в ПК. Стеклянные пластины ***8*** отводили часть лазерного излучения на длинах волн 532 и 1064 нм через светофильтры ***10*** и ***12*** на фотодиоды ***11*** и ***13*** для контроля энергии лазерных импульсов и синхронизации работы всего лидара. Из соотношения этих сигналов получается график зависимости коэффициента дифференциального поглощения *X* от заданного расстояния, по которому можно рассчитывать концентрацию атомов или молекул, используя известное сечение поглощения на длине волны зондирования.

Этот принцип можно использовать при дистанционных измерениях концентрации йода в атмосфере, потому что в районе АЭС или других радиохимических предприятий тяжелый изотоп йода $^{131}I_2$ может служить индикатором радиоактивного загрязнения [10, 17].

Результаты выполненных ранее исследований в [10, 12, 16] позволяют предположить, что для обнаружения концентраций N_a молекулярного йода порядка 10^{11} см$^{-3}$ и ниже в атмосфере наиболее предпочтительным будет использование систем дифференциального поглощения, поскольку $\lambda_L = 532$ нм попадает в полосу поглощения исследуемых молекул I_2 [18]. Лазерное излучение вне полосы поглощения йода необходимо иметь на длине волны, большей 589,5 нм, соответствующей максимуму полосы флуоресценции молекул I_2 [19]. В качестве такого излучения можно использовать, например, основную гармонику YAG: Nd лазера на длине волны 1064 нм. При известном значении сечения резонансного поглощения σ_a можно достаточно эффективно использовать зависимость коэффициента *X* от N_a в дистанционных измерениях концентраций газовых молекул в атмосфере.

На лабораторном лидаре дифференциального поглощения, оптическая схема которого подобна приведенной на рис. 1, излучение YAG: Nd лазера с импульсами длительностью 10 нс и энергиями 25 мДж на длине волны 532 нм и 40 мДж – на длине волны 1064 нм направлялось в специальную вакуумную кювету с йодом с окнами под углом Брюстера. Концентрация или парциальное давление I_2 в кювете изменялось нагреванием отростка кюветы от 25 до 85°С в термостате. Обработка графика зависимости коэффициента *X* от концентрации молекул йода для расстояния 4 м на рис. 2 согласно [16] позволила рассчитать сечение поглощения молекул йода на длине волны 532 нм, которая оказалась равным $\sigma_a = (1{,}9 \pm 0{,}4)\ 10^{-18}$ см^2 в удовлетворительном согласии с данными [3] – $4{,}6 \cdot 10^{-18}$ см^2.

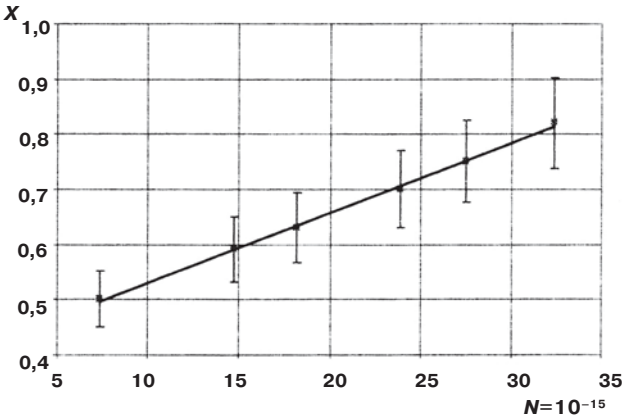

Рис. 2. График зависимости ДП-коэффициента *X* от концентрации молекул йода N_a в единицах 10^{15} см$^{-3}$ для расстояния зондирования 4 м

Таким образом, измеренное сечение поглощения молекул йода на длине волны 532 нм в диапазоне концентраций от $7{,}42 \cdot 10^{15}$ см$^{-3}$ до $3{,}24 \cdot 10^{16}$ см$^{-3}$ можно использовать для дистанционных измерениях концентраций молекулярного йода в атмосфере или технологических газах.

Измеренное сечение резонансного поглощения молекулярного йода можно применить для компьютерного моделирования режимов работы лидара дифференциального поглощения и рассеяния для зондирования молекулярного йода в атмосфере с целью выбора оптимального варианта лидара, и в первую очередь длин волн и мощностей лазерного излучения. Для этого было выполнено численное решение уравнения лазерного зондирования для дифференциального поглощения и рассеяния [3, 10, 15]. В режиме ночного зондирования, т.е. без фоновой засветки, эффективно применение [10, 17]: YAG: Nd лазера со второй гармоникой 532 нм или лазера на парах меди с длинами волн 510,6 и 578,2 нм, потому что все эти три линии попадают в полосу резонансного поглощения исследуемых молекул I_2 [18]. Результаты расчетов для молекулы I_2 и второй гармоники YAG: Nd лазера позволяют получить, что для расстояния зондирования 10 м диапазон обнаруживаемых концентраций

молекул йода составляет 10^7–10^{14} см$^{-3}$, для расстояния 100 м – 10^6–10^{13} см$^{-3}$, для 1 км – 10^5–10^{12} см$^{-3}$, а для расстояния 5 км – 10^5–10^8 см$^{-3}$. В режиме дневного зондирования с учетом солнечной засветки лидаром дифференциального поглощения и рассеяния можно измерить концентрацию молекулярного йода в атмосфере на этих длинах волн лазерного излучения в диапазоне концентраций 10^5–10^{14} см$^{-3}$ на трассе до 5 км.

7. Аэрозольный лидар

В основе работы аэрозольного лидара [5] лежит рассеяние Ми в направлении назад частицами аэрозоля в воздушном потоке, подробно рассмотренное в [3, 4, 20]. Под рассеянием света понимается изменение характеристик потока лазерного излучения при его взаимодействии с веществом. Этими характеристиками могут быть пространственное распределение интенсивности, частотный спектр и поляризация света. На аэрозольных частицах наблюдается упругое рассеяние света без изменения частоты или длины волны падающего излучения [3, 5]. Многие характерные особенности рассеяния света частицами удается проследить в рамках строгой теории, разработанной для сферических частиц английским ученым А. Лявом (1889 г.) и немецким ученым Г. Ми (1908 г., теория Ми) [20]. Рассеяние света частицами обычно рассматривают на основе законов геометрической оптики с учетом интерференции лучей, отраженных и преломленных на поверхностях частиц. Именно рассеяние света на крупных частицах обуславливает ореолы, радуги, гало и другие явления, происходящие в аэрозольных средах – туманах и облаках.

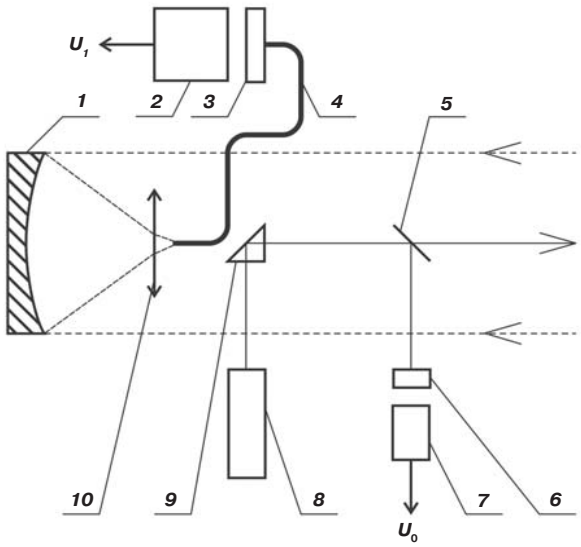

Рис. 3. Оптическая схема аэрозольного лидара:

1 – сферическое зеркало; ***2*** – ФЭУ; ***3, 6*** – интерференционные светофильтры; ***4*** – световод; ***5*** – стеклянная пластина; ***7*** – фотодиод; ***8*** – лазер; ***9*** – призма, ***10*** – линзовый объектив

Оптическая схема аэрозольного лидара приведена на рис. 3. Оптимальным для такого лидара является лазерное излучение на второй гармонике АИГ: Nd лазера ***8*** с энергией импульсов до 50 мДж длительностью 10 нс на длине волны 532 нм. Лидар состоит из поворотной призмы ***9***, фотоприемника ***2***, спектроанализатора ***3*** и приемного телескопа ***1***. Измерительная система лидара включает в себя плату сбора данных с персонального компьютера (ПК). Лазерное излучение призмой ***9*** направляется вдоль оси приемного телескопа ***1***. Для контроля энергии лазерного импульса часть излучения стеклянной пластиной ***5*** направляется на фотоприемник ***7*** через светофильтр.

Рассеянное аэрозолем излучение на той же длине волны собирается сферическим зеркалом ***1*** и линзой ***10*** в волоконный световод ***4***, которым оно направляется через нейтральный светофильтр для выбора динамического диапазона и интерференционный светофильтр ***3*** на фотоприемник ***1***.

Экспериментальные исследования зависимости интенсивности рассеяния на частицах цементного аэрозоля на длине волны 532 нм в диапазоне концентраций 10–1000 см$^{-3}$ были выполнены на этом лабораторном лидаре. Геометрическая функция лидара была выбрана в соответствии с [4, 5, 21]. Калибровочная константа определялась экспериментально путем измерения параметров лазерного импульса, отраженного от плоской мишени из молочного стекла МС-22, коэффициент диффузного отражения которого равен 0,5 [5]. Калибровка проводилась в лабораторных условиях на трассе длиной 8 м.

Рассеянное назад излучение собиралось приемным телескопом с зеркалом 0,4 м и регистрировалось ФЭУ-79 ***2***, сигнал с которого выводился на запоминающий осциллограф или через контроллер передавался в ПК. Спектроанализатором ***3*** служил интерференционный светофильтр на 532 нм с пропусканием в максимуме 64% и полушириной 2,4 нм. Воздушный поток частиц цементного аэрозоля создавался генератором частиц и непрерывно контролировался лазерным доплеровским анемометром [22]. Результаты измерений приведены на рис. 4.

Для проверки этих данных были выполнены расчеты по уравнению лазерного зондирования для упругого рассеяния на аэрозольных частицах [3, 5].

Результаты расчетов для реального цементного аэрозоля показали, что с увеличением расстояния сигнал рассеяния уменьшается на два порядка уже на первых 100 м и еще на три – на следующем километре. Обработка графика рис. 4 позволила

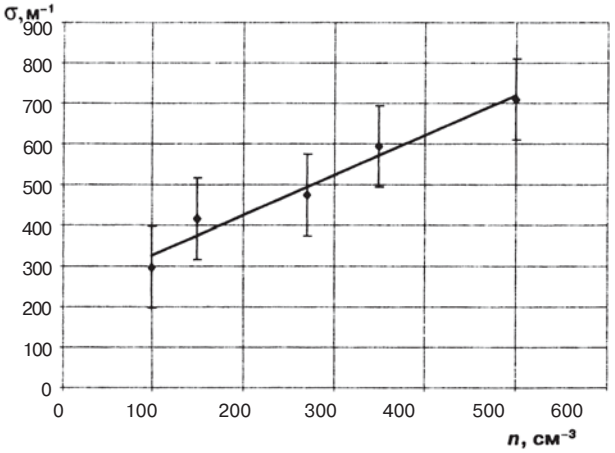

Рис. 4. График зависимости сечения рассеяния в направлении назад на частицах цементного аэрозоля на длине волны 532 нм

определить сечение рассеяния на единицу концентрации, равное $(3{,}2 \pm 0{,}5)\ 10^{-6}$ м$^{-1}$ [9].

Таким образом, полученная зависимость между счетной концентрацией частиц цементного аэрозоля и коэффициентом обратного рассеяния позволяет измерять эту концентрацию с помощью аэрозольного лидара.

8. Заключение

Анализ развития лазерных технологий свидетельствует о постоянном расширении сфер их применения и о мощном импульсе в научном познании, которое достигается использованием лазеров в различных областях.

Первое десятилетие XXI в. стало временем осознания глобальности экологических проблем и регулярных геофизических наблюдений на десятках лидарных станций в разных точках Земли за состоянием стратосферного аэрозоля и озона. Лидары ставят на исследовательские самолеты и космические аппараты для нахождения верхней границы облаков, измерения характеристик стратосферного аэрозоля, глобальной циркуляции атмосферы, изучения свойств перистой облачности, которая играет большую роль в поглощении и отражении излучения земной поверхности и, следовательно, во многом определяет погоду и климат.

В последние десятилетия создаются новые лидары на базе современных лазеров. Они не только позволяют повысить точность измерений, но и дают возможность измерять сразу несколько характеристик атмосферы. Проблема сегодняшнего дня – это использование возможностей лидарных измерительных технологий для мониторинга загрязняющих веществ в техносфере [23]: в атмосфере города, промышленного района, предприятия и на рабочих местах, что позволит нам управлять качеством окружающей среды и своевременно локализовать развитие многих природных и техногенных катастроф.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Список литературы

1. ***Maiman T.H.*** Nature / Maiman T.H. – 1960. – Vol. 87. – pp. 493–494.
2. Справочник по лазерам. Т. I и II / под ред. А.М. Прохорова. – М.: Советское Радио, 1978. – 504 с. и 512 с.
3. ***Межерис Р.*** Лазерное дистанционное зондирование / Р. Межерис. – М.: Мир, 1987. – 550 с.
4. ***Зуев В.Е.*** Лазерное зондирование индустриальных аэрозолей / В.Е. Зуев [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1986. – 186 с.
5. ***Привалов В.Е.*** Параметры лидаров для дистанционного зондирования газовых молекул и аэрозоля в атмосфере / В.Е. Привалов, В.Г. Шеманин. – СПб.: Балтийский ГТУ «ВОЕНМЕХ», 2001. – 56 с.
6. ***Fiocco G.*** Nature / Fiocco G., Smullin L.D. – 1963. – Vol. 199. – pp. 1275–1276.
7. ***Дьяченко В.В.*** Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа / В.В. Дьяченко. – Ростов-н/Д: Комплекс, 2004. – 268 с.
8. ***Приваленко В.В.*** Техногенная геохимия и биогеохимия городов Нижнего Дона: дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Приваленко. – М, 1995.
9. ***Привалов В.Е.*** Письма в Журнал технической физики /В.Е. Привалов, В.Г. Шеманин. – М., 2001.
10. ***Воронина Э.И.*** Лазерные приборы контроля радиоактивного загрязнения воздуха / Э.И. Воронина [и др.]. – Новороссийск: НПИ, 2009. – 57 с.
11. ***Воронина Э.И.*** Лазерные приборы дистанционного зондирования молекул загрязняющих веществ в атмосфере / Э.И. Воронина [и др.] – Новороссийск: НПИ, 2009. – 115 с.
12. ***Привалов В.Е.*** Оптика и спектроскопия / В.Е. Привалов, В.Г. Шеманин. – М., 1997.
13. ***Inaba H.*** Opto-Electronics / H. Inaba, T. Kobayasi. – 1972. – Vol. 4. – No. 2. – pp. 101–123.
14. Лазерный контроль атмосферы /под ред.Э. Хинкли. – М.: Мир, 1979. – 546 с.
15. ***Зуев В.В.*** Оптика атмосферы и океана / В.В. Зуев [и др.]. – М., 1995.
16. ***Воронина Э.И.*** Оптика и спектроскопия / Э.И. Воронина [и др.]. – М., 2002.
17. ***Привалов В.Е.*** Оптика атмосферы и океана / В.Е. Привалов, В.Г. Шеманин. – М., 1998.
18. ***Миронов А.В.*** Оптика и спектроскопия / А.В. Миронов [и др.]. – М., 1996.
19. ***Большаков А.А.*** Журнал прикладной спектроскопии / А.А. Большаков [и др.]. – М., 1989.
20. ***Ван де Хюлст Г.*** Рассеяние света малыми частицами / Г. Ван де Хюлст. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. – 535 с.
21. ***Рейган Дж.*** ТИИЭР / Дж. Рейган [и др.] – 1989. – Т. 77. – № 3. – С. 114–130.
22. ***Коккоз А.Ф.*** Приборы и техника эксперимента / А.Ф. Коккоз [и др.]. – М., 1990.
23. ***Воронина Э.И.*** Мониторинг фторводорода в атмосфере методами лазерного зондирования / Э.И. Воронина [и др.]. – Безопасность в техносфере. – 2008. – № 3. – С. 35. – М., 2009.

УДК 628.517.2

ОБЗОР НОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ШУМОВОЙ ДОВОДКИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

REVIEW OF THE NEW TRENDS OF DEBUGGING NOISE IN LIGHT MOTOR VEHICLES

Р.Н. Старобинский, *директор,профессор, д-р техн. наук,*
Консалтинг-бюро «Prof. R. Starobinski. Silencers. Consulting and engineering», г. Гамбург, Германия,
И.В. Малкин, *аспирант,*
А.В. Краснов, *доцент,*
С.А. Рябикин, *аспирант,*
А.Г. Назаров, *студент,*
Тольяттинский государственный университет

R.N. Starobinsky, *Director, Professor, Doctor of Technical Sciences,*
of Consulting-bureau бюро «Prof. R.Starobinski. Silencers. Consulting and engineering», Hamburg, Germany,
I.V. Malkin, *aspirant,*
A.V. Krasnov, *Assistant Professor*
S.A. Ryabikin, *aspirant,*
A.G. Nazarov, *student,*
The Tolyatti State University

e-mail: rudolf starobinski@freenet.de

Рассмотрены технические устройства для создания «информативного» звука в салоне автомобиля. Показано, что одним из перспективных методов его генерации является дозированная передача звуковых колебаний от системы впуска двигателя в салон. Рассмотрены акусто-механические устройства для реализации метода, тенденции и перспективы их развития.

The technical devices for creating "informative" sound in the car cabin are considered. It is shown, that one of the perspective method of its generation is the metered transfer of sound oscillations from the engine intake system into the cabin. Considered are the acoustic-mechanical devices for implementing the method, trends and perspectives of their development.

Ключевые слова: шум (noise), комфорт (comfort), автомобиль (auto), салон (cabin), система впуска (engine intake system), система выпуска отработавших газов (exhaust system), «импрессор» (impresser), безопасность (safety)

1. Введение

Вредное воздействие шума – одна из широко распространенных экологических проблем. Доминирующим источником акустического загрязнения окружающей среды на селитебных территориях городов и крупных населенных пунктов являются автомобили как самый массовый и распространенный вид транспорта.

Кроме проблемы негативного влияния шума на здоровье человека, также обнаружено существенное влияние тональности и динамики звука как на адекватное восприятие водителем транспортного средства в потоке движения, так и на безопасность вождения автомобиля. Покупатели, как правило, хотят видеть транспортные средства, характер шума которых соответствует типу транспортного средства и их восприятию его. Для многих клиентов «акустический имидж» и звуковой комфорт представляют серьезный мотив для покупки. Удовольствие от езды должно повышаться в будущем совершенствованием внутренней акустики транспортного средства, созданием специфического, неповторимого характера звука, типичного для выбираемой марки транспортного средства и удовлетворяющего личным ожиданиям клиентов.

С 1990 гг. западноевропейская автомобильная промышленность активно занимается поиском различных методов и технических возможностей для оформления характера звука автомобилей. И если в 1990-х гг. такие работы проводились больше в рамках работ на завершающей стадии доводки серий ного транспортного средства, то в 2000-х гг. такой

подход оказывается уже недостаточным в связи с резким сокращением времени постановки на производство новых моделей. Все более короткие периоды доводки с небольшим количеством прототипов при возрастающем использовании техник имитации настоятельно требуют последовательного переноса акустического проектирования в раннюю фазу процесса проектирования транспортного средства.

В последние годы достигнут большой прогресс в снижении как внешнего, так и внутреннего шума транспортных средств. Достаточно сказать, что нормативные требования к внешнему шуму автомобиля ужесточились в Европе за 15 лет в 10 раз – с 84 дБ (А) (1980 г.) до 74 дБ (А) (1995 г.). Однако все более тихие транспортные средства могут быть потенциально опасными, если они не воспринимаются адекватно. Это типично, в частности, для «тихих» электрических транспортных средств или, например, для автомобиля, работающего на водородном топливе. Поэтому внешний шум, в частности, не должен быть очень низким и должен обеспечивать функцию оповещения пешеходов.

В отношении внутреннего пространства пассажиры ожидают, возможно, более тихого и приятного шума от высококачественных, комфортабельных автомобилей. При этом уровень звука должен подниматься пропорционально числу оборотов, он должен быть свободен от резонансов, без тональных составляющих. Свободные от стресса поездки по автобану с возможностью безмятежной беседы в салоне – это неотъемлемые комфортные права клиентов. С другой стороны, шум двигателя содержит сведения, которые принимаются водителем скорее неосознанно, обрабатываются и поддерживают его при движении транспортного средства (подсознательная, поступающая от звукового сигнала информация о числе оборотов мотора, о его ускорении и нагрузке). Поэтому слишком сильное снижение шума в салоне, принимая во внимание его информационную ценность, оказывается уже нерациональным. При «полной тишине» в салоне водитель не получает информации о работе двигателя – ни о его скоростном режиме, ни об ускорении. Зрительная информация о приближении к впереди идущему автомобилю поступает слишком поздно и зачастую уже не может предотвратить наезда и аварии.

Многочисленные попытки создать звуковую информацию о работе двигателя при помощи «искусственного звука», сила и спектр которого зависели бы от режима работы двигателя при помощи акустических динамиков, устанавливаемых в салоне и управляемых сложными вычислительными комплексами, были предприняты ведущими автомобильными фирмами Европы в 1990-х гг. Они не увенчались успехом, т.к. и водитель, и пассажиры воспринимали синтезированный звук как искусственный и психологически не воспринимали его как сигнал от двигателя, требующий мгновенной и незамедлительной реакции.

Решение этой проблемы потребовало «доставки» естественных звуковых и вибрационных сигналов, идущих непосредственно от двигателя и его систем. Одним из перспективных направлений, широко исследуемых зарубежными автопроизводителями, является дозированная передача в салон корректированных сигналов от газодинамических систем по искусственным акустическим и механическим каналам. В качестве источника полезного сигнала используются обычно звуковые колебания в патрубках систем газообмена двигателя. Работы в этой области начали проводиться в конце 1990-х гг. как автомобильными фирмами, выпускающими легковые автомобили премьер-класса (Daimler AG, BMW), так и фирмами – поставщиками комплектующих (Mahle Filtersysteme GmbH, Mann&Hummel AG, Woco GmbH). В России, по сведениям авторов, такие работы широко не проводились. Ниже приведен краткий обзор последних опубликованных работ в этой области. Цель обзора – привлечь внимание российских автопроизводителей к проблеме качества звука и познакомить их с некоторыми путями и устройствами для его улучшения.

2. Устройства, использующие сигналы от системы впуска двигателя внутреннего сгорания

Принципиальная схема устройства – «импрессора» (Impressor [1]), использующего колебания давления в системе впуска двигателя для создания «желаемого» звука в салоне, представлена на рис. 1.

Работает одномембранный «импрессор» (рис. 2а) следующим образом: колебания давления (p_a) во впускной трубе (***a***) возбуждают звуковые колебания (p_b) во входной камере импрессора (***b***), которые,

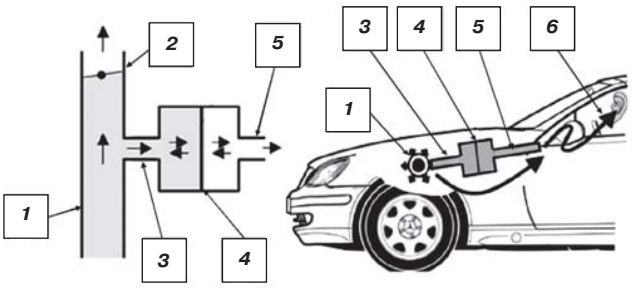

Рис. 1. Принципиальная схема передачи звука «импрессором» в салон автомобиля [1]:

1 – патрубок системы впуска; ***2*** – дроссельная заслонка; ***3*** – входной канал «импрессора»; ***4*** – мембрана «импрессора»; ***5*** – выходной канал «импрессора»; ***6*** – салон автомобиля

в свою очередь, вызывают колебания ($\mathbf{v}_c$) мембраны (***c***) и, соответственно, давления в выходной камере (***d***). Из выходной камеры колебания давления передаются по выходной трубке (***7***) в пассажирское помещение автомобиля (***10***). Устройства, реализующие одномембранную схему с различным конструктивным исполнением воздушных и механических блоков (например, рис. 3) описаны в патентах фирм Daimler [2, 8, 38, 25], Woco [3], Mahle [4, 5, 6].

Звуковое давление в контрольной точке (***e***) определяется выражением (1):

$$p_e = T_{ba} \cdot Y_{cb} \cdot B_{fd} \cdot Z_{ef} \cdot p_a = Y_{fe} \cdot Z_{ef} \cdot p_a \qquad (1)$$

и зависит от передачи собственно «импрессором», включающим два акустических блока ($\boldsymbol{T}_{ba}$ и $\boldsymbol{B}_{fd}$) и механический блок $\mathbf{Y}_{cb}$ (рис. 2б)

$$Y_{fe} = q_f \,/\, p_a = T_{ba} \cdot Y_{cb} \cdot B_{fd}, \qquad (2)$$

и передаточной функции салона $\boldsymbol{Z}_{ef}$, определяемой обычно экспериментально [15].

Задачей акустического проектирования собственно «импрессора» является синтез его переходной проводимости ($\boldsymbol{Y}_{fe}$), обеспечивающей генерацию необходимого «полезного» звука в салоне ($\boldsymbol{p}_e$). В частности, она должна обеспечивать необходимые уровни звукового давления в контрольной точке в достаточно широкой полосе частот вблизи частоты основной гармоники двигателя. Типичные зависимости переходной проводимости $\boldsymbol{Y}_{fe}$ от частоты приведены на рис. 4 [15]. Широкополосность

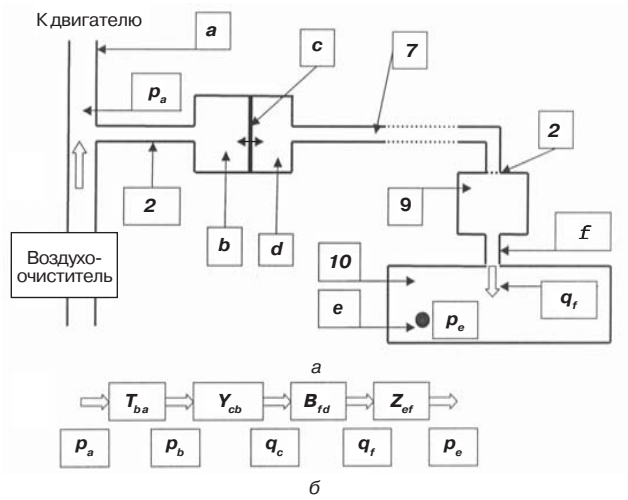

Рис. 2. Принципиальная схема работы «импрессора»:
a – схема «импрессора» по патенту Daimler DE 10042012 (вариант);
b – блок-схема передачи звука в салон:

a – патрубок системы впуска; ***2*** – входной канал «импрессора»; ***b***, ***d*** – камеры «импрессора»; ***c*** – мембрана; ***7*** – выходной канал «импрессора»; ***4*** – сопротивление; ***9*** и ***f*** – камера и патрубок резонатора; ***10*** – салон; ***e*** – контрольная точка в салоне автомобиля; $T_{ba} = p_b / p_a$; $Y_{cb} = q_c / p_b$; $B_{fd} = q_f / q_c$; $Z_{ef} = p_e / q_f$ – передаточные функции элементов системы; p_b, p_a, p_e – звуковые давления в соответствующих точках; q_f , q_c – колебательные объемные расходы на выходе «импрессора» (***f***) и у мембраны (***c***)

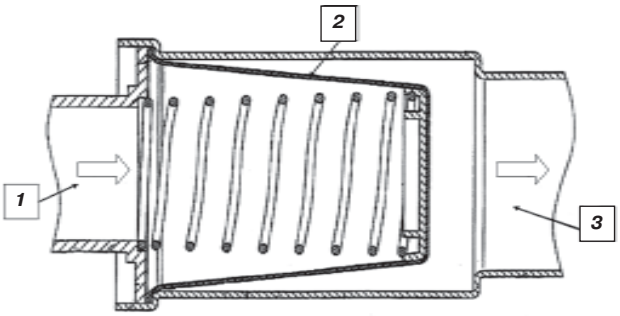

Рис. 3. Мембранный блок по патенту Woco US2008135330:

1 – входной канал «импрессора»; ***2*** – мембрана «импрессора»; ***3*** – выходной канал «импрессора»

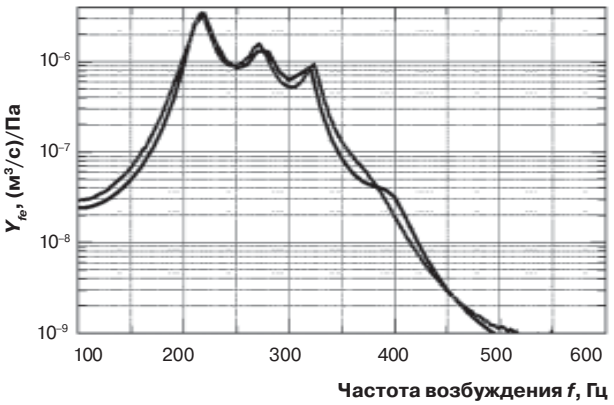

Рис. 4. График типичных зависимостей переходной проводимости «импрессора» от частоты *f* возбуждения [15]

достигается использованием связанных колебательных контуров во входном и выходном воздушных блоках и в механическом блоке.

Для увеличения передачи звука в салон используются различные способы усиления звука, включая механическое возбуждение передней стенки салона – панели щитка передка (патент Nissan Motor Company Limited [7], патенты Daimler AG [8, 38]) и дополнительные резонансные системы [9, 2]. Для повышения эффективности «доставки звука» используются также резонансные свойства моторного отсека и распределений звукового поля в нем. Для этого пространство моторного отсека рассматривается как объект системы передачи звука и, в частности, используется корректировка его звукопередающих свойств (патенты Mahle [10] и Nissan [11]).

Дополнительные технические проблемы возникают при использовании «импрессора» для двигателей с турбонаддувом. Для таких двигателей входное давление для импрессора отбирается после компрессора, в зоне повышенного статического давления. При этом на мембрану импрессора действует и статическое, и динамическое давления. Для обеспечения необходимых динамических свойств мембрана должна быть легко деформируемой

и обладать малой жесткостью. Под действием статического давления, превосходящего динамическое давление на несколько порядков, такие очень мягкие мембраны сильно деформируются, теряют свои динамические характеристики, рвутся. Для обеспечения различных статических и динамических жесткостей (большой статической и малой динамической) в ряде конструкций фирмой Mahle использованы достаточно жесткие резонансные мембраны, настроенные на частоты необходимого максимума передачи [12].

В ряде конструкций фирмы Daimler [13, 14, 29, 18] противоречие между требованиями к статической и динамической жесткостям устраняется механическим разделением зон избыточного и атмосферного давления (рис. 5). Статические давления в камерах с избыточным давлением (***2–3***) выравниваются через узкий дросселирующий канал (***7***). Колебания актуальных частот через канал (***7***) практически не передаются. Работает устройство следующим образом: колебания давления во впускной трубе (***1***) возбуждают звуковые колебания во входной камере «импрессора» (***2***), которые, в свою очередь, вызывают колебания поршневой мембраны (***8***). При помощи штока (***10***) эти колебания механически передаются мембране (***9***) и далее уже воздушным путем в камеру (***5***) и в выходную трубу (***6***). Механический блок в рассматриваемой конструкции содержит уже две мембраны, связанные одна с входным воздушным блоком, другая – с выходным. Кроме мембран (***7*** и 8) и элемента механической связи (штока ***10***) блок содержит элементы упругой подвески мембран и уплотнения. Особенно капризны уплотнения (***11***) в разделительной перегородке (***12***), которые должны обеспечить необходимую подвижность штока под действием малых акустических сил на фоне значительных

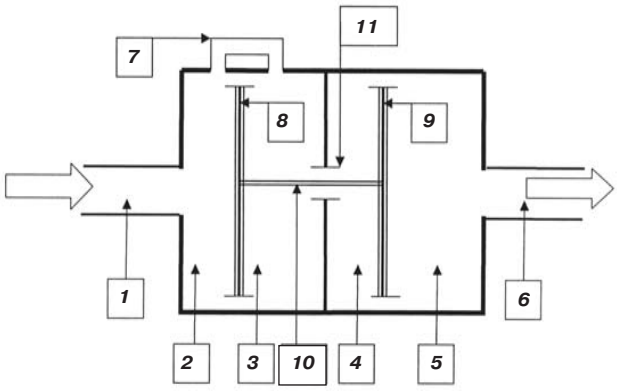

Рис. 5. Принципиальная схема «импрессора» с разгруженной мембраной по патенту DE 10212257 [13] (вариант):

1 – входной канал; ***2, 3*** – камеры входного (нагруженного) блока; ***4, 5*** – камеры выходного контура; ***6*** – выходной канал; ***7*** – дросселирующий канал; ***8, 9*** – колеблющиеся поршневые мембраны; ***10*** – шток; ***11*** – подвижное уплотнение

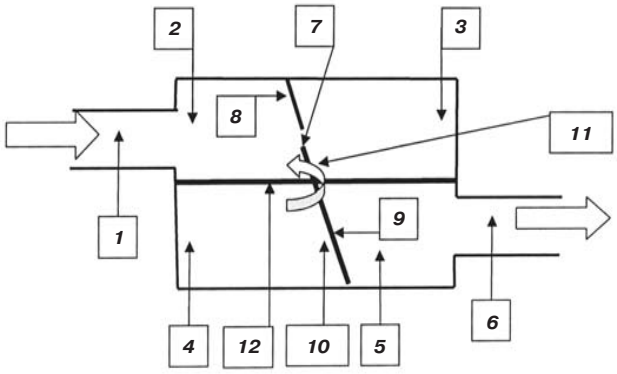

Рис. 6. Принципиальная схема «импрессора» с качающейся весельной перегородкой по патенту DE10212257 [13] (вариант):

1 – входной канал; ***2, 3*** – камеры входного (нагруженного) контура; ***4, 5*** – камеры выходного контура; ***6*** – выходной канал; ***7*** – дросселирующее отверстие; ***8, 9*** – колеблющиеся-качающиеся мембраны; ***10*** – весельный элемент; ***11*** – подвижное уплотнение; ***12*** – разделительная перегородка между воздушными блоками

перепадов статического давления между воздушными блоками. Кроме механической связи между мембранами, в патенте [13] рассматриваются также возможности использования гидравлической и электромагнитной связи.

В качестве варианта механической связи, обеспечивающей уменьшение акустических потерь на преодоление сил трения в уплотнении (***11***), в патенте [13] предложен «импрессор» с качающейся весельной перегородкой (рис. 6).

Статические давления в камерах входного контура (***2–3***), действующие на качающуюся «мембрану» (***10***), выравниваются через отверстие ***7*** [15]. Аналогичные принципы разделения нагруженного и ненагруженного воздушных контуров использованы в патентах Woco [16] , Mann & Hummel [17]. В патенте [13] представлен вариант импрессора (Simposer), разработанный совместно с фирмами Daimler , Mann &Hummel и Ford AG, используемый на автомобилях «Форд-Фокус» (производство Mann &Hummel GmbH).

В последних совместных конструкциях «импрессоров» фирм Daimler и Mann &Hummel [19–23] (2009 г.) реализованы алгоритмы авторегулирования передаточных функций импрессоров в зависимости от режима работы двигателя. Аналогичные идеи запатентованы фирмами Nissan и Mahle-Japan [24] и Daimler [25]. Для регулирования амплитуд субгармоник в спектре выходного сигнала и создания более «богатого» звука в «импрессорах» по патенту Daimler [29] предусмотрен отбор сигнала из отдельных патрубков коллектора (и впускного, и выпускного).

В ряде технических устройств предлагается непосредственно использовать колебания давления в воздухоочистителе для генерации «желаемого»

звука (патенты фирм Porsche [26] (рис. 7) и Daimler [27]). Основное достоинство таких устройств – отбор сигнала из зоны «неочищенного» воздуха и отсутствие необходимости в разделительных мембранах. Метод не нашел пока широкого применения в связи с низкими уровнями колебаний давления перед воздушным фильтром, но заслуживает внимания сочетание его с системами усиления звука в моторном отсеке.

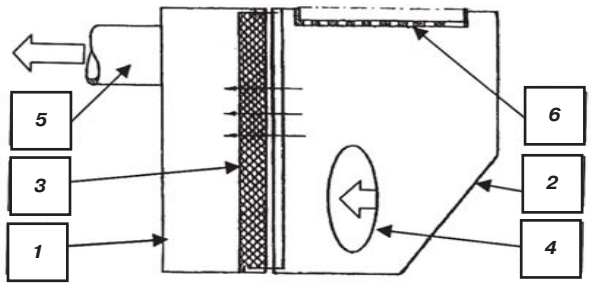

Рис. 7. Принципиальная схема воздухоочистителя по патенту Porsche AG US2004011011:

1, 2 – полукорпуса воздухоочистителя; ***3*** – фильтрующий элемент; ***4*** – входной патрубок; ***5*** – выходной патрубок; ***6*** – перфорированная стенка

3. Устройства, использующие сигналы от системы выпуска отработавших газов двигателя внутреннего сгорания

Достоинством отбора газа из системы выпуска отработавших газов являются высокие уровни звукового давления в патрубках, недостатком – высокие температуры газа, при которых сложно обеспечить достаточную надежность работы подвижных элементов «импрессора». Известны несколько конструктивных решений для «выхлопных импрессоров» (патенты Woco [28, рис. 8] и Daimler [29]). Однако, по указанным выше технологическим причинам, эти «импрессоры» в серийном производстве пока не используются.

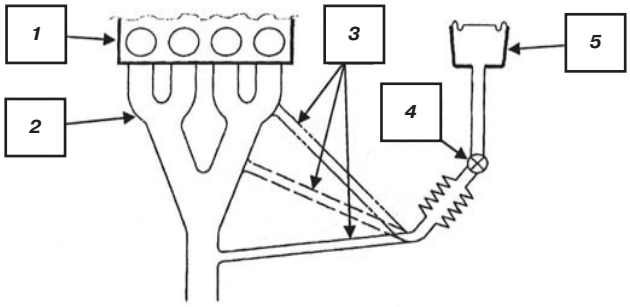

Рис. 8. Принципиальная схема «выхлопного импрессора» по патенту Woco EP1138887:

1 – двигатель внутреннего сгорания; ***2*** – система выпуска отработавших газов; ***3*** – отводящие каналы; ***4*** – клапан; ***5*** – преобразователь звука

Для создания «желаемого звука» в салоне могут быть использованы звуки, непосредственно излучаемые открытым срезом выхлопной трубы. В конструкциях по патенту Daimler [29] для излучения т.н. спортивного звука используются «звуковые мосты» между трубами коллектора, создающие «организованную асимметрию» системы. В дуальных выхлопных системах [30] для создания асимметрии или устанавливают неодинаковые глушители в ветвях дуальной системы, или используют расфазировку акустических сигналов, передающихся по ветвям системы в окружающую среду при помощи

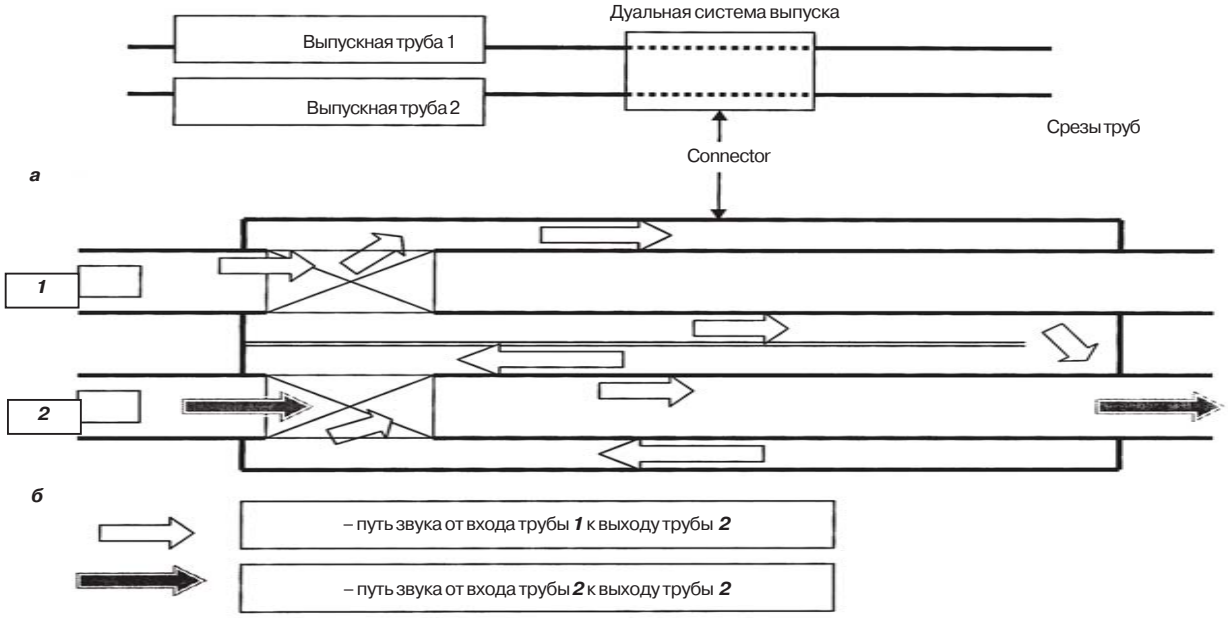

Рис. 9. Принципиальная схема технического устройства по патенту DE102007007946 [32] для создания расфазировки звуковых сигналов в дуальной системе выпуска отработавших газов:

а – схема расположения «коннектора» в системе выпуска отработавших газов; ***б*** – схема «коннектора»

специальных смесителей – «коннекторов» (патенты фирмы Daimler [31, 32], рис. 9). Метод расфазировки дает достаточно хорошие результаты для внешнего звука. Применительно к задачам создания «желаемого» звука в салоне определенным препятствием служит слабая и не всегда контролируемая передача звука выхлопа в салон, особенно в хорошо звукоизолированных салонах автомобилей высокого класса.

4. Устройства, использующие вибрацию двигателя на опорах

Для создания вибрационного ощущения, информирующего водителя о работе двигателя, может быть использована вибрация двигателя, передаваемая через опоры подвески двигателя на корпус автомобиля и далее через сиденья на тело водителя. Для этого, например, в гидравлические опоры вводят дополнительные элементы, обеспечивающие необходимые зависимости жесткости опоры от нагрузки и режима работы двигателя [1, 37]. Некоторые алгоритмы регулирования передаточных функций гидравлических опор реализованы, например, в конструкциях по патентам Daimler AG [33–36]. Метод находится в стадии изучения и испытаний.

5. Выводы

Проведенный анализ технических устройств дозированной передачи «информационного» звука от двигателя в салон автомобиля показал, что в настоящее время наиболее перспективным путем создания у водителя эффективной подсознательной информации о режиме работы двигателя является использование сигнала от колебаний звукового давления в патрубках системы впуска двигателя. Анализ патентных разработок в этой области за период 1990–2010 гг. показал перспективность и необходимость дополнительных исследований и поиска новых теоретических и конструктивных решений в областях:

а) синтеза воздушно-акустических и механо-акустических генераторов звука с полосами усиления в области основных гармоник и их субгармоник;

б) создания конструкций, нечувствительных к изменениям статического давления в системе впуска, с одной стороны, и с повышенной реакцией к колебаниям актуальных информационных частот – с другой;

в) синтеза механо-акустических систем («импрессоров») с регулируемыми характеристиками;

г) использования волновых резонансных свойств объемов моторного отсека для усиления и регулирования информативного сигнала.

Результаты работы могут быть востребованы предприятиями, научно-исследовательскими учреждениями, научно-образовательными центрами, занимающимися разработкой и производством автотранспортных средств с минимальным вредным шумовым воздействием на окружающую среду и на пассажиров, а также разработчиками легковых автомобилей класса люкс с повышенными требованиями к звуковому комфорту и безопасности их эксплуатации.

Научно-исследовательская работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-образовательные кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Список литературы

1. ***Hofmann M, Helber R.*** Konzept zur gezielten Beeinflussung des Gerдuschcharakters von Fahrzeugen // Fortschritte der Akustik, DAGA – Hamburg. – 2001.
2. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE10042012 B2 / R. Helber, M. Hofmann, H. Mьller, R. Starobinski; publ. 19.08.2004.
3. Sonic coupling between an intake tract or engine compartment and the interior of a motor vehicle: patent US2008135330 / Dr. Anton Wolf; publ. 12.06.2008.
4. Schallьbertragungsvorrichtung fьr ein Kraftfahrzeug: patent DE10114397 A1 / R. Hoffmann, K. Brodesser, U. Lindner; publ. 26.09.2002.
5. Sound transmission device for a motor vehicle: patent US6600408 / N. Walter, M Helget, T. Gokeler, H. Hoffmann, U. Lindne; publ. 29.06.2003.
6. Schallwandler fьr ein Kraftfahrzeug: patent EP1365120 / A. Enderich, L. Frцhlich; publ. 15.05.2003.
7. Vehicle Intake Sound Introducing Apparatus: patent EP 1870592 A2 / D. Ochi, N. Yamamoto, H. Matsouka; publ. 19.06.2007.
8. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE10223871 A1 / M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 11.12.2003.
9. Sound generator with structurally and acoustically coupled sound radiation panel and method for manufacturing the same: patent US2009057054 A1/ J. D. Kostun, M. D. Hellie, C. E. Shaw, A. C. Arruda, M. J. Styles; publ. 05.03. 2009.
10. Intake device of Internal Combustion Engine: patent US7448353 / M. Shinada, Y. Saito; publ. 11.11.2008.
11. Sound increase apparatus: patent EP1736349 A1 / Hiroyuki, A. Hiromichi, S. Akira, S. Masashi, S. Yuta; publ. 16.05.2006.
12. ***Enderich A., Brodesser K., Frцhlich L., Bender S.*** Sound-Engineering an aufgeladen Motoren // 26. Int. Wiener Motorensymposium 2005, Цsterreich.
13. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE10212257 B4 / M. Hofmann, R. Starobinski, H. Striebel; publ. 26.08.2004.
14. Device for establishing noise in a motor vehicle: patent US7188703 B2/ M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 13.03.2007.

15. ***Hofmann M.*** Konzept zur gezielten Beeinflussung des Gerдuschcharakters von Kraftfahrzeugen // Dissertation, Technischen Universitдt Darmstadt, 2003. – 140 p.
16. Schallwandlerkopf und diesen umfassenden Schallwandler, inbesondere fьr ein Kraftfahrzeug: patent DE10149169 C1 / A. Wolf, J. Hoffmann Josef, R. Stichter; publ. 12.12.2002.
17. Vorrichtung zur Ьbertragung von Brennkraftmaschinengerдuschen: patent EP1306829 A2 / H. Maurer, M. Alex, E. Vogel; publ. 25.10.2002.
18. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE102008009531 A1 / M. Alex, M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 20.08.2009.
19. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE102008009526 A1 / M. Alex, M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 20.08.2009.
20. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE102008009527 A1 / M. Alex, M. Hofmann, R .Starobinski; publ. 20.08.2009.
21. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE102008009528 A1 / M. Alex, M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 20.08.2009.
22. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE102008009530 A1 / M. Alex, M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 20.08.2009.
23. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE102008009534 A1 / M. Alex, M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 20.08.2009.
24. Intake air noise adjuster: patent US2009025672 A1 / T. Akimoto, I. Fukumoto, M. Shinada, T. Kawano; publ. 29.01.2009.
25. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent EP1507682 B1 / M.Hofmann, R.Starobinski; publ. 11.12.2003.
26. Air filter for an internal combustion engine: patent US2004011011 A1 / C. Eberhard, J. Winkel; publ. 22.01.2004.
27. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE10357017 A1/ M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 30.06.2005.
28. Schallwandler fьr Abgaspulsationen: patent EP1138887 A2 / A. Wolf ; publ. 29.03.2001.
29. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent US6932189 B2 / R. Helber, M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 23.08.2005.
30. ***Hetherington P., Hill W., Pan F., Snider B., Bradamante E., Cerrato-Jay G.*** Simulating Odd Fire V-10 Exhaust Noise for Sound Quality Evaluation // SAE Technical Papers Series, 1999 - 01-1652.
31. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent US7377359 B2 / M. Hofmann, S. Rossa, R. Starobinski; publ. 27.05.2008.
32. Mehrflutige Abgasanlage mit Ьbersprechstrecke: patent DE102007007946 A1 / M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 04.09.2008.
33. Vorrichtung zur Lagerung einer Brennkraftmaschine: patent DE102004043334 A1 / M. Hofmann, R. Starobinski, J. Troge; publ. 09.03.2006.
34. Vorrichtung zur Lagerung einer Brennkraftmaschine: patent DE102005025577 A1/ M. Hofmann, R. Starobinski, J. Troge; publ. 07.12.2006.
35. Motorlager: patent DE 102006003882 A1/ M. Hofmann, R. Starobinski, J. Troge; publ. 02.08.2007.
36. Motorlager mit hydraulischer Dдmpfung: patent DE102006058110 A1 / M.Hofmann, R. Starobinski, J. Troge; publ. 12.06.2008.
37. ***Troge J.*** Erarbeitung von Konzepten zur gezielten akustischen Abstimmung eines Motorlagers // Diplomarbeit, Technische Universitдt Dresden, 2004.
38. Vorrichtung zur Gerдuschgestaltung bei einem Kraftfahrzeug: patent DE102008 009533 A1 / M. Alex, M. Hofmann, R. Starobinski; publ. 20.08.2009.

Об аварийности на дорогах России в 2010 году

21 ноября 2010 г. весь мир отмечал скорбную дату – день памяти жертв дорожно-транспортных происшествий (ДТП). За 10 месяцев 2010 г. жертвами дорожных происшествий в нашей стране стали более 21 тыс. чел., в т.ч. 757 детей. «Можно много рассуждать о несовершенстве дорожной инфраструктуры и самих трасс, о пробелах в законодательстве, но главная причина ДТП из года в год не меняется. Она одна – грубое нарушение Правил дорожного движения», – заявил главный госавтоинспектор страны Виктор Кирьянов.

По его словам, более 85% от общего числа автоаварий случается по вине водителей. Чаще всего ДТП происходит в случае, если водители садятся за руль пьяными, превышают скорость, едут на запрещающий сигнал светофора, нарушают правила проезда перекрестков, выезжают на полосу встречного движения в местах, где это запрещено дорожной разметкой и знаками. «Особенно горько, что очень часто водители совершают нарушения преднамеренно, надеясь на извечное русское «авось». А результат один – страшные трагедии и загубленные человеческие жизни», – считает Кирьянов.

По статистике ГИБДД, с января по октябрь 2010 г. в России произошло 164 036 дорожно-транспортных происшествий (–2,6%), в результате которых погибло 21 328 чел. (–6,4% по сравнению с 2009 г.) , а 206 489 чел. (–2,6%) получили ранения. При этом более 10 тыс. ДТП (–6,1%) случилось по вине пьяных водителей. За указанный период также произошло 17 355 дорожных аварий с участием детей, в которых 757 детей (–4,7%) погибло, а 18 155 детей (+0,3%) получили ранения.

УДК 519.8:621.928.83

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ПЫЛИ У СТЕНКИ КОНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЦИКЛОНА

THE MATHEMATICAL MODEL OF THE MOTION OF A DUST PARTICLE NEAR THE FLARE SECTION WALL OF A CYCLONE

А.М. Гавриленков, *заведующий кафедрой, профессор, д-р техн. наук*
А.В. Некрасов, *доцент, канд. техн. наук,*
Д.В. Каргашилов, *аспирант,*
Воронежская государственная технологическая академия

AA.M. Gavrilenkov, *Head of the Department, Professor, Doctor of Technical Sciences,*
A.V. Nekrasov, *Assistant Professor, Candidate of Technical Sciences,*
D.V. Kargashilov, *aspirant,*
The Voronezh State Technological Academy

e-mail: obj@vgta.vrn.ru

Приведена система дифференциальных уравнений движения частицы пыли у стенки конической части циклона, позволяющая наряду с ранее полученными результатами сформировать математическую модель движения частицы пыли в циклоне.

The authors give a differential equation system describing the motion of a dust particle near the flare section wall of a cyclone. Considering the earlier results it allows to form a mathematical model of the motion of a dust particle in a cyclone.

Ключевые слова: циклон (cyclone), частица пыли (dust particle), математическая модель (mathematical model)

В настоящее время существуют различные математические модели, описывающие движение частицы в потоке воздуха в циклоне. При этом обычно делается допущение, что улавливаются все частицы, достигшие стенки циклона, и их дальнейшее движение не рассматривается. Однако это допущение в ряде случаев не подтверждается результатами экспериментальных исследований. Поэтому целесообразно рассмотреть движение пыли у стенки циклона. В [1] предложена математическая модель движения частицы пыли у стенки циклона в цилиндрической части. Для того чтобы получить полную модель движения частицы пыли в циклоне, построим математическую модель движения частицы пыли у стенки конической части циклона. При этом сделаем допущения, аналогичные принятым в [1].

Для описания движения частицы в конической части циклона удобно воспользоваться сферическими координатами $[r],[\theta],[\varphi]$ (рисунок). Соотношение между декартовыми и сферическими координатами задается уравнениями:

$$x = r\sin\theta\cos\varphi\ ;\ y = \rho r\sin\theta\sin\varphi\ ;\ z = r\cos\theta\ . \quad (1)$$

Воспользуемся известной методикой определения проекций вектора ускорения на оси криволинейных координат [2, 3, 4].

Проекции ускорения частицы на оси криволинейных координат могут быть представлены в виде:

$$W_{q_i} = \frac{1}{H_i}\left\{\frac{d}{dt}\left[\frac{\partial}{\partial \dot{q}_i}\left(\frac{v^2}{2}\right)\right] - \frac{\partial}{\partial q_i}\left(\frac{v^2}{2}\right)\right\}. \quad (2)$$

где $v^2 = \sum H_i^2 \dot{q}_i^2$ – квадрат скорости частицы ($H_i\dot{q}_i$ – проекции вектора скорости на оси криволинейных координат); q_i, $\dot{q}_i$ – соответственно криволинейные координаты и их производные по времени;

$$H_i = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial q_i}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial q_i}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial q_i}\right)^2}$$ – коэффициенты Ламе.

Воспользовавшись соотношениями (1), в результате получим коэффициенты Ламе:

$$\left.\begin{aligned} H_1 &= \sqrt{(\sin\theta\cos\varphi)^2 + (\sin\theta\sin\varphi)^2 + \cos^2\theta} = 1; \\ H_2 &= \sqrt{(r\cos\theta\cos\varphi)^2 + (r\cos\theta\sin\varphi)^2 + r^2\sin^2\theta} = r; \\ H_3 &= \sqrt{(r\sin\theta\sin\varphi)^2 + (r\sin\theta\cos\varphi)^2} = r\sin\theta, \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

квадрат скорости частицы

$$v^2 = \sum H_i^2 \dot{q}_i^2 = 1\cdot\dot{r}^2 + r^2\cdot\dot{\theta}^2 + r^2\sin^2\theta\cdot\varphi^2 = \\ = \dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2 + (r\varphi\sin\theta)^2, \quad (4)$$

и в результате подстановки (3) и (4) в (2) – проекции вектора ускорения на оси $[q_i]$ цилиндрической системы координат:

$$\left.\begin{aligned} W_r &= \frac{d}{dt}(\dot{r}) - \frac{1}{2}\left(2r\dot{\theta}^2 + 2r\dot{\varphi}^2\sin^2\theta\right) = \\ &= \ddot{r} - r\left(\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2\sin^2\theta\right); \\ W_\theta &= \frac{1}{r}\left[\frac{d}{dt}\left(r^2\dot{\theta}\right) - \frac{1}{2}\left(2r^2\dot{\varphi}^2\cos\theta\sin\theta\right)\right] = \\ &= r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} - r\dot{\varphi}^2\cos\theta\sin\theta; \\ W_\varphi &= \frac{1}{r\sin\theta}\left[\frac{d}{dt}\left(\dot{\varphi}r^2\sin^2\theta\right)\right] = \\ &= \varphi r\sin\theta + 2\dot{\varphi}\dot{r}\sin\theta + 2\dot{\varphi}\dot{\theta}r\cos\theta. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Найдем проекции сил на оси сферических координат (рисунок):

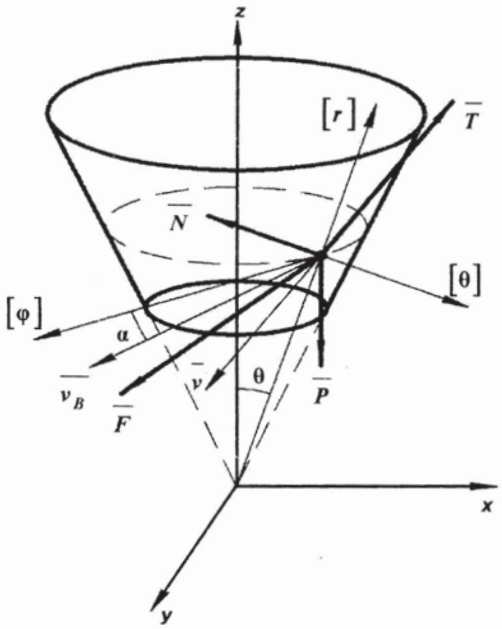

Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу пыли при движении у стенки в конической части циклона

Проекции силы тяжести P определяются половиной угла при вершине конуса θ:

$$P_r = mg\sin\theta;\ P_\theta = mg\sin\theta;\ P_\varphi = 0. \quad (6)$$

Реакция поверхности N направлена противоположно оси $[\theta]$.

Направляющие косинусы для вектора силы трения T принимают следующие значения:

$$\cos(\bar{T};\bar{k}_1) = -\frac{\dot{r}}{v};\ \cos(\bar{T};\bar{k}_2) = -\frac{r\dot{\theta}}{v}; \\ \cos(\bar{T};\bar{k}_3) = -\frac{r\dot{\varphi}\sin\theta}{v}. \quad (7)$$

Проекции вектора скорости воздушного потока на оси

$$v_{Br} = -v_B\sin\alpha;\ v_{B\theta} = 0;\ v_{B\varphi} = v_B\cos\alpha, \quad (8)$$

и в итоге проекции силы аэродинамического сопротивления воздуха

$$\left.\begin{aligned} F_r &= \mu(v_{Br} - v_r) = \mu(-v_B\sin\alpha - \dot{r}); \\ F_\theta &= \mu(v_{B\theta} - v_\theta) = \mu(0 - r\dot{\theta}) = -\mu r\dot{\theta}; \\ F_\varphi &= \mu(v_{B\varphi} - v_\varphi) = \mu(v_B\cos\alpha - r\dot{\varphi}\sin\theta). \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

После некоторых преобразований с учетом (8)–(9) дифференциальные уравнения движения частицы в конической зоне циклона имеют вид:

$$m\left(\ddot{r} - r\left(\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2\sin^2\theta\right)\right) = \\ = -mg\cos\theta - fN\frac{\dot{r}}{v} + \mu(-v_B\sin\alpha - \dot{r}); \quad (10)$$

$$m\left(r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta} - r\dot{\varphi}^2\cos\theta\sin\theta\right) = \\ = mg\sin\theta - N - fN\frac{r\dot{\theta}}{v} - \mu r\dot{\theta}; \quad (11)$$

$$m\left(\ddot{\varphi}r\sin\theta + 2\dot{\varphi}\dot{r}\sin\theta + 2\dot{\varphi}\dot{\theta}r\cos\theta\right) = \\ = -fN\frac{r\dot{\varphi}\sin\theta}{v} + \mu\left(v_B\cos\alpha - r\dot{\varphi}\sin\theta\right). \quad (12)$$

Для конической поверхности выполняется условие: $\theta = \text{const}$, $\dot{\theta} = \ddot{\theta} = 0$. Тогда после преобразований (10) – (12) получим:

$$N = m\sin\theta\left(g + r\dot{\varphi}^2\cos\theta\right); \quad (13)$$

$$\ddot{r} = -g\cos\theta - f\frac{N}{m}\frac{\dot{r}}{v} + \\ + \frac{\mu}{m}\left(-v_B\sin\alpha - \dot{r}\right) + r\varphi^2\sin^2\theta; \quad (14)$$

$$\ddot{\varphi} = -f\frac{N}{m}\frac{\dot{\varphi}}{v} + \frac{\mu}{m}\left(\frac{v_B\cos\alpha}{r\sin\theta} - \dot{\varphi}\right) - \frac{2}{r}\dot{r}\dot{\varphi}, \qquad (15)$$

где скорость частицы

$$v = \sqrt{\dot{r}^2 + \left(r\dot{\phi}\sin\theta\right)^2}.$$

При принятых допущениях уравнения (13) – (15) могут служить приближенной математической моделью движения частицы по стенке циклона в его конической части.

Совместно с ранее полученными зависимостями [1] для описания движения частицы пыли у стенки циклона в его цилиндрической части представленные уравнения дают полную математическую модель движения пылевых частиц в циклоне.

Список литературы

1. ***Гавриленков А.М.*** Математическая модель движения частицы пыли у стенки циклона / А.М. Гавриленков, А.В. Некрасов, Д.В. Каргашилов // Безопасность в техносфере. – 2009. – № 2. – С. 35–37.

2. ***Лойцянский Л.Г.*** Курс теоретической механики. В 2 т. Т. 1. Статика и кинематика / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1982. – 352 с.

3. ***Бутенин Н.В.*** Курс теоретической механики. В 2 т. Т. 1. Статика и кинематика / Н.В. Бутенин, Я.Л. Лунц, Д.Р. Меркин. – 4-е изд., исправл. – М.: Наука, 1985. – 240 с.

4. ***Авдеев Н.Е.*** Перспективные типы центробежных и гравитационных сепараторов. Теория и анализ конструкций // Н.Е. Авдеев [и др.]. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2005. – 637 с. (Сер. «Техника XXI века).

Объявлены имена 40 победителей конкурса на получение грантов ведущих ученых

29 октября Совет по грантам Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований определил имена 40 ученых – победителей открытого публичного конкурса на получение грантов Правительства России для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских вузах. «Конкурс был достаточно жестким, поступило 507 заявок. После детального обсуждения путем голосования был составлен рейтинг. Совет принял решение, что победителями будут признаны 40 ведущих ученых, заявки которых при рейтинговании набрали более половины голосов членов совета», – отметил председатель совета, министр образования и науки РФ А. Фурсенко. «Учитывая пожелания российских и зарубежных ученых, было принято решение о проведении второго конкурсного отбора, который будет объявлен в ближайшее время. Во втором конкурсе смогут принять участие и ученые, которые не подавали заявок на первый конкурс, и ученые, которые не вошли в число победителей», – подчеркнул А. Фурсенко.

К основным задачам научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских вузах, отнесены: создание в вузе исследовательской лаборатории международного класса; получение научных результатов мирового уровня; подготовка высококлассных специалистов; трансфер в экономику перспективных разработок.

Среди победителей 20 ученых имеют российское гражданство (из них 6 имеют двойное гражданство). Постоянно проживают в России 5 ученых. Среди зарубежных ученых 10 имеют гражданство США (из них 4 имеют двойное гражданство), 7 – граждане ФРГ.

Гранты выделяются в размере до 150 млн руб. каждый на проведение научных исследований в 2010–2012 гг. с возможным продлением проведения научных исследований на срок от 1 до 2 лет. Общий объем средств федерального бюджета, который получат победители первого конкурса, составит 5,33 млрд руб. (1,10 млрд руб. – в 2010 г., 2,33 млрд руб. – в 2011 г., 1,90 млрд руб. – в 2012 г.).

Участниками конкурса могли стать российские и иностранные ведущие ученые, занимающие лидирующие позиции в определенной области наук. В конкурсной документации нет ограничений по гражданству и стране постоянного проживания ведущего ученого. По условиям конкурса необходимо личное руководство лабораторией (т.е. с очным присутствием ведущего ученого в российском вузе) и проводимыми научными исследованиями не менее 4 месяцев в календарном году, начиная с 2011 г.

Со списком победителей первого конкурса, представляющим их вузом и областью науки, в которой работают победители, можно ознакомиться на сайте Минобрнауки России (http://mon.gov.ru/press/news/7876/).

УДК 351.821 : 331.103

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ ПО УСЛОВИЯМ ТРУДА

PROBLEMS OF ASSESSMENT OF WORKPLACES WITH RESPECT TO WORKING CONDITIONS

Е.Ю. Колесников, *директор, доцент, канд. физ.-мат. наук,*
Т.М. Колесникова, *доцент,*
Центр аттестации рабочих мест Марийского государственного технического университета, г. Йошкар-Ола

E.Yu. Kolesnikov, *Director, Assistant Professor, Candidate of Physics and Mathematics,*
T.M. Kolesnikova, *Assistant Professor, The Centre of assessment of workplaces at the Mariysky State Technical University,*
Yoshkar-Ola

e-mail: e.konik@list.ru

Рассматриваются метрологические проблемы, возникающие при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда. Показано, что метрологическое обоснование всей процедуры аттестации рабочих мест нуждается в серьезном совершенствовании. Имеются неточности и в понятийном аппарате.

The authors consider the metrological problems that arise during the assessment of workplaces with respect to working conditions. It is shown that the metrological validation of the whole procedure of the assessment of workplaces needs serious improvement. There is also inaccuracy in the conceptual framework.

Ключевые слова: аттестация рабочих мест (assessment of workplaces), метрологическое обеспечение (metrological assurance), методики выполнения измерений (procedures of measurements), неопределенность измерений (uncertainty in measurement)

1. Общие проблемы аттестации рабочих мест

За прошедшие с момента утверждения первого постановления Госкомтруда СССР об оценке условий труда [1] и приказа Минздрава СССР о гигиенической классификации труда [2] 20 лет в стране накоплен немалый опыт проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. В настоящее время в России работают тысячи аккредитованных испытательных лабораторий. Количество публикаций (научных статей и монографий), посвященных этой проблематике, исчисляется сотнями. Между тем, с учетом сложности, многоплановости, огромного разнообразия условий труда и трудовых усилий как объекта исследований и оценки некоторые аспекты этого вопроса требуют уточнения.

Главной проблемой, на наш взгляд, является неудовлетворительное метрологическое обеспечение всей процедуры аттестации рабочих мест по условиям труда в действующей нормативной документации. В основном это касается квалификации результатов измерений для определения класса условий труда. Вопрос приобретает особую важность в свете постановления Правительства РФ от 20.11.2008 г. № 870 [3]. Согласно этому документу предоставление работникам сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда должно осуществляться теперь не «по спискам», как прежде, а «по факту» – по итогам аттестации рабочих мест по условиям труда. Таким образом, нельзя исключать судебные перспективы решений о присвоении конкретному работнику по итогам аттестации рабочего места того или иного класса условий труда, поскольку это может означать, например, лишение его привычных (за много лет) льгот.

Это связано с недостаточной метрологической проработанностью вопроса. В приказе Минздравсоцразвития РФ [4] и в Руководстве Р 2.2.2006-05 [5] отсутствуют:

- требование о представлении результата измерения в виде доверительного интервала, состоящего из среднего значения и величины ее неопределенности;
- правила квалификации результата измерений в случае, когда гигиенический норматив входит в область доверительного интервала.

Вообще уместно отметить, что для рядового отечественного специалиста понятие «неопределенность измерения» является совершенно новым, поскольку только в 2001 г. в России начат процесс замены традиционного для нас понятия «погрешности измерения» на международное «неопределенность измерений» [6]. Учитывая инерционность мышления инженерной среды, на освоение нового понятия потребуется не один год.

Между тем, этот вопрос проработан существенно лучше, например, в области контроля радиационной безопасности пищевых продуктов [7]. Согласно этому документу, пищевой продукт квалифицируется в качестве *безусловно соответствующего* требованиям радиационной безопасности (по содержанию двух названных радионуклидов), если верхняя граница доверительного интервала результата измерений меньше гигиенического норматива удельной активности, и *безусловно не соответствующего* – если нижняя граница этого интервала превышает норматив удельной активности. В промежуточном случае рекомендуется провести дополнительные исследования.

На рубеже 80 – 90-х гг. прошлого века с учетом важности метрологического обеспечения всей процедуры аттестации рабочих мест, непосредственно связанной с измерениями, издательством стандартов были выпущены весьма полезные справочники:

- в 1988–1989 гг. – двухтомное справочное издание «Метрологическое обеспечение безопасности труда», подготовленное авторским коллективом под редакцией И.Х. Сологуба [8, 9];
- в 1990–1991 гг. – двухтомный справочник «Реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов» (метрологические аспекты), написанный авторским коллективом под редакцией В.В. Широкова [10, 11].

Полагаем, что к настоящему времени, учитывая накопленный за истекшие 20 лет научно-практический опыт, новые подходы в техническом регулировании [12], принятое решение о назначении льгот и доплат за условия труда по результатам аттестации рабочих мест [3], гармонизацию отечественных метрологических стандартов и руководств с международными, остро стоит вопрос о четком, всестороннем метрологическом обосновании всей процедуры аттестации рабочих мест по условиям труда.

2. Проблемы метрологического обеспечения аттестации рабочих мест

Одним из важных решений в этой связи было бы приведение всех действующих в области контроля вредных факторов на рабочих местах методик выполнения измерений (МВИ) после их обязательной метрологической переаттестации в систему с единообразным кодированием. В частности, важнейшим условием аттестации методики [13] было бы продуманное решение вопроса об оценке неопределенности результатов измерений. Дело в том, что имеющиеся на сегодняшний день в области измерения вредных производственных факторов МВИ представлены достаточно широким классом документов – это государственные стандарты, Санитарные правила, Методические указания по выполнению контроля (МУК) и другие. Унификация требований к МВИ с учетом современных метрологических подходов, единая кодификация МВИ существенно облегчили бы работу испытательных лабораторий.

Заметим еще, что оценка неопределенности измерений при контроле факторов рабочей среды (аттестации рабочих мест) имеет свои особенности и существенно отличается от оценки неопределенности при контроле образцов продукции – процесса, на который сориентирована бо́льшая часть принятых в последнее время метрологических стандартов и руководств, являющихся переводом на русский язык соответствующих международных документов, например [14, 15]. Это связано, в частности, с двумя обстоятельствами:

- большой величиной предела основной относительной погрешности применяемых средств измерений (составляющей, как правило, 10–20%) – «А»;
- существенной неоднородностью измеряемых параметров в реальных условиях, как во времени, так и в пространстве: например, согласно нашим измерениям, колебания искусственной освещенности в фиксированной точке рабочей поверхности за период времени 10 с достигает 10–12% при одновременном колебании электрического напряжения в сети около 3%; широко известна и пространственная неоднородность некоторых физических факторов, например, электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ – «В».

Таким образом:

первое – если квалифицировать измерения при контроле факторов рабочей среды и трудового процесса в качестве прямых многократных [16], то в представленных на аттестацию МВИ следует основательно проработать вопрос о минимальном количестве измерений в серии, соотношении неопределенностей типа А и В, расчете суммарной

и расширенной неопределенности результатов измерений;

второе – имеется острая потребность в подготовке и выпуске справочного издания, подобного выпущенным 20 лет назад справочникам [8–11], в котором метрологические аспекты аттестации рабочих мест по условиям труда были бы столь же строго и полно освещены с современных позиций.

3. Проблемы терминологии, понятийного аппарата и измерений освещённости

К проблеме метрологической обеспеченности всей процедуры аттестации рабочих мест по условиям труда примыкает вопрос терминологии, ее понятийного аппарата. Правильное, непротиворечивое толкование используемых понятий важно, например, хотя бы для профилактики нелепых ситуаций. Однако в области нормирования (и контроля) параметров световой среды существует досадная нелепость, которая кочует из одного нормативного документа в другой. Речь идет об определении понятия «контраст объекта различения с фоном»:

а) в СНиП 23-05-95 [17] читаем: «*Контраст объекта различения с фоном К определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона*». И добавлено: «*Контраст объекта различения с фоном считается: большим – при К более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости); средним – при К от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости); малым – при К менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости)*»;

б) идентичные определения понятия «контраст» даны в [18, 19].

Между тем, давно известно, что следует различать *прямой* и *обратный* контраст объекта различения с фоном. Прямым называется контраст различения ярких предметов на темном фоне (например, написанный мелом текст на темной классной доске). Обратный контраст характеризует гораздо более часто встречающуюся ситуацию рассматривания темных предметов на светлом фоне (например, книжной страницы). Нетрудно видеть, что процитированное определение из [17–19] годится **только для обратного** контраста.

В случае прямого контраста оно приводит к абсурдной ситуации, когда К может стать сколь угодно большой величиной, в пределе – бесконечностью (если яркость фона приблизится к 0)! Между тем, по смыслу параметр «контраст объекта различения с фоном» должен быть положительным числом в диапазоне 0–1. Данной нелепой ситуации можно избежать, если определение дать в следующей редакции: «*Контраст объекта различения с фоном К определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к наибольшей из этих величин*».

Хотелось бы остановиться еще на одной проблеме, часто возникающей при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда относительно оценки параметров световой среды, точнее – искусственной освещенности. Согласно п. 3.4.2 [18] измерения искусственной освещенности должны проводиться в темное время суток. Сразу отметим некорректность этого требования, поскольку в [18] понятие «темное время суток» не определено. В ГОСТ 24940-96 [20] этот вопрос метрологически проработан лучше: согласно п. 6.1.1 искусственное освещение следует измерять в темное время суток, когда естественная освещенность составляет не более 10% от искусственной. Аналогичную претензию можно высказать к требованию [20] не проводить измерения в области «сильных магнитных полей» (п. 6.1.3) – понятие «сильное магнитное поле» в данном стандарте также не пояснено.

С практической точки зрения, требование проведения измерений в темное время суток является, увы, зачастую трудновыполнимым. Речь идет о весенне-летнем периоде года, когда солнце заходит поздно. Существуют предприятия и организации, доступ в которые возможен исключительно в рабочие часы, т.е. до 17.00–17.30 по местному времени, когда естественная освещенность еще велика. И если на окнах помещений отсутствуют плотные шторы, замеры искусственной освещенности превращаются в серьезную проблему.

Конечно, теоретически можно перенести эти измерения на несколько месяцев, поближе к дню зимнего солнцестояния, на практике же это реализовать нелегко – не всякий заказчик захочет ждать результатов аттестации несколько месяцев. В качестве выхода из ситуации можно предложить следующее: на каждом из обследуемых рабочих мест замеряется совмещенная и естественная освещенность, после чего величина искусственной освещенности рассчитывается как произведение *дифференциальной освещенности* (равной разности между величинами совмещенной и естественной освещенности) на поправочный коэффициент, зависящий от ряда факторов: типа ламп, светильников, величины естественной освещенности и др.

Нами проведена небольшая серия пробных измерений в одном помещении, результаты которых показаны на графике (рисунок). На горизонтальной оси отложены значения естественной освещенности в лк, на вертикальной – величина коэффициента k, равного отношению дифференциальной освещенности к естественной:

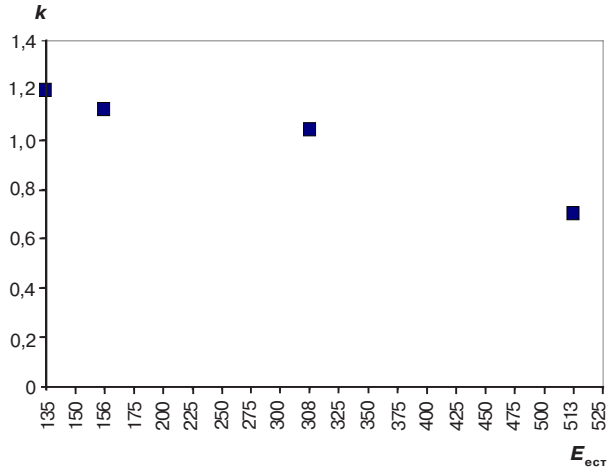

Рисунок. Зависимость коэффициента *k* от естественной освещенности

$$k = \frac{E_{совм} - E_{ест}}{E_{ест}}.$$

На рисунке хорошо заметна тенденция к убыванию отношения дифференциальной освещенности к естественной с ростом значения последней. Разумеется, полученные результаты носят весьма предварительный характер, они лишь демонстрируют принципиальную возможность использования подобного подхода. Наиболее правильным решением, на наш взгляд, было бы проведение одним из НИИ полноценных исследований с накоплением большого статистического материала для разных типов ламп, светильников, типов помещений, обоснованием на этой основе поправочных коэффициентов, на которые следует умножать разность между совмещенной и естественной освещенностью для получения величины искусственной освещенности и утверждения подобной МВИ в качестве нормативной.

4. Проблемы оформления карты аттестации рабочих мест

К сожалению, в приказе Минздравсоцразвития России № 569 [4] имеется неопределенность относительно строки 030, поскольку отсутствуют ясные указания о том, какой знак ставить в последнем столбце таблицы для факторов, которые не оценивались в ходе аттестации рабочих мест. На практике некоторые испытательные лаборатории ставят в этом случае прочерк, другие – 1 (1-й класс), ссылаясь на п. 4.2 Р 2.2.2006-05 [5], который гласит: «*Оптимальные нормативы факторов рабочей среды установлены для микроклиматических параметров и факторов трудовой нагрузки. Для других факторов за оптимальные условно принимают такие условия труда, при которых вредные факторы отсутствуют либо не превышают уровни, принятые в качестве безопасных для населения*».

Таким образом, при проведении аттестации рабочих мест, например в преподавательской вуза, можно уверенно утверждать, что такие факторы, как «биологический», «контактный ультразвук», отсутствуют, и на этом основании квалифицировать условия труда по этим факторам как оптимальные, присваивая класс 1. С другой стороны, заведомо утверждать (без проведения соответствующих измерений) об отсутствии ионизирующих или неионизирующих излучений в этой ситуации нельзя, поскольку всякое может быть (например, наличие мощных электромагнитных полей промышленной частоты из-за тока, протекающего в кабеле за стеной, или большой мощности эквивалентной дозы, обусловленной гамма-излучением стен).

Следовательно, необходимы уточнения на уровне нормативного документа, какие именно факторы производственной среды и трудового процесса подлежат обязательной оценке с присвоением класса условий труда, а какие факторы оцениваются факультативно, с учетом конкретных особенностей рабочего места. И если оценка не проводится, в соответствующей графе 030 таблицы ставится прочерк.

В заключение хотелось бы выразить надежду, что аттестация рабочих мест по условиям труда будет проведена на всех объектах экономики страны, условия труда людей будут объективно оценены и эти материалы послужат отличной основой для планирования мероприятий по созданию наиболее безопасных и благоприятных условий труда.

Список литературы

1. Об утверждении Типового положения об оценке условий труда на рабочих местах и порядке применения отраслевых перечней работ, на которых могут устанавливаться доплаты рабочим за условия труда. Постановление Госкомтруда СССР и ВЦСПС от 03.10.1986 г. № 387/22-78.

2. Об утверждении «Гигиенической классификации труда (по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса)». Приказ Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1986 г. № 4137-86.

3. Об установлении сокращенной продолжительности рабочего времени, ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, повышенной оплаты труда работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда. Постановление Правительства РФ от 20.11.2008 г. № 870.

4. Об утверждении Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития России от 31.08.2007 г. № 569.

5. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Р 2.2.2006-05. Утверждено главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005. Введено в действие с 01.11.2005.

6. РМГ 43-2001. ГСИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений». Введено в действие с 01.07.2003.

7. Радиационный контроль. Стронций-90 и цезий-137. Пищевые продукты. Отбор проб, анализ и гигиеническая оценка. Методические указания: МУК 2.6.1.1194-03. Утверждены главным государственным санитарным врачом РФ 20.02.2003. Введены в действие с 01.05.2003.

8. Метрологическое обеспечение безопасности труда: В 2 т. Т. 1. Измеряемые параметры физических опасных и вредных производственных факторов / колл. авт.; под ред. И.Х. Сологяна. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 240 с.

9. Метрологическое обеспечение безопасности труда: В 2 т. Т. 2. Измеряемые параметры химических, биологических и психофизиологических опасных и вредных производственных факторов / колл. авт.; под ред. И.Х. Сологяна. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 256 с.

10. Реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов (метрологические аспекты): справочник: В 2 т. Т. 1. Исследование состояния функциональных систем организма человека / колл. авт.; под ред. Б.В. Бирюкова. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 350 с.

11. Реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов (метрологические аспекты): справочник: В 2 т. Т. 2. Оценка реакции организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов / колл. авт.; под ред. Б.В. Бирюкова. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 367 с.

12. О техническом регулировании. Федеральный закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ.

13. ГОСТ Р 8.563-96 (2004). ГСИ. Методики выполнения измерений. Введен в действие с 01.07.1997.

14. Рекомендации по стандартизации. Статистические методы. Неопределенность при повторных измерениях и иерархических экспериментах: Р 50.1.062-2007. Введены в действие с 01.09.2008.

15. Рекомендации по метрологии. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений: Р 50.2.038-2004. Введены в действие с 01.01.2005.

16. ГОСТ 8.207-76 (2006). Межгосударственный стандарт. ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения. Введен в действие с 01.01.1977.

17. Естественное и искусственное освещение: СНиП 23-05-95. Утверждены Минстроем России. Введено в действие с 01.01.1996.

18. Оценка освещения рабочих мест: МУ 2.2.4.706-98/МУ ОТ РМ 01-98. Утверждено главным государственным санитарным врачом РФ и заместителем министра Минтруда РФ 16.06.1998. Введено в действие с 01.09.1998.

19. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий: СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Утверждены главным государственным санитарным врачом РФ 08.04.2003. Введены в действие с 15.06.2003.

20. ГОСТ 24940-96. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности. Введен в действие с 01.01.1997.

Дистанционное обучение по промышленной безопасности

Начиная с ноября 2010 г. Учебно-методический центр Группы компаний «Промышленная безопасность» предоставляет возможность участия в учебных группах по предаттестационной подготовке по вопросам промышленной безопасности руководителей и специалистов российских предприятий не только при очном посещении занятий, но и дистанционно, в режиме вебинара.

Что означает участие в учебных занятиях в режиме вебинара? В соответствии с планом работы учебного центра оформляется заявка на участие в выбранном курсе предаттестационной подготовки с пометкой «участие в режиме вебинара». После оплаты выставленного счета обучающаяся сторона получает по электронной почте пароль и ссылку на доступ к интернет-ресурсу, на котором будет осуществляться видеотрансляция докладов преподавателей. После доклада в режиме онлайн можно будет задавать вопросы докладчику. Независимо от формы участия обучаемые получают справку о прохождении предаттестационной подготовки по установленной в учебном центре форме.

Лекции по отраслевым направлениям будут проводиться при количестве поданных заявок на очную подготовку и подготовку в режиме вебинара не менее пяти.

Таким образом, участники вебинара получают знания от квалифицированных преподавателей в том же объеме, что и участники очного обучения, при этом экономят время и средства на дорогу. Единственное, что потребуется при дистанционном обучении, – это компьютер с быстрым каналом Интернет и звуковые колонки.

Участникам подготовки в режиме вебинара за неделю до даты семинара высылаются по почте диски самоподготовки по заявленным областям аттестации. По вопросам, утвержденным в Ростехнадзоре и размещенным на диске, слушатели самостоятельно могут проверить свои знания и изучить нормативные документы по выбранной теме подготовки. Более подробную информацию можно получить на сайте http://safety.ru/node/295.

УДК 504.06 : 537

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ УСТАНОВОК ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПЕРСОНАЛ

ELECTROMAGNETIC FIELDS OF INDUCTION HEATING SYSTEMS AND THEIR INFLUENCE ON OPERATING PERSONNEL

В.В. Гоман, *доцент,*
В.А. Прахт, *доцент,*
В.Н. Васендин, *заведующий кафедрой,*
Ф.Н. Сарапулов, *заведующий кафедрой,*
Уральский государственный технический университет (УПИ)

V.V. Goman, *Assistant Professor,*
V.A. Prakht, *Assistant Professor,*
V.N. Vassendin, *Head of the Department,*
F.N. Sarapulov, *Head of the Department,*
The Ural State Technical University – the Ural Polytechnic Institute

e-mail: vvg_electro@hotmail.com

В статье описаны результаты исследований электромагнитных полей установок индукционного нагрева. Показано, что уровни электромагнитных полей в производственных помещениях с установками индукционного нагрева превышают допустимые значения на значительных расстояниях.

The authors describe the results of the researches of the electromagnetic fields of the induction heating systems. It is shown, that the levels of electromagnetic fields in the industrial premises with the induction heating systems exceed the allowable values at considerable distances.

Ключевые слова: индукционный нагрев (induction heating), электромагнитное поле (electromagnetic field), электромагнитная совместимость (electromagnetic compatibility), электромагнитная обстановка (electromagnetic environment)

Долгие годы считалось, что электромагнитные поля (ЭМП) оказывают на организм лишь тепловое воздействие, а ЭМП имеющихся техногенных источников, особенно в области низких частот (прежде всего, промышленных частот 50 Гц), обладают слишком малой энергией, чтобы оказывать заметное влияние на человека. Однако уже в 50–60-х гг. XX в. учеными Ленинградского института гигиены труда и профзаболеваний, проводившими массовые обследования здоровья персонала, обслуживающего высоковольтные подстанции и некоторые другие мощные электроэнергетические установки, была установлена достаточно устойчивая корреляция между временем нахождения персонала в зоне действия электромагнитного поля и наличием ряда неврологических нарушений организма (головная боль, раздражительность, повышенная утомляемость), а также расстройством сердечно-сосудистой и пищеварительных систем [1]. В настоящее время считается установленным факт вредного воздействия на организм ЭМП даже незначительной интенсивности [2].

Многие специалисты считают медицински обоснованным предельно допустимым уровнем (ПДУ) магнитной индукции низкочастотных полей значение 0,2 мкТл [2]. В частности, в Швеции данное значение официально принято в качестве ПДУ. Также оно рекомендовано в качестве ПДУ Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

Магнитная индукция многих полей антропогенного происхождения превышает данное значение. При этом установлено, что при продолжительном облучении электромагнитными полями, превышающими 0,2–0,4 мкТл (несколько часов в день, особенно в ночные часы, в течение периода более года), весьма вероятно развитие онкологических заболеваний. Данный факт установлен в результате проведенных независимо друг от друга исследований специалистами разных стран (Швеция, США, Дания, Польша, Норвегия, Франция, Канада, Россия) для ЭМП источников в диапазоне до 3 кГц [2].

В СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях» в качестве предельного допустимого уровня указано значение 100 мкТл (для магнитного поля промышленной частоты при общем восьмичасовом воздействии). Для населения, согласно СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям», эта величина составляет 10 мкТл. При этом в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» для электромагнитных полей частот 5–2000 Гц, создаваемых ЭВМ, указана величина 250 нТл, соответствующая международным нормативам.

Вопросы воздействия на человека электромагнитных полей высоковольтных линий электропередачи, трансформаторных подстанций, распределительных устройств, кабельных линий и различного электрооборудования исследуются достаточно давно и подробно освещены в литературе, например [3, 4, 5]. В частности, еще в 70-х гг. XX в. для населения были введены жесткие нормативы по электрическим полям промышленной частоты, по настоящее время являющиеся одними из самых жестких в мире. Они изложены в СанПиН 2971-84 «Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты».

Однако отдельные виды электрооборудования требуют дополнительного исследования. Индукционные электротехнологические установки (ЭТУ) часто имеют высокую мощность, их принцип действия основан на создании интенсивного электромагнитного поля, а питание осуществляется от преобразователя частоты (генератора). Помимо этого, требуется компенсация реактивной мощности с помощью батареи конденсаторов. Все эти факторы обуславливают возможность значительного воздействия электромагнитных полей индукторов и других элементов ЭТУ на производственный персонал.

При оценке влияния на человека действующих ЭТУ целесообразнее произвести замеры уровней электромагнитных полей в пространстве возле установки и сравнить их с допустимыми значениями. Однако при проектировании ЭТУ такая возможность отсутствует, но возможно использование методов математического моделирования. Тем более, что для электромагнитного расчета установки при ее проектировании так или иначе используются различные математические модели. Их модернизация для оценки не только электромагнитных полей в пределах устройства, но и за его пределами (во внешнем пространстве) достаточно актуальна и при этом не требует значительного усложнения используемых моделей.

Фундаментальной математической моделью, используемой для моделирования практически всех макроскопических электромагнитных процессов, является хорошо известная система уравнений Максвелла, устанавливающая связь между компонентами электрического и магнитного полей, параметрами среды (удельной электрической проводимостью, магнитной и диэлектрической проницаемостями) и сторонними источниками электромагнитного поля [6].

Решение системы уравнений Максвелла в общем случае возможно только численными методами. В рассматриваемом случае электромагнитный расчет велся на основе метода конечных элементов через азимутальную составляющую вектора магнитного потенциала с использованием программы COMSOL Multiphysics. Программа COMSOL позволяет моделировать и рассчитывать на основе метода конечных элементов практически все физические процессы, которые описываются уравнениями в частных производных. Математическое моделирование и конечно-элементный анализ во многих приложениях позволяют сократить дорогостоящие и длительные циклы разработки «проектирование – изготовление – испытание» новых технологических установок, а также могут быть полезны при оптимизации конструкций и режимов работы уже эксплуатирующихся установок.

В качестве примера рассмотрим задачу расчета электромагнитных полей, возникающих на проектируемом участке индукционного нагрева. Параметры установки индукционного нагрева (УИН) движущихся цилиндрических заготовок задавались в соответствии с таблицей и соответствуют установке, работающей на одном из предприятий Нижнего Тагила.

На рис. 1 изображено расчетное распределение модуля магнитной индукции на расстоянии R от оси симметрии индукционной установки.

Таблица

Параметры УИН

Длина индуктора, мм	2542,5
Длина заготовки, мм	2529,4
Диаметр нагреваемой заготовки, мм	100
Число витков индуктора	45
Внутренний диаметр индуктора, мм	180
Действующее напряжение на зажимах индуктора, В	800
Частота питания, Гц	950
Активная мощность, подводимая к индуктору, кВт	630
Электрический коэффициент полезного действия	0,7499
Коэффициент мощности	0,1262
Средняя температура в заготовке, ° С	1000

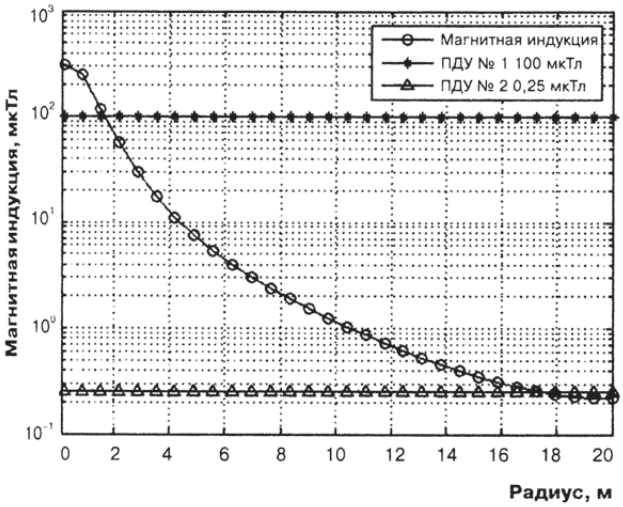

Рис. 1. Зависимость магнитной индукции от расстояния

Как видно из рис. 1, на расстоянии 1,75 м от индукционной установки модуль магнитной индукции равен 100 мкТл, на расстоянии 17,5 м модуль магнитной индукции равен 0,25 мкТл.

На рис. 2 изображен график распределения магнитной индукции (линии уровня) на производственном участке с УИН. Наличие других индукторов в линии индукционного нагрева, а также прочего оборудования (токоподводов, источника питания, компенсирующих реактивную мощность устройств) дополнительно усугубит ситуацию.

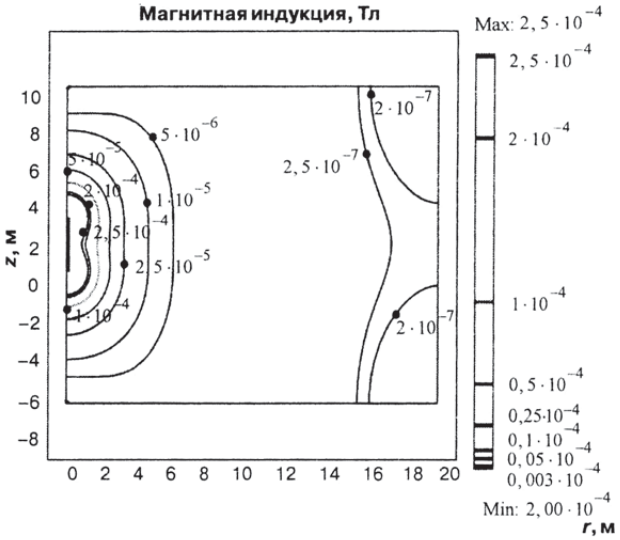

Рис. 2. Распределение магнитной индукции в пространстве

Следует также отметить существующую «проблему нормативов» ЭМП. В настоящее время различными нормативными документами для разных источников электромагнитного поля устанавливаются предельно допустимые уровни, отличающиеся на несколько порядков (250 нТл в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и 100 мкТл в СанПиН 2.2.4.1191-03). При этом первый ПДУ получен исходя из доказанного вредного влияния на организм человека и необходимости его устранения, а второй, по всей видимости, – исходя из технической возможности обеспечения данного ПДУ. Однако низкочастотные ЭМП различных источников имеют одинаковую природу и оказывают одинаково вредное влияние на организм человека. Поэтому оценку влияния на производственный персонал целесообразно производить с учетом ПДУ 250 нТл (или 200 нТл – согласно международным нормам).

Таким образом, при проектировании и эксплуатации УИН следует учитывать наличие повышенных уровней электромагнитных полей на значительных расстояниях (порядка десятков метров) и предусматривать соответствующие меры защиты производственного персонала.

Список литературы

1. Электромагнитные поля в биосфере / под ред. Н.В. Красногорской. – М.: Наука, 1984.
2. ***Григорьев О.А.*** Возможные отдаленные последствия воздействия электромагнитных полей на население / О.А. Григорьев [и др.] // Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России: серия докладов по политике в области охраны здоровья населения / под. ред. А.К. Демина. – М., 1997. – 91 с.
3. ***Довбыш В.Н.*** Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: монография / В.Н. Довбыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. – Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2009. – 198 с.
4. ***Григорьев О.А.*** Магнитное поле промышленной частоты в условиях непроизводственного воздействия: источники и методология инструментального контроля: сб. трудов / О.А. Григорьев, В.С. Петухов, А.В. Меркулов // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. – М.: РУДН, 2003. – С. 85–105.
5. ***Сподобаев Ю.М.*** Основы электромагнитной экологии / Ю.М. Сподобаев, В.П. Кубанов. – М.: Радио и связь, 2000. – 240 с.
6. ***Соловейчик Ю.Г.*** Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач: учеб. пособие / Ю.Г. Соловейчик, М.Э. Рояк, М.Г. Персова – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007 – 896 с.

УДК 630

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ БАЗА РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА ЛЕСНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

THE CONCEPTUAL BASIS OF THE RUSSIAN FOREST FIRE FORECASTING SYSTEM

Н.В. Барановский, *канд. физ.-мат. наук,*
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

N.V. Baranovsky, *Candidate of Physics and Mathematics,*
The National Research Tomsk Polytechnic University

e-mail: firedanger@yandex.ru

Сформулированы требования, которым должна удовлетворять современная система прогноза пожарной опасности для лесов бореальной зоны. Рассматривается концептуальная база для создания такой системы для территории РФ. Предлагается объединение подсистем сбора, хранения и обработки информации в единый аппаратно-программный комплекс. В качестве математического обеспечения предлагаются программные реализации детерминированно-вероятностной методики прогноза лесной пожарной опасности. Обсуждаются вопросы создания нового государственного стандарта на методику прогноза лесной пожарной опасности.

Formulated are the demands for the fire forecasting system for the forests of the boreal zone. The conceptual basis for creating such a system on the territory of the Russian Federation is considered. It is suggested that the sub-systems of data collection, storage and processing should be united into one hardware-software complex. The program realizations of the deterministic and stochastic methods for forest fire forecasting are offered as mathematical support. The author considers the issues connected with the creating of the new state standard for the methods of forest fire danger forecasting.

Ключевые слова: лесная пожарная опасность (forest fire danger), информационно-вычислительная система (information computation system), прогноз (forecast), аппаратно-программный комплекс (hardware-software complex)

1. Введение

Ежегодно лесные пожары в различных регионах РФ уничтожают государственный лесной фонд, загрязняют атмосферу и приводят к гибели людей и повреждению сельских населенных пунктов [1]. Возможны чрезвычайные ситуации, когда необходимо принимать решения в сжатые сроки (от нескольких десятков минут до нескольких дней). Это тот временной интервал, когда трудно или невозможно осуществить оперативную консультацию со специалистами. В этом случае необходимую поддержку в принятии решения в условиях ограниченных ресурсов (прежде всего временных ограничений) могут оказать компьютерные системы [2]. С целью минимизации экологического, экономического ущерба, числа жертв, а также рационального использования средств на охрану лесов от пожаров следует осуществлять прогноз лесной пожарной опасности. Для решения указанных задач в различных странах мира разработаны индексы и системы оценки пожарной опасности в лесах (например, в Канаде [3], США [4], Европе [5]). В РФ в ГОСТе [6] применяется критерий Нестерова [7]. Однако он физически несодержателен и не учитывает антропогенной нагрузки и грозовой активности.

Цель настоящей работы – создание концептуального проекта отечественной системы прогноза лесной пожарной опасности на базе детерминированно-вероятностного подхода.

2. Предпроектное исследование: обзор по теме работы

Министерство природных ресурсов Канады в настоящее время оперирует двумя национальными информационными системами для управления лесными пожарами [8]: канадская информационная система по лесным пожарам (Canadian Wildland Fire Information System – CWFIS) и система моделирования, мониторинга и картирования пожаров (Fire M3). Обе системы включают компоненты канадской системы оценки лесной пожарной опасности (Canadian Forest Fire Danger Rating System – CFFDRS) [3] и используют систему пространственного управления пожарами (Spatial Fire Management

System – sFMS) [8] для получения, моделирования, анализа и презентации данных. Метеорологические параметры с точечных источников измерений (сеть Канады и северной части США насчитывает около 900 метеорологических станций) интерполируются для получения пространственной детализации ячеек в 1 км.

Канадская система CFFDRS состоит из двух основных подсистем (модулей) – Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System [9] и Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System [8]. В рамках первой подсистемы FWI прогнозируется влагосодержание основных лесных горючих материалов (ЛГМ) в зависимости от погодных условий, а в рамках FBP – поведение очага пожара для различных лесных фитоценозов. Два других элемента (Accessory Fuel Moisture System и Canadian Forest Fire Occurrence Prediction (FOP) System) не разработаны для всей территории страны, но существуют региональные версии данных подсистем [8]. Первая предназначена для оценки влагосодержания второстепенных ЛГМ, а вторая – для предсказания возгораний от антропогенной нагрузки и грозовой активности. В последнее время для описания суточного изменения индекса пожарной опасности используется математический аппарат цепей Маркова [10].

Система sFMS разработана для поддержки принятия решений по ликвидации лесных пожаров [8] и может функционировать как самостоятельное приложение или интегрироваться в существующие информационные системы. sFMS преимущественно работает с текущей метеорологической информацией, чтобы подготовить дневные или почасовые карты пожарной опасности, поведения пожаров, вероятности зажигания. Система также используется с кратко- и долгосрочными климатическими прогнозами для предсказания влияния климатических изменений на уровень лесной пожарной опасности, выгоревшую площадь, потребление ЛГМ и эмиссию парниковых газов. Система может использоваться в различных масштабах (от локального до глобального) [8].

Мониторинговый компонент Fire M3 использует спутниковые данные NOAA (AVHRR – advanced very high-resolution radiometer) с пространственным разрешением 1 км для обнаружения активных лесных пожаров. Компонент картирования предназначен для оценки выгоревшей площади. Моделирующие компоненты интегрируют данные системы CWFIS для оценки условий пожарной погоды, лесной пожарной опасности и возможного поведения пожара [8].

Выходные данные канадской национальной системы доступны для заинтересованных лиц и организаций через Интернет (сайт Канадской лесной службы http://cfs.nrcan.gc.ca). Канадская методика используется в различном объеме в таких странах, как США, Новая Зеландия, Фиджи, Аргентина, Мексика, Индонезия, Малайзия [11]. Система была успешно использована и в Финляндии, Швеции [11]. Канадская методика прогнозирования лесной пожарной опасности построена с учетом анализа большого количества статистических данных и достаточно точно предсказывает пожарную опасность [3, 8–11].

В США в 1972 г. была разработана методика определения пожарной опасности на разных лесных территориях (National Fire Danger Rating System – NFDRS) [4]. Структура американской системы представляет собой абстрактную модель влияния различных факторов и условий на процесс возникновения и распространения пожаров. Система выдает четыре индекса [4]: индекс возникновения пожара по вине человека (Man-caused fire occurrence index – MCOI), индекс возникновения пожара в результате грозовой активности (Lightning-caused fire occurrence index – LOI), индекс горения (Burning index – BI) и индекс пожарной нагрузки (Fire load index – FLI). Индексы MCOI и LOI определяются с учетом компонента воспламенения (Ignition component – IC) и позволяют оценить ожидаемое число лесных пожаров. Все ЛГМ разделены на типичные модели. В системе вводится ряд пирологических характеристик ЛГМ, которые позволяют косвенно учитывать процесс зажигания. Итоговая оценка пожарной опасности (FLI) определяется в зависимости от значений индексов MCOI, LOI и BI по 100-балльной шкале. Таким образом, в системе используется большое количество поправок, полученных на основе эмпирических данных. Результаты, основанные на расчетах в рамках NFDRS, используются в системе оценки лесных пожаров (Wildland Fire Assessment System – WFAS). Некоторые результаты доступны в сети Интернет (официальный сайт http://www.wfas.net).

К началу 2000 г. было проведено сравнительное исследование различных методов прогноза лесной пожарной опасности, разработанных в Южной Европе [12]. Все методы представляют численный индекс, который растет с увеличением опасных условий. Южно-европейские методы оценки пожарной опасности [12], в основе которых лежат метеорологические факторы, были протестированы с использованием статистических данных за период 3–9 лет. Кроме методов, принятых во Франции, Италии, Португалии и Испании, в сравнительный анализ был включен и канадский метод [9]. Для каждой области имелись ежедневные значения числа пожаров и выгоревшей площади, которые зависят не только от метеопараметров.

Считалось, что дополнительные факторы (особенно антропогенная нагрузка) не оказывают взаимного влияния [12]. Канадский метод и модифицированный метод Нестерова (Португалия) показали наилучшие общие эксплуатационные качества [12]. Вслед за этим исследованием была разработана т.н. Европейская система – European Forest Fire Risk Forecasting System (EFFRFS), которая применялась на территории Южной Европы. Основу системы составили методы, разработанные в Италии, Франции, Испании, Португалии [12], и канадский метод [9]. Указанные методы применяются в совокупности. В настоящее время применяется модификация Европейской системы, которая дополнительно учитывает данные со спутников и называется European Forest Fire Information System (EFFIS) [5]. Для сравнения все индексы приведены к 100-балльной шкале. В последние годы система стала применяться в некоторых странах Западной Европы. Результаты работы системы доступны в сети Интернет (официальный сайт http://effis.jrc.ec.europa.eu). Надо полагать, что несовершенство национальных методов заставило создателей европейской системы включить канадский метод в качестве одного из основных компонентов. Поскольку наиболее качественный компонент представлен канадским методом, то преимущества и недостатки европейской системы аналогичны североамериканским. Канадская и американская системы похожи друг на друга в своей структуре, в подходах и принципах построения индекса пожарной опасности. Поэтому обе они обладают схожими как достоинствами, так и недостатками. Основной недостаток заключается в том, что явления сушки и зажигания слоя ЛГМ не моделируются с учетом реальных физико-химических процессов. Основное достоинство – учет таких значимых факторов, как антропогенная нагрузка, грозовая активность и долговременная эксплуатация в реальных условиях, которая показала эффективность применения этих систем.

Степень пожарной опасности, обусловленная пожарной зрелостью лесного участка, в лесной пирологии определяется с помощью индекса горимости Нестерова (комплексного метеорологического показателя – КМП) [7]:

$$\Gamma_j = \Gamma_{j-1}\xi_j + T_j\left(T_j - T_{pj}\right),$$

где Γ_j – комплексный метеорологический показатель пожарной опасности; T_j, T_{pj} – температуры воздуха и точки росы в 13–15 ч местного времени для текущего дня; ξ – коэффициент учета осадков, который равен нулю, если сумма осадков за прошедшие сутки $f_j > 3$ мм, или 1, если $f_j < 3$ мм; индекс j соответствует текущему дню пожароопасного сезона. Вероятность возникновения лесного пожара и его интенсивность возрастают с увеличением комплексного показателя Γ_j. В 1999 г. принят ГОСТ Р 22.1.09-99 «Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования» [6], который используется по настоящее время. Данный стандарт основан на приведенном выше комплексном метеорологическом показателе [7]. Основной недостаток настоящего стандарта в том, что игнорируется влияние факторов антропогенной нагрузки и грозовой активности. В этом отношении методика существенно уступает зарубежным аналогам. Второй недостаток (игнорирование реальных физико-химических механизмов сушки и зажигания слоя ЛГМ) характерен как для российской методики, так и для зарубежных систем. Можно сделать вывод, что официально принятая российская методика прогноза лесной пожарной опасности совершенно не соответствует современному уровню развития технологий в данной области.

3. Требования к современной системе прогноза лесной пожарной опасности

Результаты предпроектного исследования показывают, что создание отечественной системы прогноза лесной пожарной опасности потребует привлечения современных информационно-вычислительных технологий и физически содержательных моделей и критериев. При создании системы прогноза лесной пожарной опасности требуется наличие:

- государственной концепции отечественной системы прогноза лесной пожарной опасности;
- физико-математических моделей сушки и зажигания ЛГМ источниками природного и антропогенного характера;
- сети регистрации грозовых разрядов, а также методик оценки вероятности прохождения грозы на конкретной территории;
- физико-математических моделей учета антропогенной нагрузки на лесные территории;
- физически и математически обоснованного критерия оценки уровня лесной пожарной опасности;
- базы исходных данных для моделирования физико-химических процессов, протекающих при возникновении лесных пожаров;
- методики, реализованной в виде программного комплекса, позволяющей осуществлять прогноз лесной пожарной опасности в режиме, опережающем реальное время развития процесса;
- стандартов, спецификаций на файлы входной, промежуточной и выходной информации в системе прогноза лесной пожарной опасности;
- технологий, позволяющих оперативно получать прогнозную информацию и отслеживать степень достоверности получаемых прогнозов;

- подготовленных специалистов, способных обслуживать систему.

4. Концепция прогноза лесной пожарной опасности

В рамках настоящего исследования разработана модель концепции создания и развития отечественной системы прогноза лесной пожарной опасности [13]. Основные задачи концепции естественным образом вытекают из сформулированных выше требований к современной системе прогноза лесной пожарной опасности. Следует отметить, что очень важное значение имеет наличие исходных данных для расчетных моделей. В рамках концепции предлагается объединить в единую систему (распределенный аппаратно-программный комплекс) как информационно-вычислительное ядро (параллельный программный комплекс (ППК) для многопроцессорной вычислительной системы (МВС), так и необходимые для функционирования инструментальные средства регистрации наземных грозовых разрядов. Известно, что развитие сети грозопеленгаторов запланировано Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Усиление влияния антропогенного фактора обязывает при создании комплексов прогноза лесной пожарной опасности уделить внимание разработке системы усвоения данных об уровне антропогенной нагрузки (С.У.Д.А.Н.) с целью оценки ее пространственно-временной динамики. Технологическая база концепции представлена на рис. 1.

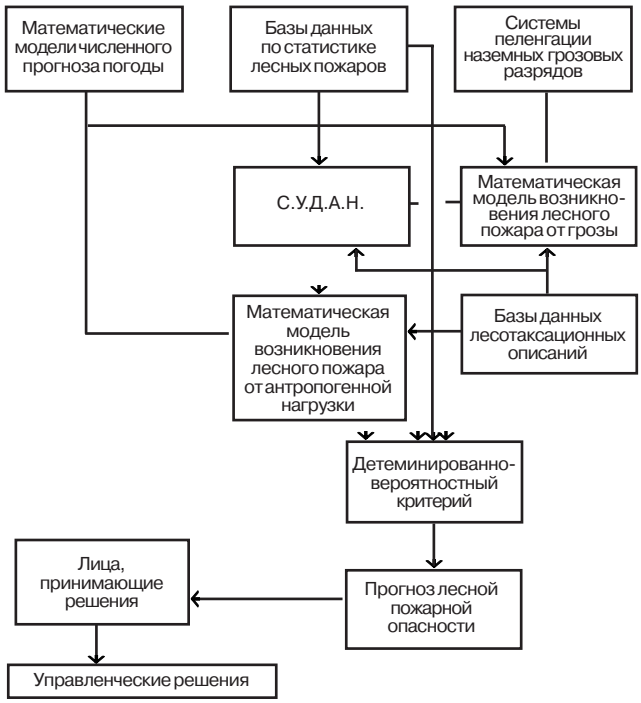

Рис. 1. Технологическая база концепции прогноза лесной пожарной опасности

5. Физическая модель лесной пожарной опасности

Выполненный анализ позволил выделить основные факторы и сформулировать физическую модель лесной пожарной опасности [14] (рис. 2).

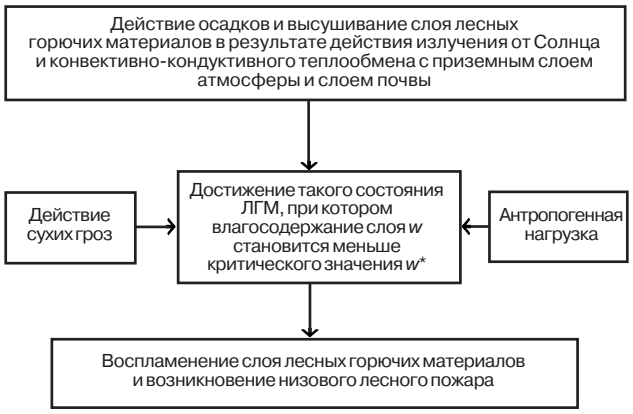

Рис. 2. Физическая модель лесной пожарной опасности

Следует внести уточнения в эту достаточно общую модель и предложить более подробные механизмы возникновения очагов лесных пожаров. Грозовая активность создает напряженную лесопожарную обстановку в горных и малообжитых регионах [15]. Причиной возгораний являются разряды класса «облако–земля» [16]. На рис. 3 представлен обобщенный механизм возникновения очага лесного пожара в результате грозовой активности, который учитывает в совокупности первичные и вторичные источники зажигания и режим тления слоя ЛГМ после удара молнии.

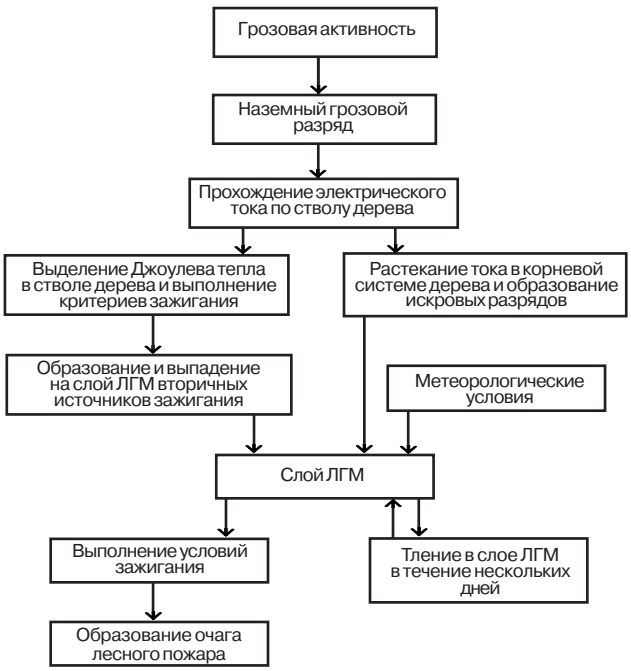

Рис. 3. Механизм возникновения лесного пожара в результате грозовой активности

Антропогенная нагрузка в настоящее время является основным фактором, приводящим к возникновению лесных пожаров. Заметим, что антропогенные причины достаточно многообразны. На рис. 4 представлен обобщенный механизм возникновения очага лесного пожара в результате антропогенной нагрузки, который имеет детерминированно-вероятностную природу.

Рис. 4. Механизм возникновения лесного пожара в результате антропогенной нагрузки

Таблица

Антропогенные причины лесных пожаров

Антропогенная причина возникновения лесного пожара	Источники зажигания
Умышленный поджог, A_1	Нагретая до высоких температур частица
	Ткань, пропитанная горючей жидкостью
	Горючее вещество в твердой фазе
	Разлитое на слой ЛГМ горючее вещество
Небрежное обращение с огнем, A_2	Нагретая до высоких температур частица
	Ткань, пропитанная горючей жидкостью
	Горючее вещество в твердой фазе
	Разлитое на слой ЛГМ горючее вещество
Сельскохозяйственные палы, A_3	Нагретая до высоких температур частица
	Конвективный тепловой поток
	Лучистый тепловой поток
Влияние железной дороги, A_4	Нагретая до высоких температур частица
Линия электропередачи, A_5	Нагретая до высоких температур частица
	Электрическая искра
Выжигания разливов нефти, A_6	Разлитое на слой ЛГМ горючее вещество
	Конвективный тепловой поток
	Лучистый тепловой поток

Первоначально лесопокрытые территории подвергаются пассивному воздействию с точки зрения возникновения пожаров (если речь идет о населенном пункте, то говорят о посещаемости лесной территории жителями). Следующая фаза имеет вероятностный характер и определяет сценарий выбора причины возникновения – на первом этапе, а вероятный источник зажигания – на втором. А вот процесс зажигания ЛГМ конкретным источником с учетом метеорологических условий может быть описан детерминированной математической моделью. Чтобы не загромождать схему многочисленными связями в результате реализации конкретной причины и конкретного источника зажигания, в таблице приведены основные источники зажигания в соответствии с причиной антропогенного характера.

Комбинации ЛГМ в образовании слоев достаточно обширны [17]. Одним из возможных вариантов упрощения множества исходных данных является ввод эталонного слоя ЛГМ. Такой подход уже использован при разработке канадской системы [9] и российских лесопожарных показателей засухи [7]. Основную опасность представляют пожары в хвойных и смешанных лесах. Будет логичным

ввести эталонный слой напочвенного ЛГМ из опада хвои. Сосна во многих регионах является преобладающей породой, а ее ареал охватывает практически всю территорию бореальных лесов России [18].

6. Фундаментальная научная база системы

Как было указано выше, зарубежные индексы [3, 4] и критерий Нестерова [7] в качестве результата выдают числовое значение в пределах какой-либо шкалы (которая не всегда имеет четкие верхние границы) и не являются физически содержательными. Автором развивается детерминированно-вероятностный подход к прогнозу лесной пожарной опасности. Выходные значения в результате такой оценки являются вероятностью возникновения лесных пожаров, а не абстрактным числовым значением. Факторы антропогенной нагрузки и грозовая активность с точки зрения теории вероятностей могут быть как несовместными, так и совместными событиями. Первый случай соответствует следующему сценарию поведения человека в лесу [19]: с наступлением грозы человек стремится покинуть лесную территорию или укрыться (т.е. антропогенная нагрузка в соответствии с этим сценарием отсутствует в момент грозовой активности). Для учета различных сценариев было разработано три поколения детерминированно-вероятностных критериев оценки лесной пожарной опасности [19–21].

Анализ статистики возникновения лесных пожаров в результате антропогенной нагрузки [22, 23] позволил выделить основные причины и создать модель дифференцированной оценки лесной пожарной опасности. В дополнение к событиям из таблицы введено событие A_{10}, характеризующее неустановленные причины. Считается, что у возникновения лесных пожаров по различным причинам есть совместные и независимые события. В этом случае можно записать вероятность возникновения лесных пожаров по антропогенным причинам через противоположное событие. В итоге вероятность возникновения лесных пожаров по совокупности антропогенных причин определится по следующей формуле:

$$P(ЛП) = 1 - \prod_{i=1}^{10}(1 - P(ЛП_i)),$$

где $ЛП_i$ – возникновение лесного пожара по i-й антропогенной причине; ЛП – возникновение лесных пожаров по всей совокупности антропогенных причин. Вероятность лесного пожара по конкретной антропогенной причине определится по формуле:

$$P(ЛП_i) = P(A)P(A_{j,i} / A)P(ЛП / A, A_{j,i}),$$

где P(A) – вероятность антропогенной нагрузки; $P(A_{j,i} / A)$ – вероятность i-й антропогенной причины при условии посещения лесной территории в j-й день недели, $P(ЛП/A, A_{j,i})$ – вероятность лесного пожара в j-й день по i-й антропогенной причине. Последняя вероятность определяется по формуле:

$$P(ЛП / A, A_{j,i}) = P(C)P(З_i / C),$$

где P(C) – вероятность того, что ЛГМ достаточно сухой; $P(З_i / C)$ – вероятность зажигания ЛГМ в результате действия i-й причины антропогенной нагрузки при условии, что ЛГМ достаточно сухой.

Модель может быть достаточно просто распространена на общий случай учета грозовой активности (введением события A_{11} – грозовая активность):

$$P(ЛП_{11}) = P(M)P(M_k / M)P(ЛП / M, M_k),$$

где P(M) – вероятность сухих гроз, $P(M_k / M)$ – вероятность наземного грозового разряда на k-й час суток при условии прохождения грозы, $P(ЛП / M, M_k)$ – вероятность лесного пожара на k-й час суток при условии прохождения грозы, которая определяется по формуле:

$$P(ЛП / M, M_k) = P(C)P(З_M / C),$$

где P(C) – вероятность того, что ЛГМ достаточно сухой; $P(З_M / C)$ – вероятность зажигания ЛГМ наземным грозовым разрядом при условии, что ЛГМ достаточно сухой.

Детерминированно-вероятностный подход позволяет учитывать не только статистические данные, но и результаты экспериментов и численных расчетов по зажиганию ЛГМ. Разработаны базовые физико-математические модели зажигания дерева наземным грозовым разрядом [24] и напочвенного покрова горячими частицами [25]. Анализируя таблицу легко понять, что нагретые до высоких температур частицы являются самыми распространенными источниками зажигания. Для оценки лесной пожарной опасности в различных масштабах от минимальной лесотаксационной единицы до глобальных масштабов разработана модель интегральной оценки вероятности возникновения лесных пожаров на контролируемой лесопокрытой территории [26]. В соответствии с требованиями к современной системе прогноза лесной пожарной опасности разработан проблемно ориентированный подход ландшафтного распараллеливания [27], в рамках которого развивается комплекс прогноза лесной пожарной опасности.

Задачу совместного учета данных наблюдений и прогностической модели для наиболее точного описания пространственно-временно́го распределения метеополей называют задачей усвоения данных (в зарубежной литературе – data assimilation) [28]. При разработке системы прогноза лесной пожарной опасности первостепенное значение имеют исследования в области создания С.У.Д.А.Н. Следует заметить, что детали реализации такой системы для целей прогноза лесной пожарной опасности могут отличаться от реализации систем усвоения данных в метеорологии. Предполагается, что на первом этапе осуществляются сбор и анализ статистической информации о возникновении лесных пожаров по вине человека. Фаза анализа осуществляет пространственную детализацию исходных данных с помощью сплайнов в рамках модели компандер-экспандер [29]. В качестве сравнения могут быть приведены системы усвоения данных на базе оптимальной интерполяции [30]. Завершающий этап предполагает получение прогнозной информации о пространственно-временно́й динамике антропогенной нагрузки на контролируемые лесопокрытые территории с помощью детерминированной математической модели [31]. Процессы принятия решений и поведения, несмотря на влияние многообразных факторов, не являются случайными [32], т.к. всем людям присущи общие реакции на информацию о структуре и качествах пространства, общие механизмы восприятия этой информации для принятия решения. Люди со сходными полями информации проявляют сходные предпочтения мест отдыха, т.е. ведут себя в географическом пространстве почти одинаково.

7. Информационно-вычислительное ядро системы

Параллельный программный комплекс (ППК) является ядром информационно-вычислительной системы прогноза лесной пожарной опасности.

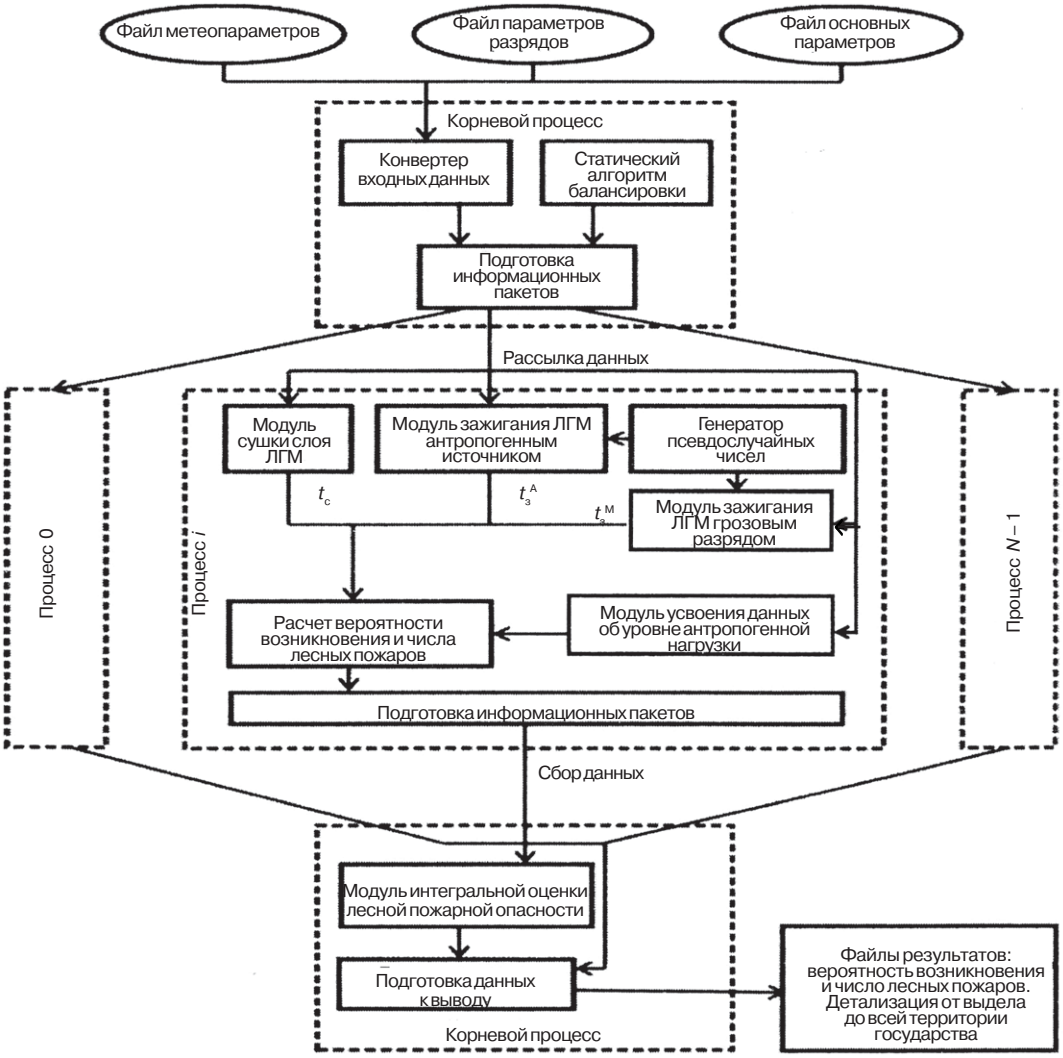

Рис. 5. Алгоритм работы программного комплекса

Работу начинает корневой процесс параллельной программы, который считывает информацию из файлов, содержащих исходные данные. Прогностические поля метеоданных Гидрометцентра РФ представлены в коде GRIB, и необходимо конвертирование входных данных во внутренний формат ППК. Для балансировки вычислительной нагрузки между ветвями параллельной программы в настоящее время используется статический алгоритм. Показано, что основное влияние на время сушки слоя ЛГМ (и соответственно на время расчета) оказывает его начальное влагосодержание [19]. Этот факт также может быть положен в основу эвристики алгоритма балансировки. На следующем этапе корневой процесс осуществляет подготовку и рассылку информационных пакетов с исходными данными по всем ветвям параллельной программы. В каждой такой ветви для каждого лесотаксационного выдела определяются времена сушки (t_c) и зажигания антропогенным ($t_з^A$) и природным ($t_з^M$) источниками, которые используются для определения вероятности возникновения пожара. Для задания некоторых параметров следует использовать генератор псевдослучайных чисел. На завершающем этапе корневой процесс собирает информационные пакеты со всех ветвей параллельной программы, проводит интегральную оценку лесной пожарной опасности и выводит данные в файлы результатов. Алгоритм функционирования ППК представлен на рис. 5 (см. с. 40).

8. Заключение

Существующий уровень разработки детерминированно-вероятностного подхода [13, 19–21, 24–27, 29, 31] позволяет говорить о возможности создания отечественной системы прогноза лесной пожарной опасности. Зарубежный опыт показывает, что эксплуатация таких систем в национальном масштабе позволяет снижать затраты на охрану лесов и минимизировать эколого-экономический ущерб [11]. Разработка новой физически обоснованной системы прогноза лесной пожарной опасности будет соответствовать задачам Концепции развития лесного хозяйства Российской Федерации на 2003–2010 годы [33] в части внедрения достижений науки для обеспечения интенсивного комплексного использования лесных ресурсов при сохранении экологического потенциала лесов. Настоящее исследование решает эти задачи в части разработки и совершенствования методов прогноза возникновения пожароопасных ситуаций в лесах. В отличие от канадской и американской систем, существующий ГОСТ РФ на прогноз лесной пожарной опасности совершенно не учитывает уровни грозовой активности и антропогенной нагрузки. Таким образом, проведенные проектные исследования соответствуют приоритетам, обозначенным в Концепции [33], в части приведения российских стандартов в сфере лесного хозяйства в соответствие с мировыми.

Список литературы

1. ***Кузнецов Г.В.*** Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий / Г.В. Кузнецов, Н.В. Барановский. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 301 с.

2. ***Геловани В.А.*** Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды / В.А. Геловани [и др.]. – М.: Едиториал УРСС, 2001. – 304 с.

3. Canadian Forest Fire Danger Rating System / B.J. Stocks, M.E. Alexander, R.S. McAlpine at all. – Canadian Forestry service, 1987. – 500 p.

4. ***Deeming J.E., Burgan K.E., Cohen J.D.*** The national fire danger rating system. Ogden, Utah: USDA Forest Service, General Technical report. INT-39. – 1978. – 66 p.

5. ***Camia A., Barbosa P., Amatulli G., San-Miguel-Ayanz J.*** Fire Danger Rating in the European Forest Fire Information System (EFFIS): Current developments // Forest Ecology and Management. 2006. Vol. 234. Supplement 1. P. S20.

6. ГОСТ Р 22.1.09-99 «Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования».

7. ***Нестеров В.Г.*** Горимость леса и методы ее определения / В.Г. Нестеров. – М.–Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 76 с.

8. ***Lee B.S., Alexander M.E., Hawkes B.C., Lynham T.J., Stocks B.J., Englefield P.*** Information systems in support of wildland fire management decidion making in Canada // Computers and Electronics in Agriculture. – 2002. – Vol. 37. – № 1–2. – P. 185–198.

9. ***Van Wagner C.E.*** Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System / Petawawa. Canadian Forest Service. Technical report 35. – Ontario, 1987. – 37 p.

10. ***Martell D.L.*** A Markov Chain Model of Day to Day Changes in the Canadian Forest Fire Weather Index // International Journal of Wildland Fire. – 1999. – Vol. 9. – № 4. – P. 265–273.

11. ***Taylor S.W., Alexander M.E.*** Science, technology and human factors in fire danger rating: the Canadian experience // International Journal of Wildland Fire. – 2006. – Vol. 15. – № 1. – P. 121–135.

12. ***Viegas D.X., Bovio G., Ferreira A., Nosenzo A., Sol B.*** Comparative Study of Various Methods of Fire Danger Evaluation in Southern Europe // International Journal of Wildland Fire. – 1999. – Vol. 9. – № 4. – P. 235–246.

13. ***Барановский Н.В.*** Прогноз лесной пожарной опасности на основе новой концепции // Материалы Международной научно-практической конференции «Рациональное использование и воспроизводство лесных ресурсов в системе устойчивого развития». – Беларусь, Гомель: Институт леса НАН Беларуси, 2007. – С. 129–132.

14. ***Гришин А.М.*** Математическое моделирование и прогноз катастроф: метод. пособие / А.М. Гришин. – Томск: Центр образования и исследований по механике реагирующих сред и экологии Томского госуниверситета, 1999. – 24 с.

15. ***Larjavaara M., Kuuluvainen T., Rita H.*** Spatial distribution of lightning-ignited fires in Finland // Forest Ecology and Management. – 2005. – Vol. 208. – № 1–3. – P. 177–188.

16. ***Mardiana R., Kawasaki Z.-I., Morimoto T.*** Three-dimensional lightning observations of cloud-to-ground flashes using broadband interferometers // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2002. – Vol. 64. – № 1. – P. 91–103.

17. ***Волокитина А.В.*** Классификация и картографирование растительных горючих материалов / А.В. Волокитина, М.А. Софронов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 314 с.

18. ***Абаимов В.Ф.*** Дендрология: учеб. пособие для студентов вузов / В.Ф. Абаимов. – 3-е изд., перераб. – М.: Академия, 2009. – 368 с.

19. ***Барановский Н.В.*** Математическое моделирование наиболее вероятных сценариев и условий возникновения лесных пожаров: дис. ... канд. физ.-мат. наук / Н.В. Барановский. – Томск: Томский государственный университет, 2007. – 153 с.

20. ***Барановский Н.В.*** Оценка вероятности возникновения лесных пожаров с учетом метеоусловий, антропогенной нагрузки и грозовой активности / Н.В. Барановский // Пожарная безопасность. – 2009. – № 1. – С. 93–99.

21. ***Барановский Н.В.*** Модель прогноза и мониторинга лесной пожарной опасности / Н.В. Барановский // Экология и промышленность России. – 2008. – № 9. – С. 59–61.

22. ***Pew K.L., Larsen C.P.S.*** GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada // Forest Ecology and Management. – 2001. – Vol. 140. – № 1. – P. 1–18.

23. ***Янко И.В.*** Пирологическая оценка территории Томской области: дис. ... канд. геогр. наук / И.В. Янко. – Томск: Томский государственный педагогический университет, 2005. – 174 с.

24. ***Кузнецов Г.В.*** Математическое моделирование зажигания дерева хвойной породы наземным грозовым разрядом / Г.В. Кузнецов, Н.В. Барановский // Пожаро-, взрывобезопасность. – 2008. – Т. 17. – № 3. – С. 41–45.

25. ***Кузнецов Г.В.*** Математическое моделирование зажигания слоя лесных горючих материалов нагретой до высоких температур частицей / Г.В. Кузнецов, Н.В. Барановский // Пожаро-, взрывобезопасность. – 2006. – Т. 15. – № 4. – С. 42–46.

26. ***Барановский Н.В.*** Интегральная по пространству оценка лесной пожарной опасности / Н.В. Барановский // Пожаро-, взрывобезопасность. – 2008. – Т. 17. – № 6. – С. 38–42.

27. ***Барановский Н.В.*** Ландшафтное распараллеливание и прогноз лесной пожарной опасности / Н.В. Барановский // Сибирский журнал вычислительной математики. – 2007. – Том 10. – № 2. – С. 141–152.

28. ***Климова Е.Г.*** Восстановление метеорологических полей по данным наблюдений: дис. ... д-ра физ.-мат. наук / Е.Г. Климова. – Новосибирск: ИВТ СО РАН, 2005. – 233 с.

29. ***Барановский Н.В.*** Модель компандер-экспандер для системы усвоения данных об уровне антропогенной нагрузки на контролируемой лесопокрытой территории // Современные проблемы информатизации в моделировании и анализе сложных систем: сб. трудов. Вып. 12. – Воронеж: Научная книга, 2007. – С. 149–152.

30. ***Flemming J., Reimer E., Stern R.*** Data assimilation for CT-Modelling based on optimum interpolation // Preprints of 25th NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application. Belgium, Louvain-la-Neuve: Catholic University of Louvain. – 2001. – P. 173–1180.

31. ***Барановский Н.В.*** Прогностическая математическая модель для системы усвоения данных об уровне антропогенной нагрузки на лесопокрытые территории // Современные проблемы информатизации в моделировании и социальных технологиях: сб. трудов. Вып. 13. – Воронеж: Научная книга, 2008. – С. 202–207.

32. ***Андреев Ю.А.*** Социально-психологические аспекты рекреационных посещений леса и возникновение пожаров / Ю.А. Андреев, Г.Ф. Ларченко // Лесные пожары и борьба с ними. – М.: ВНИИЛМ, 1987. – С. 251–263.

33. Концепция развития лесного хозяйства России на 2003–2010 годы (Внесенные изменения). – М.: МПР. Рослесхоз, 2007. – 12 с.

О Всероссийской конференции «Гуманитарная составляющая профессионального образования»

18 ноября в г. Казани прошла Всероссийская конференция «Гуманитарная составляющая профессионального образования», на которой прошло обсуждение проблем, задач и направлений гуманизации и гуманитаризации российского образования в свете новой образовательной парадигмы, направленной на формирование личности, способной к самоопределению, самообразованию, саморегуляции и самоактуализации.

Конференция была организована Российской академией образования, Институтом педагогики и психологии профессионального образования, Министерством образования Республики Татарстан, Академической образовательной ассоциацией гуманитарного образования, Академией наук Республики Татарстан, Общественной палатой Республики Татарстан, Академией социального образования, Управлением ГИБДД МВД по РТ, ГУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности детей».

Работа конференции прошла в рамках пленарного заседания и четырех секций: «Интеграция социокультурной и профессиональной подготовки студентов профессиональной школы», «Инновационные технологии реализации культуроформирующего содержания гуманитарных и профессиональных дисциплин», «Формирование духовно-нравственной безопасности специалистов в процессе гуманитарной подготовки», «Безопасность дорожного движения. Аспекты формирования профессиональной компетенции».

Главный редактор журнала «Безопасность в техносфере» В.А. Девисилов в своем докладе «Интеграции социокультурной и профессиональной подготовки при обучении безопасности жизнедеятельности в профессиональной школе» отметил, что в современных условиях культура безопасности должна стать неотъемлемой частью культуры человека. Важнейшая роль в формировании культуры безопасности и обучении по безопасности принадлежит обязательной дисциплине образовательных программ, базирующихся на новых федеральных государственных образовательных стандартах, – «Безопасность жизнедеятельности».

Дисциплина является наиболее характерным примером синергетической дисциплины, интегрирующей гуманитарные, естественно-научные и технико-технологические знания, демонстрирует современный социокультурный и антропоцентрированный контент образования, ибо сембиоз гомосферы, социосферы, биосферы и техногенной сферы формирует техносферу, важнейшим фактором устойчивого развития которой является обеспечение безопасности.

УДК 380

О СОДЕРЖАНИИ И МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЯМ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

ABOUT THE CONTENT AND METHODS OF EDUCATION DINKING WATER PREPARATION TECHNOLOGIES

***Т.А. Будыкина**, профессор, д-р техн. наук*
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск

***T.A. Budykina,** Professor, Doctor of Technical Sciences*
The State Educational Institution of Higher Professional Education "The South-Western State University"
Kursk

e-mail: tbudykina@yandex.ru

Рассмотрен опыт внедрения в образовательный процесс по специальности «Инженерная защита окружающей среды» новой дисциплины «Технология подготовки питьевой воды».

The author considers the experience of introduction of the new discipline "Drinking water preparation technology" into the educational process in the specialty "Engineering environment protection".

Ключевые слова: питьевая вода (drinking water), защита окружающей среды (environment protection), образовательный процесс (educational process), инженер-эколог (environmental engineer)

1. Введение

В современном мире существует множество глобальных экологических проблем. В ряду этих проблем загрязнению гидросферы и прогрессирующему дефициту питьевых источников следует уделить особое внимание, т.к. вода – источник жизни.

По мнению экспертов, в ближайшем будущем вода будет рассматриваться как третий ресурс по объему приносимых доходов после нефти и газа. По прогнозам, к 2050 г. запасы пресной воды в мире снизятся с нынешних 760 кубометров на 1 человека до 250 [1]. Поэтому за обладание этим ценным ресурсом в скором будущем будет развернуто мировое соперничество. В последнее десятилетие конфликты и кризисы из-за нехватки воды отмечены в 46 странах, где проживают 2,7 миллиарда человек (регионы Ближнего и Среднего Востока, Центральной Азии и Северной Африки) [2].

Аномально жаркое лето в России в 2010 г. и природные катаклизмы в мире подтверждают, что в условиях изменения климата на первый план выйдет водная безопасность. Мировое сообщество трактует термин «водная безопасность» как такое распределение воды и «водоемкой» продукции (энергетика, химическая и текстильная отрасли, сельское хозяйство и др.), при котором не возникает угрозы мировой стабильности от водных войн, водного терроризма и т.п.

Согласно данным ООН, около 700 миллионов человек в 43 странах постоянно находятся в условиях «водного стресса» и дефицита воды. Примерно одна шестая часть населения Земли не имеет доступа к чистой питьевой воде, а одна треть – к воде для бытовых нужд [2]. Поэтому в декабре 2003 г. Генеральная Ассамблея ООН объявила 2005–2015 годы международным десятилетием действий «Вода для жизни» [3, 4].

Россия богата природными водами, на ее территории сосредоточено 22% мировых запасов пресной воды [5]. По показателю водообеспеченности Россия находится на 2-м месте после Бразилии. Однако проблемы чистой воды для нашей страны становятся все более и более актуальными, т.к. антропогенная нагрузка на источники водоснабжения и на объекты водоотведения усилилась из-за неудовлетворительной очистки сточных вод, возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций, изношенности водопроводных сетей и пр. В результате качество воды в водоисточнике и водоприемнике и в целом водном бассейне отдельно взятого региона постепенно ухудшается. В 2009 г. питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, было обеспечено только 38% российских населенных пунктов, а 9% получают недоброкачественную питьевую воду [2]. Из-за плохого качества и недостатка питьевой воды в мире ежегодно болеют 500 млн чел., из них 10 млн (главным образом – дети) умирают [6].

Именно поэтому современное образование должно учитывать глобальные экологические проблемы. Необходима модернизация существующих программ подготовки специалистов (бакалавров,

магистров) по направлению «Техносферная безопасность» с целью приобретения знаний и умений в области обеспечения безопасности питьевого водоснабжения.

2. Подготовка кадров по безопасности питьевого водоснабжения

Еще в 2003 г. автором статьи было предложено ввести в учебный план специальности 280202 «Инженерная защита окружающей среды» новую дисциплину «Технология подготовки питьевой воды» («ТППВ»). Был разработан учебно-методический комплекс дисциплины: рабочая программа; перечень основной и дополнительной литературы, используемых в обучении информационных технологий; методические рекомендации для преподавателей и студентов; требования к уровню текущего, промежуточного и итогового контроля. Было подготовлено в соавторстве и издано учебное пособие с грифом УМО, издано 11 методических указаний для выполнения лабораторных занятий.

Обучение студентов по дисциплине «ТППВ» проводится на кафедре «Охрана труда и окружающей среды» Юго-Западного государственного университета (бывший Курский государственный технический университет) в рамках образовательной программы специальности 280202.65 «Инженерная защита окружающей среды» с 2004 г. Дисциплину изучают студенты 5-го курса в 9-м семестре в объеме 136 ч, из которых 68 ч – аудиторные занятия (лекции – 34 ч, лабораторные занятия – 34 ч). Форма контроля знаний – зачет.

Основная задача дисциплины – обучить студентов современным технологиям подготовки питьевой воды; сформировать у студентов теоретические и практические знания о методах, реагентах, оборудовании для подготовки воды в системах водоснабжения; развить у студентов способность решать задачи по организации питьевого водоснабжения различных населенных пунктов исходя из характерных для данной местности загрязнителей воды и защите населения от возможного загрязнения питьевой воды в случае ЧС.

Дисциплина «Технология подготовки питьевой воды» включает следующие темы:

- свойства воды;
- качество воды в поверхностных водоемах и в подземных источниках;
- основы инженерной гидрогеологии;
- водозаборные сооружения;
- охрана подземных вод;
- виды загрязнений подземных вод: химическое, бактериальное, радиоактивное, механическое, тепловое;
- зоны санитарной охраны;
- требования к качеству питьевой воды;
- классификации примесей воды;
- методы удаления примесей;
- методы осветления и обесцвечивания воды;
- методы обеззараживания воды;
- применение сорбции в водоподготовке;
- традиционные и нетрадиционные реагенты для водоподготовки;
- стабилизация, дегазация воды;
- умягчение воды;
- опреснение и обессоливание воды;
- мембранные процессы (обратный осмос, ультрафильтрация);
- специальные методы очистки воды (обезжелезивание, деманганация);
- удаление из воды кремнекислоты:
- удаление из воды диоксинов и галогенорганических соединений (тригалометанов);
- технологии очистки питьевой воды в России и странах ЕС;
- бытовые аппараты для очистки питьевой воды;
- обеспечение надежности питьевого водоснабжения.

Степень освоения студентами теоретического материала дисциплины контролируется с помощью тестовых заданий. С целью формирования у студентов практических навыков разработан комплекс лабораторных занятий, состоящий из 12 работ (табл. 1). Научные исследования по применению нетрадиционных реагентов, проводимые автором статьи при поддержке гранта Президента РФ для молодых докторов наук МД-563.2010.8, нашли применение в лабораторном практикуме. Для выполнения лабораторных работ № 10 и 11 (табл. 1) применяются не только традиционные, но и новые, нетрадиционные реагенты, появившиеся на рынке природоохранных услуг в последние 5 лет.

Таблица 1

Наименование лабораторных занятий по дисциплине «Технология подготовки питьевой воды»

№ п/п	Наименование лабораторных занятий
1	Параметры качества питьевой воды
2	Методы контроля качества питьевой воды
3	Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности питьевой воды
4	Определение общей минерализации питьевой воды
5	Определение содержания общего железа в питьевой воде
6	Производство, классификация, подбор активных углей
7	Определение содержания остаточного активного хлора в питьевой воде
8	Определение содержания хлоридов в питьевой воде
9	Определение общей жесткости питьевой воды
10	Выбор эффективного коагулянта для очистки питьевой воды
11	Выбор эффективного флокулянта для очистки питьевой воды
12	Сравнительная характеристика эффективности работы различных бытовых фильтров для очистки питьевой воды

В технологии обучения большое внимание уделяется организации самостоятельной работы студентов. Одним из возможных заданий для самостоятельной работы является изучение принципа работы, загрузки и характеристик бытовых фильтров для очистки питьевой воды одной из известных фирм (BRITA, Аквафор, Барьер, Instapure, KENWOOD, Изумруд, Ecoozone, ARKAL, ATOLL, ECOWATER, HONEYWELL, Акватроник и др.). На одном-двух занятиях проводится конференция, на которой студенты рассказывают о принципе работы, достоинствах и недостатках, границах применения выбранного ими для изучения бытового фильтра. В настоящее время подходит к завершению работа по созданию программного продукта, позволяющего осуществлять подбор бытового фильтра для очистки питьевой воды с заданными показателями. Данный продукт позволит объединить и структурировать большое количество разрозненного материала по портативным устройствам для очистки воды, а также полезно использовать новые знания в учебном процессе.

В процессе преподавания дисциплины «Технология подготовки питьевой воды» широко используются наглядные материалы:

- плакаты по материалам Центра Келдыша (оборудование для очистки природных и сточных вод; блок-схема завода опреснения морской воды в г. Актау; комплекс глубокой очистки солоноватых вод);
- стенды (электрохимическое осаждение металлов (цинкование, хромирование); современные фильтры для очистки питьевой воды; реагенты для водоподготовки; аэрационные системы);
- каталог реагентов (активированные угли; иониты сильно- и слабокислотные; коагулянты и флокулянты отечественных и зарубежных производителей);
- демонстрационные (принцип работы вертикального отстойника) и лабораторные установки (например, электрофлотокоагуляция).

Современное образование невозможно без использования информационных технологий. Поэтому в процессе изучения дисциплины активно используются современные программные продукты мировых лидеров в области охраны водных ресурсов, экобиозащитной техники и технологий, производителей реагентов, что позволяет будущим инженерам-экологам не только расширить кругозор, но и применять новые знания в дипломном проектировании и научной работе. В табл. 2 приведены сведения об использовании программных средств, информационных ресурсов на занятиях по дисциплине.

Таблица 2

Программные продукты, информационные ресурсы, применяемые при изучении дисциплины «Технология подготовки питьевой воды»

Наименование фирмы-производителя программных средств, информационных ресурсов	Изучаемая тема
Rehau (Германия)	Аэрационные системы
Экодар (Россия)	Водоподготовка
ВИЛО РУС (Германия)	Водоподготовка
Kinetiko (Чехия)	Умягчение воды
НПО «ЛИТ» (Россия)	Обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением
ЗАО «Эко-Умвельт» (Германия)	Водоочистное оборудование – фильтры, сгустители
SNF (Франция)	Флокуляция. Флокулянты
Nijhuis Water Technology (Голландия)	Мембранные системы, системы коагуляции и флокуляции
HUBER Technology (Германия)	Механическая очистка, фильтрация, флотация, мембранные процессы
BioRay	Бытовые фильтры для очистки питьевой воды BioRay
ABS (Швеция)	Аэраторы, насосы, мешалки
Siemens (Германия)	Электролизеры, УФ-установки
TORAY (США)	Мембранные технологии
ЭКОПОЛИМЕР (Украина)	Осветлители, скорые фильтры, ионообменные фильтры
ЭКОТОН (Россия)	Решетки, отстойники
KAUFMANN (Германия)	Озонаторные установки
Kemira Oyj (Финляндия)	Коагулянты, флокулянты, дезинфекция

Постоянно проводится работа по совершенствованию содержания лекционных, лабораторных занятий по дисциплине, наполнению ее учебно-методического комплекса современными материалами.

Тематика безопасности и доброкачественности питьевого водоснабжения для специальности 280202.65 находит свое продолжение в выпускных квалификационных работах.

Опыт обучения по специальности 280202.65 позволяет рекомендовать дисциплину «Технология подготовки питьевой воды» и для других профилей направления «Техносферная безопасность», а также ряда профилей других направлений, связанных с использованием питьевой воды.

Список литературы

1. ***Пятилетова Л.*** Против течения / Л. Пятилетова // Российская газета. – № 228 (4785) от 31.10.08.
2. ***Егоров И.*** Есть ли жизнь без воды? / И. Егоров // Российская газета. – № 184 (5263) от 19.08.10.
3. Сайт www.un.org.ru
4. ***Будыкина Т.А.*** Процессы и аппараты защиты гидросферы / Т.А. Будыкина, С.Г. Емельянов. – М.: Академия, 2010. – 288 с.
5. ***Лужков Ю.М.*** Чистая вода. Жизнь и богатство мира / Ю.М. Лужков, С.В. Храменков. – М.: Московские учебники; Карт олитография, 2009. – 272 с.
6. ***Будыкина Т.А.*** Технология подготовки питьевой воды: учеб. пособие / Т.А. Будыкина, П.П. Кукин, В.М. Попов. – Курск: Курский гос. техн. ун-т, 2006. – 2004 с.

УДК 380

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРЕПОДАВАНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ»*

THE INNOVATIVE APPROACHES TO THE DISCIPLINE "THE PROBLEMS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT"

***Е.Б. Кручина**, доцент, канд. экон. наук,*
***Н.Б. Дашков,** аспирант,*
***С.С. Миносьянц,** аспирант,*
Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

***VE.B. Kruchina,** Assistant Professor, Candidate of Economical Sciences,*
***N.B. Dashkov,** aspirant,*
***S.S. Minosyants,** aspirant, the Russian Chemistry-Technological University of D.I. Mendeleev*

e-mail: Kruchinael@mail.ru

В статье представлен инновационный подход к преподаванию курса «Проблемы устойчивого развития» в РХТУ им. Д.И. Менделеева на основе применения индексов и индикаторов устойчивого развития для оценки успешности стратегий развития виртуального государства на примере имитационной игры «Стратагема».

The authors introduce an innovative approach to teaching the course "The problems of sustainable development" at the Russian Chemistry-Technological University of D.I. Mendeleev on the basis of using indexes and indicators of sustainable development for assessment of the effectiveness of the virtual state development strategies by the example of the imitation game "Stratagema".

Ключевые слова: устойчивое развитие (sustainable development), имитационная игра (imitating game), индекс развития человеческого потенциала (human development index), индекс нищеты населения (human poverty index), экологический след (the ecological footprint), качество образования (quality of education)

1. Образование для устойчивого развития

Впервые термин «устойчивое развитие» был использован в докладе, подготовленном для ООН в 1987 г. специальной Международной комиссией по окружающей среде и развитию, возглавляемой Гру Харлем Брундтланд, видным государственным деятелем Норвегии в области экологии и здравоохранения. Именно концепция устойчивого развития предлагает системный подход к сбалансированному эколого-социоэкономическому развитию. Такой подход особенно актуален в современных условиях, когда негативное воздействие человека на окружающую среду продолжает расти, а политические и экономические аспекты зачастую оказываются более весомыми, чем экологические. Изменить сложившуюся антропоцентрическую модель развития человечества можно только через культуру и образование. Для этих целей служит образование для устойчивого развития. С его помощью можно изменить сознание людей и повлиять на структуру потребления развитых стран, навязывающих стереотипы поведения для остального мира.

Первые попытки внедрения в России образования для устойчивого развития были реализованы на базе Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, где был в 1995 г. организован Институт химии и проблем устойчивого развития. Начиная с 1995 г. две обязательные дисциплины – «Проблемы устойчивого развития» и «Анализ техногенного риска» – включены в учебные планы всех факультетов и институтов РХТУ им. Д.И. Менделеева.

2. Обучающая имитационная ролевая игра

Одним из инструментов контроля знаний по дисциплине «Проблемы устойчивого развития» является имитационная игра «Стратагема». Данная игра была разработана на основе модели «Мир-3» в 1983 г. под руководством американского

* Статья представлена директором Института химии и проблем устойчивого развития РХТУ им. Д.И. Менделеева, чл.-корр. РАН, д-ром хим. наук, профессором Н.П. Тарасовой.

ученого, автора знаменитого доклада «Пределы роста» Денниса Медоуза. Группа Д. Медоуза создала игру, в которой демонстрируется влияние долговременных правительственных решений на экономику, окружающую среду и общество. В основу игры положены принципы системной динамики, а также показаны причинно-следственные связи между социальной сферой, экономикой и природной средой, исходя из которых можно создавать политические стратегии развития общества, основанные на эффективном использовании природных ресурсов.

Уникальность данной игры состоит в том, что она не навязывает стереотипов. У игроков есть определенная свобода выбора в принятии решений, они могут испытать различные сценарии, увидеть их плюсы и минусы. Для достижения положительного результата в игре есть не одна, а множество стратегий, и основная задача игроков – выработать собственную. В игре невозможно добиться хорошего результата случайно, т.к. для этого необходимо изучить причинно-следственные взаимосвязи. Во время игры у участников есть возможность приобрести личный опыт в принятии решений, влияющих на развитие и функционирование экономики, демографические процессы в стране, качество природной среды и многое другое. Особое внимание в игре уделяется работе в команде и обмену информацией. Эффективность развития зависит в первую очередь от согласованности принятых решений. В «Стратагеме» не один из участников самостоятельно не может принять определяющего результат игры решения.

Начальные условия ролевой игры таковы: существует виртуальная страна со слаборазвитой экономикой и преимущественно аграрным производством. Уровень жизни населения низок, в стране наблюдается быстрый рост численности населения при низком потреблении товаров и продовольствия; состояние окружающей среды неудовлетворительное из-за отсутствия средств для природоохранных мероприятий. Перед игрой студенты разбиваются на команды по пять человек и каждый получает одну из ролей в виртуальном кабинете министров.

Основная цель игры: достижение устойчивого развития общества виртуальной страны. В зависимости от выбранной роли различается набор параметров, которыми может управлять игрок во время игры. Все принимаемые решения находятся во взаимосвязи с решениями других игроков.

В «Стратагеме» возможны **следующие роли:**

1) министр по проблемам населения, в задачи которого входит обеспечение населения товарами, продуктами питания, т.е. повышение высокого уровня жизни населения;

2) министр энергетики и энергосбережения, в задачи которого входит обеспечение страны энергоресурсами;

3) министр промышленности и социальной сферы, в задачи которого входят повышение уровня жизни населения, контроль капиталовложений в сферу экономики, образования и здоровья населения;

4) министр сельского хозяйства и охраны окружающей среды, в задачи которого входят увеличение производства продуктов, необходимых для населения, а также контроль качества окружающей среды;

5) министр внешней торговли и финансов, в задачи которого входит контроль за экспортом и импортом продуктов питания, товаров и ресурсов.

Игра делится на 10 периодов. Каждый период длится пять виртуальных лет, таким образом, у кабинета министров есть 50 лет, чтобы решить все поставленные задачи. По результатам игры каждый участник делает отчет, в котором отражает общую стратегию развития государства, обосновывает принятые решения, анализирует результаты.

Результат деятельности команды оценивается исходя из комплекса показателей, в которые входят: смертность и рождаемость; численность населения; объемы производства; размеры экспорта и импорта продуктов питания, товаров и энергии; внешний долг государства; энергоемкость производства; качество окружающей среды и т.д.

Помимо этого, есть общий показатель результата игры, именуемый «Сводный счет», рассчитываемый по формуле (1):

$$\text{Сводный счет} = \\ = 4 \cdot \text{прод.} / \text{нас.} + \text{товары} / \text{нас.}, \quad (1)$$

где прод./нас., тов./нас. – обеспеченность продуктами питания и товарами на душу населения соответственно; 4 – весовой коэффициент.

Этот показатель имеет ряд недостатков: не учитывает доступность образования, доступность медицинского обслуживания, реальный доход на душу населения в виртуальной стране. Главный недостаток – отсутствие возможности проанализировать стратегию игры. Таким образом, «сводный счет» не является показателем, с помощью которого можно было бы комплексно оценить результаты игры, т.е. нет объективной и достоверной оценки результатов игры, необходимой в образовательном процессе. Для устранения перечисленных недостатков нами была разработана другая система оценки качества управления виртуальной страной.

Новая игровая система основана на применении при анализе игры индексов и индикаторов

устойчивого развития. Для этих целей наиболее подходит индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), индекс нищеты населения (ИНН) и индекс «экологический след» [1]. Указанные индексы и индикаторы устойчивого развития используются для анализа динамики социально-экономического и экологического развития общества и являются комплексной мерой достижения результата.

3. Методика расчёта комплексных показателей ИРЧП и ИНН в ролевой игре

В составе ИРЧП четыре компонента: ожидаемая продолжительность жизни при рождении, уровень грамотности взрослого населения, общая доля учащихся в начальной и средней школе и в высших учебных заведениях, а также реальные доходы, выраженные через паритет покупательной способности.

С 1997 г. Программа развития ООН (ПРООН) использует индекс нищеты населения (ИНН). ИНН служит для определения масштабов существующих лишений, отражающихся на развитии человека. ИНН рассчитывается отдельно для развивающихся стран (ИНН-1) и для промышленно развитых стран (ИНН-2) [2].

С помощью ИНН-1 измеряются масштабы лишений по тем же основным аспектам развития человеческого потенциала, что и параметры, включаемые в ИРЧП. При его расчете используются следующие переменные:

1) процент людей с ожидаемой продолжительностью жизни при рождении ниже 40 лет;

2) процент неграмотных среди взрослого населения;

3) недостатки в общем экономическом положении населения на общественном и индивидуальном уровне (отражают процент населения, не имеющего доступа к медицинскому обслуживанию и безопасной воде, и процент детей с недостаточным весом).

ИНН-2 в основном отражает масштабы лишений по тем же аспектам, что и ИНН-1, а также в дополнение к ним по аспекту социальной изоляции. При его расчете используются следующие переменные: процент людей с ожидаемой продолжительностью жизни при рождении ниже 60 лет, процент населения, не имеющего функциональных навыков письма и чтения, доля населения, получающего крайне низкие доходы (чей доход после уплаты налогов составляет менее 50 процентов среднего располагаемого дохода домашнего хозяйства), и доля безработного в течение длительного времени (12 месяцев или более) населения [2, 3].

Нами была разработана методика расчета ИРЧП для имитационной игры «Стратагема», основанная на методике ООН в адаптации к условиям игры. Расчет производится на основании трех показателей (индексов):

– валовой внутренний продукт (ВВП) на душу населения;

– средняя ожидаемая продолжительность жизни;

– уровень образованности населения.

Схема расчета представлена на рис. 1.

В силу особенностей модели при расчете индекса уровня образования вместо образованности взрослого населения и индекса совокупной доли учащихся используется доля населения, реализовавшая право на образование.

Пределы нормировки этих показателей представлены в таблице.

Таблица

Пороговые значения для расчета ИРЧП в игре «Стратагема»

Показатель	Максимальное значение	Минимальное значение
Средняя продолжительность жизни, лет	85	25
Уровень образованности населения, %	100	0
ВВП, условные денежные единицы (УДЕ)	400	10

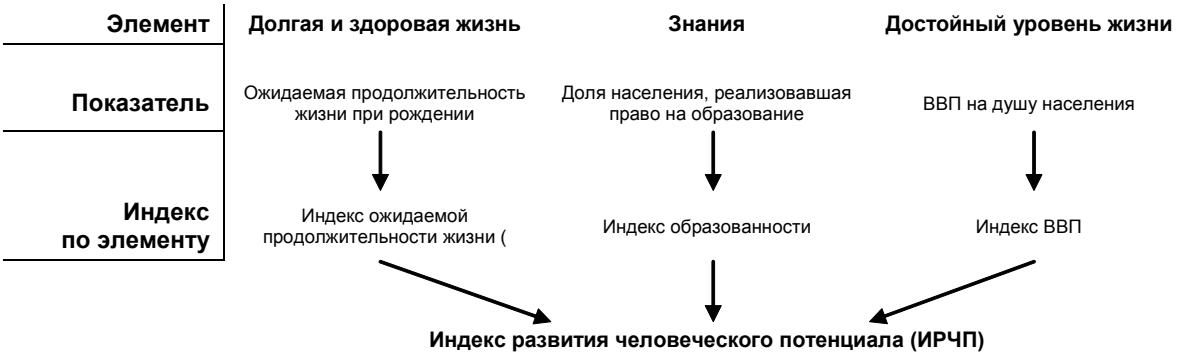

Рис. 1. Схема расчета ИРЧП в имитационной ролевой игре «Стратагема»

Индекс ожидаемой (средней) продолжительности жизни (ИОПЖ). Для расчета ИОПЖ в модели существует показатель социальных услуг, представленный образованием и здравоохранением. Поэтому весь объем средств распределяется на медицину и образование. Максимальное значение социальных услуг на душу населения составляет 20 единиц, соответственно на каждую отрасль максимально может приходиться капитал, равный 10 единицам. Формула расчета:

$$\text{ИОПЖ} = \left[\begin{array}{l} \text{мин. возр.} + \dfrac{\text{реал. соц. услуги}}{\text{макс. соц. услуги}} \times \\ \times\ (\text{макс. возр.} - \text{мин. возр.}) \cdot \text{КОС} \end{array} \right], \quad (2)$$

где мин. возр. и макс. возр. – значения минимальной и максимальной продолжительности жизни соответственно (см. таблицу); реал. соц. услуги – фактическое значение социальных услуг на душу населения в расчетном периоде; КОС – качество окружающей среды; макс. соц. услуги – максимально возможная величина социальных услуг на душу населения (задается условиями модели и равна 20 единицам).

Индекс образованности. Для полной реализации права на образование всеми членами общества требуется максимальная капиталовооруженность сферы социальных услуг. При значениях, отличных от этой величины, часть населения не сможет реализовать свое право на образование, поэтому уровень образованности упадет. Таким образом, для определения индекса образованности вычисляется отношение реального значения социальных услуг на душу населения к максимально возможному. Формула расчета:

$$\text{Индекс образованности} = \frac{\text{реал. соц. услуги}}{\text{макс. соц. услуги}}, \quad (3)$$

где реал. соц. услуги – фактическое значение социальных услуг на душу населения в расчетном периоде; макс. соц. усл. – максимально возможная величина социальных услуг на душу населения (задается условиями модели и равна 20 единицам).

Индекс валового внутреннего продукта (ИВВП). Весь объем произведенной продукции (продукты питания, товары, энергоресурсы) суммируется, и рассчитывается его суммарная стоимость. Полученный результат делится на общую численность населения. Полученная величина характеризует возможный доход на душу населения. Затем происходит нормирование данной величины в пределах 10–400 УДЕ. Полученный показатель характеризует, насколько успешно правительство виртуальной страны развивает отрасли производства и какой уровень жизни оно может обеспечить своим гражданам. Формула расчета:

$$\text{ИВВП} = \frac{\text{реал. ВВП} - \text{мин. ВВП}}{\text{макс. ВВП} - \text{мин. ВВП}}, \quad (4)$$

где реал. ВВП – фактическое значение ВВП на душу населения в расчетном периоде; мин. ВВП и макс. ВВП – величина минимально и максимально возможного ВВП на душу населения соответственно (см. таблицу).

Все полученные индексы (ВВП, ожидаемая продолжительность жизни и уровень образованности) суммируются с весовыми коэффициентами 1/3, и рассчитывается ИРЧП:

$$\text{ИРЧП} = \frac{1}{3}(\text{ИВВП} + \text{ИОПЖ} + \\ + \text{Индекс образованности}). \quad (5)$$

В имитационной ролевой игре «Стратагема» невозможно определить процент людей, не имеющих доступа к безопасной воде, также нет возможности вычислить процент детей с недостаточным весом (подобные данные в модели не рассчитываются). Вместо них мы используем доступность товаров для потребления и доступность продуктов питания соответственно. Схема расчета представлена на рис. 2.

Рис. 2. Схема расчета индекса нищеты населения в имитационной игре «Стратагема»

Индекс дожития (процент населения, не доживающего до 40 лет). Расчет производится на основании ранее вычисленной средней ожидаемой продолжительности жизни, которая показывает средний возраст всего населения. Таким образом, если средняя ожидаемая продолжительность жизни больше 40 лет, то значение этого коэффициента (процент населения, не доживающего до 40 лет) равно 0, иначе – 1.

Индекс недостаточной образованности (недостаточное образование). Индекс характеризует лишение права на образование по причинам, не зависящим от индивида. Недостаточное вложение средств в социальную политику оказывает негативное воздействие на уровень образованности населения. Расчет индекса производится путем вычитания из 1 (все население реализовало свою потребность в образовании, идеальный вариант) индекса образованности (реальный уровень образованности).

Формула расчета:

$$\text{Индекс недостаточной образованности} = (1 - \text{Индекс образованности}). \quad (6)$$

Индекс недостаточного благосостояния (недостаточное материальное благосостояние) – оценка, насколько население лишено благ. Для этого используется отношение уровня обеспеченности по одному из параметров к максимальному значению параметра. По смыслу уровень лишений – величина, обратная уровню обеспеченности.

После расчета этих двух показателей находится их среднее арифметическое. Полученный коэффициент – индекс недостаточного материального благосостояния. Формула расчета:

$$\text{Индекс недостаточного благосостояния} = \frac{1}{2}\left[\left(1 - \frac{\text{пр. пит.}}{\text{макс. пр. пит.}}\right) + \left(1 - \frac{\text{товары}}{\text{макс. товары}}\right)\right], \quad (7)$$

где пр. пит. и товары – величина обеспеченности продуктами питания и товарами на душу населения соответственно; макс. пр. пит. и макс. товары – величина максимально возможной обеспеченности продуктами питания и товарами соответственно (задается условиями модели и равны 5 единиц ам и 15 единицам соответственно).

ИНН рассчитывается как среднеарифметическое значение трех составляющих по следующей формуле:

$$\text{ИНН} = \frac{1}{3}(\text{индекс недостаточного благосостояния} + \text{индекс дожития} + \text{индекс недостаточной образованности}). \quad (8)$$

Расчет индексов ИРЧП и ИНН дают социоэкономическую картину состояния общества, однако экологическая составляющая отражается лишь косвенно. В связи с этим для комплексной оценки развития государства был введен индекс «Экологический след», отражающий антропогенное давление на окружающую среду.

Оценка антропогенной нагрузки на окружающую среду

Термин «экологический след» впервые использовали канадские ученые-экологи Матис Вакернагель (Mathis Wackernagel) и Уильям Рис (William Rees). Показатель «экологический след» (The Ecological Footprint) рассчитывается международной организацией Global Footprint Network. Он выражает меру антропогенного воздействия на окружающую среду в виде площадей территорий и акваторий, необходимых для добычи ресурсов и утилизации отходов. Мерой измерения экологического следа служит глобальный гектар – это гектар со средней по земному шару способностью к производству ресурсов и ассимиляции отходов.

Расчеты по этому показателю, приведенные в докладах «Живая планета» [4, 5], публикуемых ежегодно, показывают, что наша планета испытывает избыточное давление со стороны человечества. Первый раз биоемкость Земли была превышена в 1980 г., и с 1980 г. нагрузка продолжает увеличиваться. В 2005 г. глобальный экологический след составил 17,5 млрд глобальных гектаров (гга), или 2,7 гга на человека, в то время как общая площадь продуктивных территорий и акваторий планеты, или биоемкость, составила 13,6 млрд. гга, или 2,1 гга на человека [4].

Расчет национального экологического следа. В общем случае, для любого типа землепользования экологический след страны вычисляется по следующей формуле [6]:

$$EF = \frac{P}{Y_N} \cdot YF \cdot EQF, \quad (9)$$

где EF (Ecological Footprint) – «экологический след»; P (product) – уровень ВВП, млн денежных единиц; Y_N (yield national average) – средний показатель создания ВВП, млн денежных единиц/га; YF (yield factor) – коэффициент урожайности; EQF (equivalence factor) – коэффициент эквивалентности.

Рассмотрим более подробно составляющие для вычисления экологического следа.

Средний показатель создания ВВП (Y_N). Средний показатель создания ВВП вычисляется исходя из величины реального ВВП и общей площади всех земель (ВВП/га). Данный показатель

характеризует площадь земли, необходимую для создания величины ВВП.

Коэффициент урожайности (*YF*). Коэффициент урожайности отражает, насколько урожайность в отдельно взятой стране отличается от среднемировой урожайности. Для каждого типа биопродуктивных территорий есть свой коэффициент урожайности. Коэффициент урожайности является отношением площади территории, используемой в производстве товаров определенной категории, которая зависит от национальной урожайности, к площади территорий, которая понадобилась бы для производства тех же товаров (и того же количества) со среднемировой урожайностью. Коэффициенты урожайности учитывают различия между странами по биологической продуктивности [4].

Коэффициент эквивалентности (*EQF*). Коэффициент эквивалентности учитывает разницу в среднеглобальной продуктивности различных типов земель (например, среднеглобальная продуктивность лесов против среднеглобальной продуктивности пахотных угодий) [4].

Расчет биоемкости. Величина биоемкости территории представляет теоретически возможный размер предложения ресурсов на данной территории при существующих технологиях управления. При расчете национальной биоемкости учитываются и территории, которые в данный момент не используются из-за нецелесообразности использования или других причин. Величина общей национальной биоемкости равна сумме площадей биопродуктивных территорий страны.

Биоемкость (площадь биопродуктивной территории) рассчитывается перемножением величины площади определенного вида землепользования на коэффициенты урожайности и эквивалентности:

$$BC = A \cdot YF \cdot EQF, \qquad (10)$$

где A – область, доступная для данного вида землепользования.

Экологический дефицит и превышение биоемкости. Учитывая, что биоемкость представляет собой максимально возможное предложение ресурсов, а экологический след показывает реальный спрос на эти ресурсы, то, сопоставляя данные величины, можно получить реальную картину потребления и природопользования в данной стране (или на планете в целом). В случае, когда экологический след превышает биоемкость, страна испытывает экологический дефицит:

$$\text{Экологический дефицит} = BC - EF. \qquad (11)$$

В [7] дана оценка развития стран мира на основе данных об экологическом следе и ИРЧП. По данным [7] высокоразвитые страны Северной Америки и Европы имеют высокие значения показателя ИРЧП (>0,8) и экологического следа (>7 гга/чел.). Страны Азиатского региона имеют широкий разброс показателей ИРЧП и экологического следа. Страны Латинской Америки и Карибского бассейна имеют средние значения показателя ИРЧП (около 0,7) и экологического следа (2–4 гга/чел.). Страны Океании и Африки имеют низкие значения ИРЧП (<0,6) и экологического следа (около 2 гга/чел.).

5. Методика расчёта показателя «экологический след» для ролевой игры

Для расчета индекса экологического следа *EF* необходим коэффициент урожайности, который отсутствует в модели. Кроме того, отсутствуют понятия урожайности и среднего показателя создания ВВП, необходимые для расчета экологического следа. В модели также не оговариваются доступные типы землепользования. Условиями имитационной игры «Стратагема» предусмотрено, что в воспроизводимой виртуальной стране имеется 1000 га земли, доступной для землепользования.

Учитывая описанные выше условия, нами было принято допущение, что коэффициент урожайности *YF* может быть определен из выражения:

$$YF = \frac{\text{Отношение капитала с/х к площади пахотных земель}}{\text{Среднемировая урожайность земель}}, \qquad (12)$$

где отношение капитала сельского хозяйства (с/х), отнесенного к площади пахотных земель, заменяет урожайность.

Значение среднемировой урожайности было принято равной 28 центнеров с гектара, согласно данным по урожайности зерновых за период 2003–2005 гг., по оценке международной продовольственной и сельскохозяйственной организации FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Средний показатель создания ВВП определялся по формуле:

$$Y_N = \frac{\sum ВВП_i}{1000 \cdot n}, \qquad (13)$$

где $\sum ВВП_i$ – осредненный по периодам n показатель ВВП; 1000 – площадь, доступная для земледелия, га.

Далее расчет экологического следа проводился по формуле (9).

Довольно часто встречающаяся и наименее эффективная стратегия игры «Стратагема» представляет собой хаотичное развитие всех отраслей

производства. При данной стратегии наблюдается распределение средств без четкой цели, поэтому после первого этапа игры у всех команд наблюдается энергетический кризис (суммарная потребность энергии превышает ее количество). Малый прирост ресурсов в совокупности с высокой рождаемостью приводит к нехватке ресурсов для населения.

К **достоинствам** данной стратегии можно отнести равномерный рост производительности; постепенное наращивание производственных мощностей; низкое антропогенное влияние на окружающую среду; возможность ранней стабилизации численности населения (обычно нереализуемая).

К **недостаткам** можно отнести низкую производительность на начальном этапе; высокий рост численности населения; малое количество ресурсов для развития; распыление средств на изначально малоперспективные (не способные дать быструю отдачу) отрасли.

После расчетов по данным методикам строятся зависимости показателей ИРЧП, ИНН и экологического следа от времени. Далее приведены примеры графиков динамики изменений показателей экологического следа, биоемкости, ВВП, а также ИРЧП и ИНН в ходе развития страны, которые необходимы для анализа результатов выбранной стратегии развития. Например, из рис. 3–6 видно, что с повышением уровня экономического и человеческого развития растет экологическая нагрузка на окружающую среду.

Превышение величины экологического следа над величиной биоемкости, которое показано на рис. 3, вызывает увеличение экологического дефицита (рис. 4).

Следовательно, прогресс в экономическом развитии, которое отражается показателем ВВП (рис. 5), проходит на фоне деградации состояния окружающей среды.

Одновременный рост показателя ИРЧП и экономического роста проходит совместно с падением показателя ИНН (рис. 6). Показатели уровня экологического следа и ИРЧП на графиках синхронно растут. Следовательно, результаты поведения виртуальной страны, которые показывает модель «Стратагема», близки к поведению реальных стран.

С помощью данных показателей можно взглянуть на полученные результаты с позиции концепции устойчивого развития: экологический след отражает экологическую обстановку, ВВП позволяет оценить экономическое развитие страны, а показатели ИРЧП и ИНН показывают агрегированное состояние социально-экономических показателей страны (бедность, грамотность, средняя продолжительность жизни и др.).

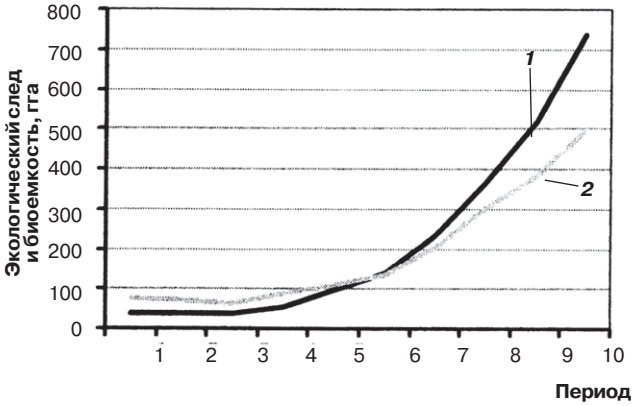

Рис. 3. Динамика изменения индикаторов «экологический след» и «биоемкость»:

1 – экологический след; ***2*** – биоемкость

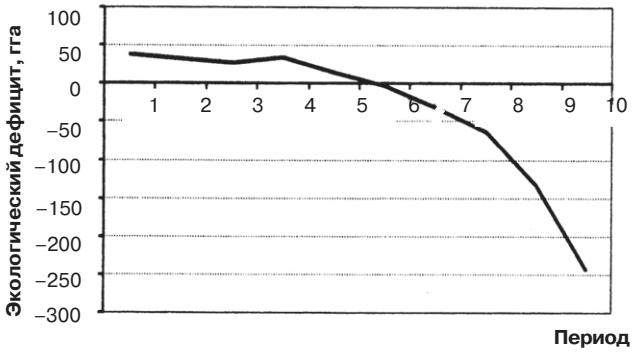

Рис. 4. Динамика изменения экологического дефицита

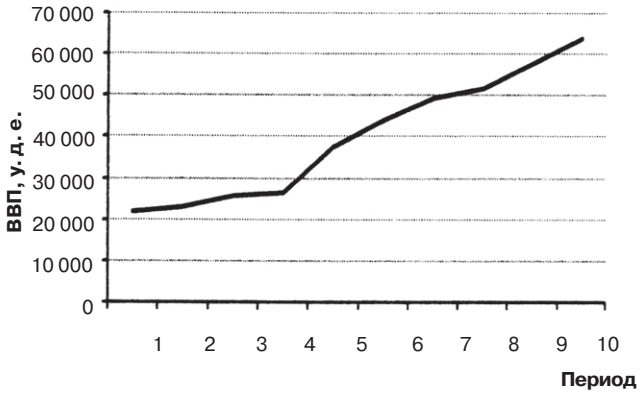

Рис. 5. Динамика изменения ВВП

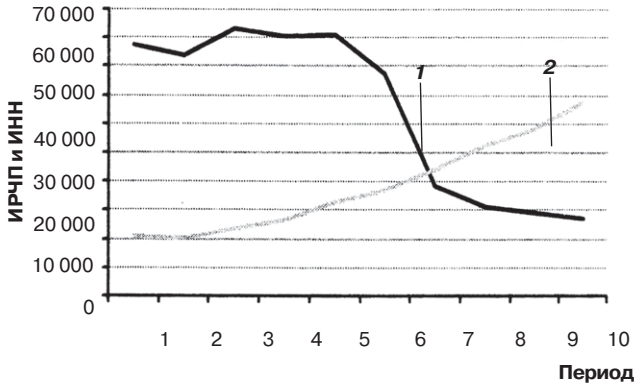

Рис.6. Динамика изменений индексов ИНН и ИРЧП:

1 – ИНН; ***2*** – ИРЧП

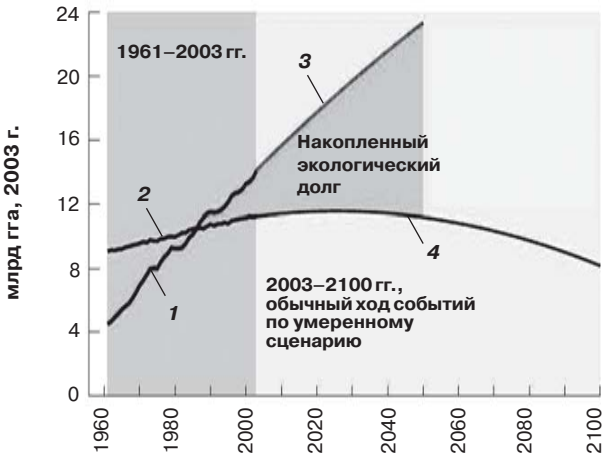

Рис. 7. Сценарий «обычного хода» событий [4]:

1 – экологический след; ***2*** – биоемкость; ***3*** – экологический след (до 2050 г.); ***4*** – биоемкость

Интересным является тот факт, что наиболее встречающаяся стратегия развития государства, связанная с ростом экономического и человеческого развития, а также антропогенного воздействия совпадает со сценарием «обычного хода событий», который отражен в отчете WWF 2006 г. [4] (рис. 7).

Предполагается, что биоемкость упадет до уровня продуктивности 1961 г. или ниже его, если масштабы перерасхода будут расти. Это падение может ускориться с ростом экологического долга, и такая потеря продуктивности может оказаться невосполнимой.

В соответствии с данным сценарием биоемкость будет продолжать расти так же, как за последние 40 лет росла урожайность. Впоследствии, когда сохраняющийся перерасход скажется на состоянии продуктивных экосистем, этот рост приостановится. Данный сценарий предусматривает 60%-ное увеличение к 2050 г. экологического следа, связанное с использованием пахотных угодий и поглощением CO_2. В то же время предполагается увеличение спроса на пастбищные и рыбопромысловые ресурсы на 85%, а на лесные ресурсы – на 110%. В результате при умеренном росте численности населения величина следа среднего жителя возрастет к середине XXI в. с 2,2 гга по состоянию на 2003 г. до 2,6 гга [4].

Анализ накопленных стратегий игры «Стратагема» показывает, что традиционная оценка на основе «сводного счета» не позволяет сделать вывод о том была та или иная стратегия успешной или нет. То есть экономический рост может осуществляться за счет деградации окружающей среды и истощения человеческих ресурсов (вымирания населения).

Замена «сводного счета» «Стратагемы» на комплексный метод оценки, основанный на индексах и индикаторах устойчивого развития, дает целостную и более объективную картину при анализе результатов игры, позволяет повысить качество образования и своевременно внести коррективы в учебную программу преподаваемой дисциплины.

Список литературы

1. ***Тарасова Н.П.*** Индексы и индикаторы устойчивого развития / Н.П. Тарасова, Е.Б. Кручина // Устойчивое развитие: природа – общество - человек: материалы международной конференции. – М., 2006. – Т. 1. – С. 127–144.
2. Человеческое развитие: новое измерение социально-экономического прогресса: учеб. пособие / под общ. ред. проф. В.П. Колесова. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Права человека, 2008. – 636 с.
3. Индекс человеческого развития: Проблемы и перспективы: сб. статей / под ред. А.А. Саградова. – М.: МАКС Пресс, 2002. – 96 с.
4. Доклад «Живая планета – 2006». WWF Intl / WWF России, 2006. – 40 с. (Режим доступа: http://www.wwf.ru/resources/publ/book/203/).
5. Доклад «Живая планета-2008». WWF Intl / WWF России, 2008. – 48 с. (Режим доступа: http://www.wwf.ru/resources/publ/book/311/).
6. The ecological footprint atlas 2008 (Режим доступа: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/ecological_footprint_atlas_2008/).
7. The ecological footprint atlas 2009 (Режим доступа: http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological_Footprint_Atlas_2009.pdf).

Семинар «Образование и устойчивое развитие. Стратегия роста АТЭС»

10 декабря 2010 г. в Москве состоялся семинар «Образование и устойчивое развитие. Стратегия роста АТЭС». Целью семинара являлась разработка рекомендаций по развитию образовательного сотрудничества экономик АТЭС. В ходе семинара рассмотрены следующие вопросы:

– образование как фактор устойчивого, сбалансированного и всеобъемлющего роста, стратегия роста АТЭС 2010;

– Россия в АТЭС, возможности сотрудничества для инновационного роста;

– новые задачи в области образования в связи с принятием «Стратегии АТЭС в сфере развития»;

– АТЭС – повестка дня 2011;

– вклад России в развитие образовательного сотрудничества на пространстве АТЭС;

– состояние и тенденции развития образовательного и научно-технического сотрудничества экономик АТЭС;

– презентация программы развития Дальневосточного федерального университета.

С программой семинара можно ознакомиться по адресу: http://mon.gov.ru/files/materials/8061/10.12.10-prog.pdf

УДК 380

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ И ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»

THE PRINCIPLES OF EDUCATIONAL PROGRAMS AND TEACHING TECHNOLOGIES FOR "SAFETY IN TECHNOSPHERE"

В.А. Девисилов, *доцент, канд. техн. наук,*
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

V.A. Devisilov, *Assistant Professor, Candidate of Technical Sciences,*
State Educational Institution of Higher Professional Education
The Moscow State Technical University of N.E.Bauman

e-mail: devisil@mail.ru

В статье представлены принципы построения вузовских образовательных программ, обеспечивающих возможности реализации индивидуально-ориентированной либеральной системы асинхронного обучения, основанного на использовании современных активных технологий модульного, контекстного и проблемного обучения для повышения эффективности формирования ноксологических компетенций и расширения вариативных возможностей программы.

The author introduces the educational program principle at higher school that enables the realization of the individual-oriented liberal system of asynchronic education, based on the use of modern active technologies of modular, contextual and problem education for increasing the effectiveness of developing noxological competences and broadening the program options.

Ключевые слова: ноксологическое образование (noxological education), компетенции (competences), технологии обучения (education technology), самостоятельная работа (independent work), контекстное обучение (contextual education), проблемное обучение (problem education), индивидуально ориентированное обучение (individual-oriented education), асинхронное обучение (asynchronic education), образовательная программа (educational program)

1. Введение в проблему

Разработка образовательных программ, основанных на новых утвержденных федеральных государственных стандартах (ФГОС) высшего профессионального образования, – крайне актуальная задача сегодняшнего дня. В отличие от стандартов предыдущего поколения, новые стандарты практически не дают представления о содержании образования, а лишь регламентируют его результаты и представляют некие рамочные его конструкции и базовые требования к организации образовательного процесса.

По сути, вся содержательная часть, инструментарий обучения должны содержаться в вузовских образовательных программах. Каких-то жестких регламентаций и требований к образовательным программам нет. Вуз вправе разработать свою, удобную именно для него образовательную программу, которая, однако, является обязательной для ведения образовательного процесса, аттестации и аккредитации вуза и конкретного направления обучения.

В рамках подготовки к переходу на новые образовательные стандарты учебные отделы вузов требуют от кафедр, обучающих по различным направлениям и специальностям, разработки основных образовательных программ по направлению и профилю подготовки. При этом у кафедр возникают большие сложности, ибо, как правило, раньше они ориентировались на рекомендации министерства в виде примерных программ, учебных планов, методик организации учебного процесса [1, 2, 3].

И сейчас перед учебно-методическими объединениями и их головными вузами министерством поставлена задача – разработать примерные основные образовательные программы (ПрООП) направлений подготовки, которые должны стать инструментарием для разработки вузовских образовательных

программ. Для оказания помощи кафедрам, учебным отделам и разработчикам ПрООП были предложены структура, содержание и технология проектирования программ, выделены наиболее важные структурно-содержательные контенты и организационно-методические разделы [4].

По направлению «Техносферная безопасность» учебно-методическим советом УМО вузов по университетскому политехническому образованию были определены в качестве базовых несколько профилей: безопасность жизнедеятельности в техносфере, безопасность технологических процессов и производств, безопасность труда, инженерная защита окружающей среды, охрана природной среды и ресурсосбережение, пожарная безопасность, защита в чрезвычайных ситуациях, радиационная и электромагнитная безопасность.

Разработка ПрООП отдельных профилей была поручена авторским коллективам вузов, имеющих большой опыт учебной и методической работы в области различных направлений безопасности. 18 октября 2010 г. состоялся пленум Учебно-методического совета «Техносферная безопасность», на котором были рассмотрены результаты полугодовой работы авторских коллективов и намечены направления дальнейшей работы над ПрООП.

2. Принципы построения образовательных программ

Считаю, что разработка программ в рамках ныне существующей квазиадминистративной образовательной системы не имеет перспективы, а лишь консервирует ныне существующую традиционную систему синхронного обучения на основе жестко регламентированных учебных планов. Это приведет к стагнации высшего образования и не позволит реализовать инновационные механизмы его модернизации, на которые ориентированы новые стандарты и которые должны сделать профессиональное образование гибко реагирующим на потребности экономики и личности.

Новая образовательная парадигма, представленная стандартами, требует эволюционного перехода к либеральной системе высшего образования, которая более гармонизирована с европейскими индивидуально ориентированными системами и в большей мере соответствует подвижной структуре современного рынка труда.

Спроектировать образовательную программу, соответствующую новым требованиям, непросто. Программа должна обеспечивать возможность постепенного перехода от традиционного образования к либеральной асинхронной системе обучения. Таким образом, в программе нужно предусмотреть как возможность организации обучения по-старому, в рамках жестких учебных планов, так и поэтапный переход, начиная, прежде всего, с этапов специализированной подготовки и профилизации, которая, как правило, осуществляется в рамках более узких кафедральных планов, на индивидуально ориентированную систему обучения.

Как это сделать? В рамках представленной в [4] структурно-содержательной схемы образовательной программы и этапов ее проектирования предлагаю реализовать это следующим образом. Во-первых, следует определиться с содержанием подготовки по каждому из указанных выше профилей.

Целеполагание является основным элементом проектирования образовательной программы и предусматривает определение целей обучения, областей, объектов, видов и задач будущей профессиональной деятельности и формирование связанных с ней профессиональных профильных компетенций.

В таблице представлены предлагаемые автором идентификационные признаки утвержденных профилей в виде набора основных областей и объектов профессиональной деятельности и преимущественных ее видов и задач.

Идентификация профиля осуществляется номенклатурой профильных компетенций, составом профилирующих модулей или дисциплин, обеспечивающих формирование профильных компетенций, и содержанием выпускной квалификационной работы (ВКР). В ВКР должны решаться одна или несколько указанных выше задач, характеризующих профиль деятельности. Более подробно номенклатуру профильных компетенций, структуру и содержание ВКР бакалавра по профилям обучения в рамках направления «Техносферная безопасность» предполагается рассмотреть в следующей статье.

При переходе вузов на многоуровневую модель обучения и реализацию компетентностного и модульного подхода должны измениться характер, время и направленность взаимодействия преподавателей со студентами, студентов с учебно-научной информацией, а также технология всех форм образовательного процесса. Современные образовательные технологии требуют создания в вузе соответствующей инновационной образовательной среды, интегрирующей такие аспекты образования, как ценностно-целевой и содержательно-процессуальный.

На рисунке представлена структура основных технологий, рекомендуемых для применения при формировании ноксологических компетенций выпускников вузов. Вузовские образовательные программы и рабочие программы ее отдельных модулей должны быть ориентированы на использование

Таблица

Области и задачи профессиональной деятельности бакалавров[1]

Номер и наименование профиля	Основные области и объекты профессиональной деятельности	Преимущественные виды и задачи профессиональной деятельности*
1. Безопасность жизнедеятельности в техносфере (280701)	Обеспечение комплексной безопасности человека в техносферном регионе. Системы и технологии обеспечения техносферной безопасности в городах, промышленно-территориальных комплексах	*Организационно-управленческая:* организация структур обеспечения комплексной безопасности и устойчивого функционирования техносферных районов, промышленных узлов, организаций и предприятий и управление их работой, риск-менеджмент территорий. *Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская:* комплесная экспертиза безопасности территорий, промышленных объектов и проектов их развития; надзор за функционированием комплексов обеспечения безопасности, аудит безопасности территориально-промышленных комплексов. *Проектно-конструкторская:* разработка технико-технологических схем и проектов инженерного обеспечения комплексной безопасности и устойчивого функционирования территорий, предприятий и территориально-промышленных узлов. *Научно-исследовательская:* анализ и оценка комплекса рисков на территориях, их сочетанного характера и причинно-следственных связей в них
2. Безопасность технологических процессов и производств (280702)	Обеспечение промышленной безопасности технических объектов и производственных процессов. Опасные технологические процессы и производства	*Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская:* экспертиза промышленной безопасности опасных производственных процессов, производств и технических объектов; надзор за промышленной безопасностью, аудит безопасности опасных технологий и производств; расследование промышленных аварий. *Научно-исследовательская:* анализ и оценка техногенных рисков опасных технологий и производств, исследование новых методов диагностики состояния безопасности и снижения риска опасных производств. *Проектно-конструкторская:* разработка деклараций промышленной безопасности, проектов систем контроля и диагностики безопасности опасных технических объектов, специальных систем обеспечения техногенной безопасности. *Организационно-управленческая:* организация системы обеспечения промышленной безопасности и управление ее функционированием. *Сервисно-эксплуатационная:* эксплуатация специальных систем и устройств диагностики и обеспечения безопасности технических объектов
3. Безопасность труда (280703)	Обеспечение безопасности и благоприятных условий трудовой деятельности в рабочих зонах, рабочих местах. Зоны и места, где осуществляется трудовая производственная деятельность	*Организационно-управленческая:* организация охраны труда на предприятиях и управление деятельностью служб охраны труда, менеджмент безопасности труда и здоровья работников, инструктаж и обучение по охране труда, сертификация системы охраны труда на предприятии, профилактика травматизма и профессиональных заболеваний. *Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская:* аттестация рабочих мест по условиям труда; надзор за соблюдением требований по охране труда Трудового кодекса и нормативных правовых актов по безопасности труда; расследование несчастных случаев на производстве. *Проектно-конструкторская*: разработка конструкций индивидуальных и коллективных средств защиты работников и обеспечения благоприятных климатических, световых и эргономических условий труда. *Сервисно-эксплуатационная:* эксплуатация и обслуживание систем и устройств обеспечения безопасности условий труда. *Научно-исследовательская:* исследование условий труда, анализ производственных рисков, показателей травматизма и здоровья работников, изучение новых методов обеспечения безопасности труда, организации травмобезопасного трудового процесса
4. Инженерная защита окружающей среды (280704)	Защита окружающей природной среды от негативного антропогенного воздействия. Средства и технологии защиты окружающей среды от антропогенного загрязнения	*Проектно-конструкторская*: разработка проектов систем и устройств защиты окружающей среды от ингредиентных и энергетических загрязнений, переработки и утилизации техногенных образований и отходов потребления. *Научно-исследовательская:* исследование новых методов защиты окружающей среды, реабилитации загрязненных и нарушенных территорий, основанных на технических и технологических решениях. *Сервисно-эксплуатационная:* эксплуатация и обслуживание систем, устройств и аппаратов очистки и защиты окружающей среды от негативного антропогенного и техногенного воздействия. *Организационно-управленческая:* организация служб инженерного обеспечения экологической безопасности и управление их работой, экологический менеджмент на предприятии, экологическое страхование. *Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская:* надзор за эксплуатацией систем, аппаратов и устройств обеспечения экологической безопасности, экспертиза экологической безопасности на предприятии, экологический аудит, экспертиза страховых рисков при экологическом

Продолжение таблицы

Номер и наименование профиля	Основные области и объекты профессиональной деятельности	Преимущественные виды и задачи профессиональной деятельности*
5. Охрана природной среды и ресурсосбережение (280705)	Обеспечение контроля состояния природной среды и оценки антропогенного воздействия на нее, рационализация природопользования и управление качеством окружающей среды. Системы контроля и мониторинга окружающей среды, сбережения природных ресурсов, технологии рационализации природопользования	*Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская:* контроль и мониторинг состояния окружающей среды, экологическая экспертиза и аудит, надзор за соблюдением требований экологического законодательства, оценка воздействия на окружающую среду техносферных регионов и проектов строительства новых технических объектов. *Организационно-управленческая:* организация систем экологического контроля и мониторинга, разработка эколого-логистических схем, экологический менеджмент на предприятии, управление природоохранной деятельностью на уровне района, городских территорий. *Научно-исследовательская:* исследование новых методов контроля и мониторинга окружающей среды, контроля за источниками загрязнения, новых технологий энерго- и ресурсосбережения. *Проектно-конструкторская*: разработка технических проектов контроля и мониторинга окружающей среды, геоинформационных систем, энерго- и ресурсосберегающих технологий, внедрения альтернативных топлив и нетрадиционных возобновляемых и сберегающих источников энергии, проектов использования вторичных ресурсов, замкнутых производственных циклов, экологически оптимизированных циклов «производство – потребление»
6. Пожарная безопасность (280706)	Обеспечение пожарной безопасности промышленных, общественных и жилых зданий и сооружений, селитебных и природных территорий. Селитебные и природные территории, здания и сооружения, пожаровзрывоопасные технологии и процессы	*Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская:* контроль и надзор за соблюдения требований пожаро-, взрывобезопасности на предприятиях, в общественных и жилых зданиях, на селитебных территориях; мониторинг пожарной обстановки, экспертиза пожаро-, взрывоопасности строительства новых объектов и проектов внедрения новых технологий. *Организационно-управленческая:* организация и проведение профилактических противопожарных мероприятий, организация служб пожарной охраны, систем оповещения, управление тушением пожаров, в т.ч. природных лесостепных и торфяных. *Сервисно-эксплуатационная:* эксплуатация и обслуживание систем и средств пожаротушения. *Научно-исследовательская:* исследование новых способов тушения пожаров различного типа, средств тушения пожаров, огнетушащих веществ, пожаро-, взрывобезопасных материалов. *Проектно-конструкторская*: конструирование средств тушения, разработка технических проектов тушения пожаров, геоинформационных систем о лесных пожарах
7. Защита в чрезвычайных ситуациях (280707)	Обеспечение защиты населения в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, гражданской обороны в условиях предвоенного и военного времени. Селитебные территории, источники возможных чрезвычайных ситуаций техногенных и природного характера	*Организационно-управленческая:* организация и проведение спасательных операций при возникновении чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, организация служб РСЧС и гражданской обороны, систем оповещения, организация эвакуации населения из опасных зон, управление проведением превентивных мероприятий по защите населения, территорий, объектов от воздействия опасных факторов ЧС, организация устойчивого функционирования объектов экономики и территорий в условиях ЧС и ликвидации их последствий. *Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская:* экспертиза готовности объектов экономики и территорий к чрезвычайным ситуациям мирного и военного времени, надзор за соблюдением требований законодательных и нормативных правовых актов в области безопасности в чрезвычайных ситуациях, инспекция объектов экономики и территорий с целью профилактики ЧС. *Сервисно-эксплуатационная:* эксплуатация и обслуживание систем и средств спасения людей и материальных ценностей и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. *Научно-исследовательская:* анализ и оценка риска ЧС, изучение новых методов прогнозирования наступления ЧС, ее масштабов и характера, исследование новых способов спасения людей при ЧС различного характера, средств ликвидации последствий ЧС. *Проектно-конструкторская*: конструирование средств спасения, средств защиты при ЧС, разработка технических проектов проведения спасательных и ликвидационных работ, разработка геоинформационных систем, спутниковых систем оповещения о чрезвычайных ситуациях, разработка проектов превентивных мероприятий для устранения или уменьшения последствий ЧС
8. Радиационная и электромагнитная безопасность (280708)	Обеспечение радиационного и электромагнитного мониторинга селитебных территорий, электромагнитной и радиационной безопасности на них.	*Экспертная, надзорная и инспекционно-аудиторская:* экспертиза и контроль радиационной и электромагнитной обстановки на селитебных территориях, надзор за соблюдение требований законодательных и нормативных правовых актов по радиационной безопасности, обращению с источниками радиации и неионизирующего излучения, радиоактивными отходами; выполнение радиопрогноза на местности, разработка санитарных паспортов источников неионизирующего излучения.

Окончание таблицы

Номер и наименование профиля	Основные области и объекты профессиональной деятельности	Преимущественные виды и задачи профессиональной деятельности*
		Научно-исследовательская: исследование новых методов и средств защиты от электромагнитных полей и ионизирующего излучения, методик расчетного и экспериментального радиопрогноза на местности, новых систем постоянного и дистанционного контроля. *Проектно-конструкторская*: разработка проектов размещения источников излучения, проектов санитарно-защитных зон и зон ограничения застройки, технических решений по снижению уровня излучений и проектов реабилитации радиационно-загрязненых территорий, инженерных решений по обращению с радиоактивными отходами

указанных технологий обучения. Примером построения программы курса (дисциплины, модуля) может являться новая примерная программа дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» [6, 7], которая ориентирована на внедрение современных образовательных технологий [8, 9].

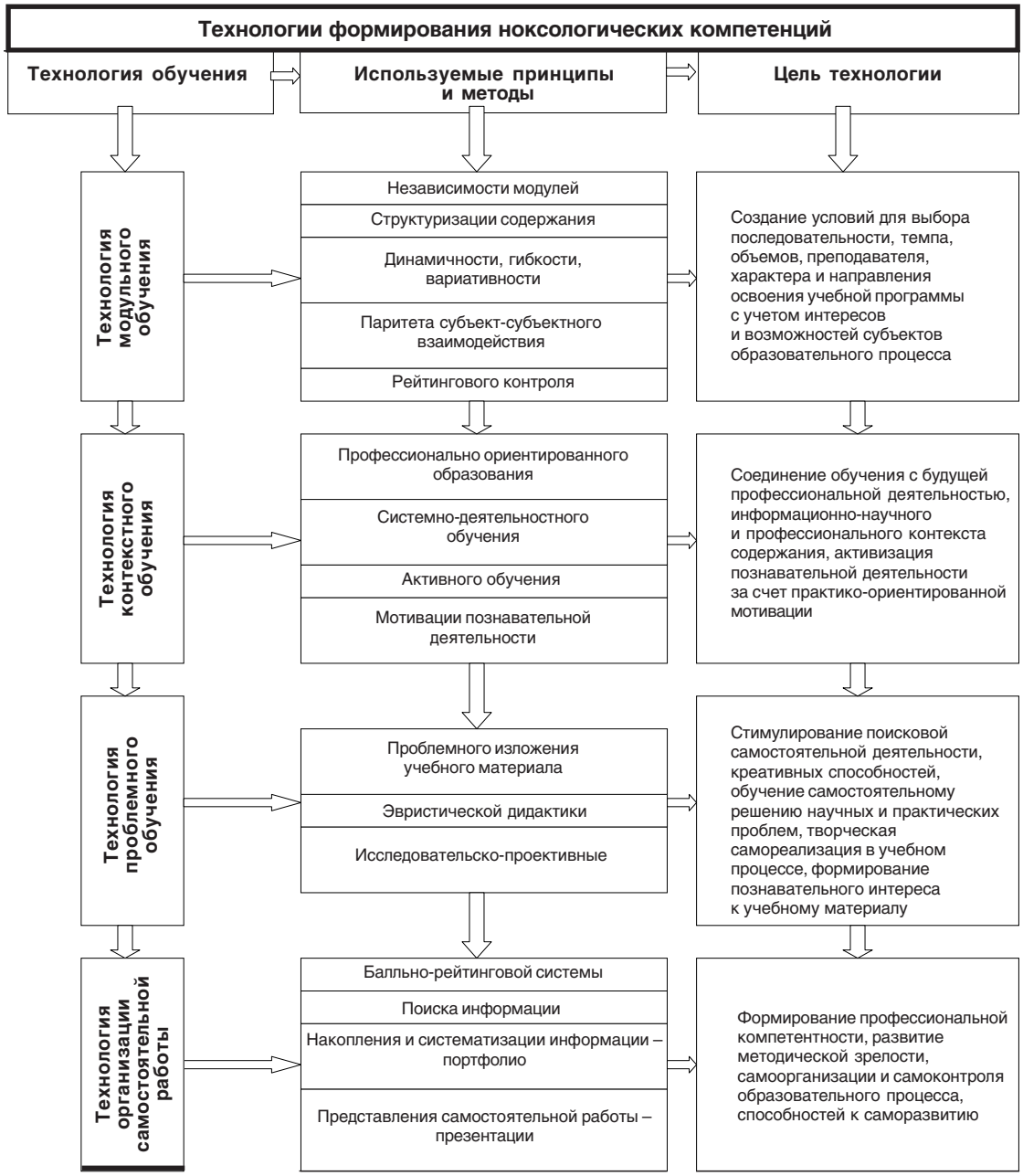

Рисунок. Технологии обучения

3. Технология модульного обучения

В модульной технологии содержание образования представляется в законченных, самостоятельных модулях, являющихся и «банком» информации, и методическим руководством по ее усвоению. Это дает возможность выбора уровня и направления освоения программы. При этом смещаются акценты деятельности преподавателя с информационной и контрольно-оценочной в сторону информационно ориентирующей и консультативно координирующей при активном взаимодействии субъектов образовательной деятельности (преподавателя и студента) в рамках освоения конкретного модуля с использованием наиболее подходящих обучающих технологий.

Модульная программа – это система логически завершенных элементов содержания образования конкретных направлений, профилей или учебных дисциплин – учебных модулей.

Обучение предлагается строить по **модульно-блочному принципу**. Под модулем понимается укрупненная, относительно независимая логико-понятийная тема, характеризующаяся общностью используемого понятийно-терминологического аппарата.

Каждый модуль состоит из трех блоков: **инвариантного блока**, включающего ядро (минимум) знаний, законов, принципов, понятий, обладающих значительной временной стабильностью (это особенно важно для знания, находящегося в индуктивном периоде развития); **вариативных блоков**, состоящих из **блока профиля** и **блока вузовской образовательной программы** с конкретными научно-практическими знаниями и фактологическим материалом применительно к определенному виду профессиональной деятельности, регионально-отраслевым особенностям, специфике кадрового состава, направленности научной профилизации вуза, кафедры, учебно-научного подразделения.

Содержание вариативных блоков в каждом модуле более подвижно, может оперативно корректироваться преподавателем и имеет направленность на профессиональную деятельность. В нем устанавливается связь между полученным в инвариантном блоке (ядре) комплексом знаний и его использованием в реальной профессиональной деятельности, т.е. оно выполняет праксиологическую и мотивационную функции. Каждый содержательный учебно-образовательный модуль ориентирован на формирование совокупности компетенций, приобретение определенных знаний, умений и навыков в области безопасности жизнедеятельности.

Модульная технология обучения обеспечивает возможность:

- изучения отдельных модулей в различные интервалы времени и в различной последовательности;
- выбора студентом преподавателя для освоения того или иного модуля;
- выбора студентом преподавателя для руководства и консультирования по самостоятельной работе;
- формирования студентом индивидуальных учебных планов.

Для реализации модульной технологии обучения необходима **специальная организация учебного процесса**, дающего возможность:

- формирования вариативного расписания обучения по отдельным учебно-образовательным модулям дисциплины различными преподавателями;
- углубленной научной, практической и методической подготовки преподавателей, специализирующихся на проведении занятий по отдельным модулям;
- использования накопительной кредитной балльно-рейтинговой системы контроля и диагностирования результатов освоения учебной программы.

При формировании профилизированного модульного учебного плана по направлению «Техносферная безопасность» следует:

- определиться с названием и содержанием профилизирующих модулей или вариативных блоков (подмодулей) общих модулей или дисциплин направления, обеспечивающих достижение целей, указанных в таблице;
- количество профилизирующих модулей и подмодулей сделать во всех профилях одинаковым;
- содержание профилизирующих модулей или подмодулей общих модулей целесообразно сделать одинаковыми по трудоемкости (в зачетных единицах) как в рамках одного профиля, так между модулями;
- рассматривать обязательные профилирующие модули одного профиля в качестве возможных дисциплин по выбору студента, обучающегося по другому профилю направления «Техносферная безопасность».

Учебный план в соответствии с ФГОС состоит из следующих циклов дисциплин: гуманитарный, социальный и экономический; математический и естественнонаучный; профессиональный. Каждый цикл состоит из базовой и вариативной частей. Именно вариативная часть, имеющая значительную трудоемкость, определяет профилизацию образовательной программы. При этом не менее одной трети суммарного объема вариативных

частей циклов должны составлять дисциплины по выбору студента. Поэтому автору представляется, что соответствующее построение учебного плана и использование в качестве дисциплин по выбору дисциплин другого профиля предоставляет возможность студенту при желании освоить два профиля без значительного превышения регламентированной трудоемкости учебного процесса (при этом превышение трудоемкости допустимо, если выполняется по желанию студента при формировании индивидуального учебного плана).

Именно предлагаемая однотипность по количеству и трудоемкости модулей позволяет упростить технологию формирования студентом своей образовательной программы при консультационной помощи преподавателя, а кафедрам и учебным отделам – вариативных учебных планов. Даже в рамках дисциплин (модулей) базовой части того или иного цикла можно за счет включения профилизирующих разделов (подмодулей) осуществлять индивидуализацию обучения и специализацию. Например, в экономическом модуле, кроме общей теории экономики, можно ввести специализирующие вариативные подмодули: экономика безопасности в техносфере (профиль 1), экономика промышленной безопасности (профиль 2), экономика безопасности труда (профиль 3), экономика природопользования (профили 4, 5), экономика обеспечения пожарной безопасности (профиль 6), экономические аспекты ЧС (профиль7), экономические аспекты энергетических загрязнений (профиль 8). Такие профилизирующие вариативные разделы (подмодули) можно ввести и в большинство других базовых дисциплин (модулей) ФГОС. К сожалению, в рамках объема одной статьи не представляется возможным изложить подробную методику формирования содержания образовательной программы, ее учебных планов и дать примеры конкретной реализации, что будет сделано в следующих публикациях.

4. Технология контекстного обучения

Использование технологии контекстного обучения [9] позволит устранить одно из основных противоречий реализуемого ныне ноксологического образования, состоящего в отрыве теории от практики, разрыва учебной деятельности студента в области безопасности и будущей профессиональной деятельности. В описанной выше блочной структуре учебных модулей предусмотрено введение в содержание профессионально ориентирующего контента. Профессиональный контекст должен быть введен во все предусмотренные программой базовые формы учебной деятельности студента – **традиционно академические** (лекции и семинары), **квазипрофессиональные** (деловые и ролевые игры, лабораторные практикумы), **учебно-профессиональные** (практики, разделы курсового и дипломного проектирования).

В соответствии с примерной программой содержание инвариантного блока каждого учебного модуля предусматривает возможность конструирования контекстно-информационных и контекстно-научных типов лекций.

Контекстно-информационный характер лекции выстраивается в логике передачи учебной информации на примере практических иллюстративных опасных ситуаций, сформированных на основе принципа ближних интересов обучаемых [10, 11]. При чтении такой лекции целесообразно использовать компьютерные технологии, с помощью которых вербальный материал сопровождается описанием, показом или визуальной демонстрацией опасных ситуаций, объяснением причин и указанием источников их возникновения, сравнительным анализом используемых средств и технологий защиты.

Контекстно-научный характер лекции выстраивается в логике раскрытия научных фактов при анализе исследований и экспериментов, выполненных либо другими исследователями, либо самим преподавателем, в частности, с участием студентов в рамках исследовательского и проективного методов обучения. Такой характер лекции приобщает студентов к научному поиску, расширяет представление о значимости науки о безопасности и необходимости совершенствования техники и технологии с точки зрения безопасности.

Доминирование того или иного типа лекции определяется видом учебного модуля, а также уровнем и характером научно-исследовательской деятельности преподавателя. Два вариативных блока каждого модуля (блок профиля и вузовский блок) должны иметь ярко выраженный **контекстно-профессиональный характер**. Такие лекции строятся в логике возникновения опасных ситуаций в сфере будущей профессиональной деятельности и применения наиболее характерных методов, технологий и средств обеспечения безопасности.

Технология контекстного обучения безопасности и защите окружающей среды формирует мотивационные стимулы заинтересованного изучения предмета, основанные на понимании специфики и значимости изучаемого материала в будущей профессии. Развитие рефлексии понимания своего незнания и заблуждений в оценке риска профессиональной деятельности является для студента мощным стимулом для изучения дисциплины и приобретения ноксологических и экологических компетенций.

В рамках теории контекстного обучения наиболее подходящим является применение *кейс-технологий,* основное предназначение которых заключается в обучении способам решения практико-ориентированных научных и профессиональных задач обеспечения безопасности и защиты окружающей среды. Целесообразно для каждого профиля профессиональной деятельности разработать учебные кейсы, состоящие из набора типичных и актуальных ситуаций и событий разного уровня сложности, ярких примеров из каждого типа ситуаций, характерных вариантов решения профессиональных задач и жизненных ситуаций.

Контекстные лекции и семинары позволяют резко повысить эффективность освоения регламентированных стандартом компетенций за счет перехода от традиционной передачи информации к активному освоению учебного содержания с использованием механизмов погружения студентов в профессионально-практический и жизненный контекст через конкретные опасные ситуации. Контекст ситуаций определяется в зависимости от времени изучения того или иного учебного модуля на основе принципа ближнего окружения.

5. Технология проблемного обучения

Применение технологии проблемного обучения, предназначенной для развития продуктивной деятельности студентов, особенно актуально при формировании ноксологических компетенций. Традиционные технологии обучения безопасности жизнедеятельности, реализуемые в настоящее время в большинстве вузов, способствуют лишь формированию репродуктивных знаний. Основными структурными единицами проблемного обучения являются проблемная ситуация, проблемный вопрос, проблемная задача и процесс их разрешения или ответа. Наиболее частым и сложным вопросом в области безопасности является проблема идентификации опасностей, заключающаяся в определении номенклатуры опасностей и количественной оценке их риска. Следующим проблемным вопросом или проблемной ситуацией является: выбор оптимального метода снижения риска (индивидуального, социального, экологического) или повышения безопасности и экологичности. Методами проблемного обучения являются: **проблемное изложение** (фомулировка преподавателем проблемы, возможных вариантов решения и демонстрация поиска наилучшего решения), **эвристический метод** (формулировка неординарной жизненной или профессиональной опасной ситуации, предоставление возможности студентам самостоятельно найти и обосновать ее решение), **исследовательско-проективный метод**, заключающийся в вовлечении студентов в реальную исследовательскую и проектную деятельность под руководством преподавателя для решения конкретных экологических задач и задач обеспечения безопасности или улучшения условий труда [12]. Каждый преподаватель конструирует набор проблемных задач и ситуаций различного уровня сложности. В рамках контекстного обучения проблемы должны быть ориентированы на конкретные жизненные ситуации и профессиональные задачи. Формулировка проблемных ситуаций может исходить и от самого студента, работающего над каким-либо учебным или реальным исследовательским проектом. Поэтому представляется целесообразным в рамках учебных дисциплин, проектов или работ ставить задачи анализа опасностей и обеспечения безопасности.

Сочетание контекстного и проблемного обучения резко активизирует познавательную деятельность студента за счет включения механизма мотивации.

6. Технология самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы студентов (СРС) приобретает особую значимость в связи с переходом к компетентностной образовательной парадигме. В результате такого перехода самостоятельная работа становится ведущей формой организации учебного процесса. Не секрет, что самостоятельная работа в настоящее время присутствует в учебных планах формально и не выполняет основной ее функции – формирования компетенций. Проблемы организации самостоятельной работы в рассматриваемой предметной области связаны с недостаточной ее целенаправленностью, методической разработкой, отсутствием системы оценивания СРС, слабой ее дифференцированностью и вариативностью, ориентацией на индивидуальные склонности и интересы студентов. Возможности для аудиторной СРС крайне ограничены временными рамками, которые, однако, могут быть расширены с применением активных методов обучения при внедрении компьютерных технологий.

Требуется изменение традиционных и внедрение новых видов внеаудиторной СРС, направленной на развитие способностей самостоятельного освоения отдельных тем учебных модулей. В самостоятельную работу рекомендуется шире внедрять практику подготовки рефератов, презентаций и доклада по ним. Тематика реферата должна иметь проблемный и профессионально ориентированный характер, требующий самостоятельной творческой работы студента.

Такая интерактивная технология обучения способствует развитию у студентов информационной коммуникативности, рефлексии, критического

мышления, самопрезентации, умений вести дискуссию, отстаивать свою позицию и аргументировать ее, анализировать и синтезировать изучаемый материал, акцентированно представлять его аудитории. Качество реферата (его структура, полнота, новизна, количество используемых источников, самостоятельность при его написании, степень оригинальности и инновационности предложенных решений, обобщений и выводов), а также уровень доклада (акцентированность, последовательность, убедительность, использование специальной терминологии) учитываются в итоговой экзаменационной оценке по дисциплине.

7. Заключение

В соответствии с утвержденным ФГОС направления «Техносферная безопасность» вуз обязан обеспечить обучающимся реальную возможность участия в формировании своей программы обучения, включая разработку индивидуальных образовательных программ, при этом студенты имеют право выбирать конкретные дисциплины (модули) образовательной программы.

Предложенные принципы и методика формирования образовательной программы направления позволяют студенту из отдельных модулей, как из кирпичиков, строить индивидуальную образовательную траекторию. На сайте кафедры или учебного отдела, доступного для студентов, должна быть дана полная информация о профилях, областях, объектах, видах и задачах деятельности по ним, представлены образовательные модули (дисциплины) и их полное содержание и трудоемкость, указаны необходимые модули, формирующие тот или иной профиль, и предложены рекомендуемые образовательные траектории освоения реализуемых вузом профилей. Кроме того, в образовательной программе и на сайте должна быть представлена ясная система диагностики и квалиметрии компетенций в рамках накопительной системы зачетных единиц (предложение о структуре такой системы см. в [4]).

В соответствии с ФГОС при формировании индивидуальной образовательной программы студент имеет право получать консультацию в вузе по выбору модулей и их влиянию на будущий профиль или профили подготовки. После сбора информации о выборе обучающимися модулей, как и преподавателей, их реализующих, вуз формирует учебные планы и индивидуальные плангы работы преподавателей на очередной учебный год, корректируя, объединяя или дифференцируя образовательные программы в процессе консультационно-корректирующей работы со студентами в зависимости от реальных возможностей вуза.

Образовательная программа должна базироваться на современных активных образовательных технологиях, включающих контекстные, проблемные и компьютерные технологии. При этом самостоятельная работа студента как в формировании образовательных траекторий, так и в освоении обучающих модулей должна стать важнейшей составляющей учебного процесса.

Список литературы

1. Направление подготовки дипломированного специалиста 656500 – Безопасность жизнедеятельности: сб. учеб.-метод. материалов. Ч. 1. / под ред. С.В. Белова и В.А. Девисилова // М.: МГТУим. Н.Э. Баумана, 2002. – 246 с.

2. Направление подготовки дипломированного специалиста 656500 –Безопасность жизнедеятельности: сб. учеб.-метод. материалов. Ч. 1. / под ред. С.В. Белова и В.А. Девисилова // М.: МГТУим. Н.Э. Баумана, 2002. – 183 с.

3. ***Девисилов В.А.*** Методические рекомендации по организации учебного процесса по направлениям подготовки дипломированных специалистов 656500 (280100) «Безопасность жизнедеятельности», 656600 (280200) и 553100 «Защита окружающей среды». Ч. 1. Оценочные и диагностические средства итоговой государственной аттестации выпускников вузов / В.А. Девисилов. – М.: МГТУ, 2005. – 163 с.

4. ***Девисилов В.А.*** Содержание и технология проектирования вузовских основных образовательных программ (на примере направления «Техносферная безопасность» / В.А. Девисилов // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 5 (26). – С. 44–57.

5. ***Девисилов В.А.*** Проекты образовательных стандартов в области безопасности в техносфере / В.А. Девисилов. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 330 с.

5. ***Девисилов В.А.*** Принципы проектирования примерной программы дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» и технологий обучения / В.А. Девисилов // Безопасность в техносфере. – 2009. – № 4. – С. 22–33.

7. ***Девисилов В.А.*** Примерная программа дисциплины (курса) «Безопасность жизнедеятельности» (проект) / В.А. Девисилов // Безопасность в техносфере. – 2010. – № 1. – С. 48–62; № 2. – С. 52–64.

8. Современные образовательные технологии: учеб. пособие / кол. авторов; под ред. Н.В. Бордовской. – М.: КНОРУС, 2010. – 432 с.

9. ***Вербицкий А.А.*** Активные методы обучения в высшей школе: контекстный поход / А.А. Вербицкий. – М.: Высшая школа, 1991. – 204 с.

10. ***Ткаченко Е.В.*** Новый принцип воспитания: ориентация на ближайшие интересы молодежи: монография / Е.В. Ткаченко, И.П. Смирнов. – М.: Изд. отдел НОУ ИСОМ, 2005.

11. ***Смирнов И.П.*** Теория профессионального образования / И.П. Смирнов. – М.: РАО; НИИРПО, 2006. – 320 с.

12. ***Девисилов В.А.*** Портфолио и метод проектов как педагогическая технология мотивации и личностно ориентированного обучения в высшей школе / В.А. Девисилов // Высшее образование сегодня. – 2009. – № 2. – С. 29–34.

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА «БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ» за 2010 год

Страница главного редактора

Девисилов В.А.
Требуется реформа человека ..... № 3

Русский лес просит пощады и защиты! ..... № 6

Контроль и мониторинг

Аблязов Э.К., Шеманин В.Г.
Мониторинг молекул углеводородов в атмосфере лидаром дифференциального поглощения и рассеивания ..... № 4

Дударов С.П., Лёвушкин А.С.
Оценка последствий аварийного загрязнения воздуха с использованием программных средств нейросетевого моделирования ..... № 1

Дьяченко В.В., Шеманин В.Г.
50 лет лазерной эры: лидары для мониторинга атмосферы ..... № 6

Ерёмин М.Н., Карпюк М.С., Нестеренко М.Ю.
Мониторинг и прогнозирование сейсмической активности в Оренбургской области ..... № 3

Картышев О.А., Медведев Ю.В.
Расчёт концентраций загрязняющих веществ от аэропортового комплекса ..... № 2

Краснов А.В., Фесина М.И., Горина Л.Н., Кравцова М.В.
Определение звукопоглощающих свойств материалов и полномасштабных деталей ..... № 3

Ясакова О.Н.
Экологический мониторинг черноморского бассейна с использованием спутниковых информационных систем ..... № 1

Представляем кафедру

Павлихин Г.П., Резчикова Л.А.
Проект Комиссии Европейского союза «Сеть подготовки магистров по технологиям управления водными ресурсами» ..... № 5

Суровцев И.Г., Павлихин Г.П., Ванаев В.С., Козьяков А.Ф.
Кафедре «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана – 80 лет ... № 5

Юдин Е.Г., Коршунов С.В., Павлихин Г.П., Девисилов В.А.
Подготовка кадров по техносферной безопасности в МГТУ им. Н.Э. Баумана ..... № 5

Методы и средства обеспечения безопасности

Гавриленков А.М., Некрасов А.В., Каргашилов Д.В.
Математическая модель движения частицы пыли у стенки конической части циклона ..... № 6

Девисилов В.А., Шарай Е.Ю.
Моделирование течения неньютоновской жидкости вблизи вибрирующей фильтрованной перегородки гидродинамического фильтра ..... № 5

Комкин А.И., Аграфонова А.А.
Исследование излучения шума системой выпуска автомобиля методом конечных элементов ..... № 5

Краснов А.В., Фесина М.И., Горина Л.Н., Ковалёва А.А., Назаров А.Г.
Расчётное исследование деформаций вибродемпфирующего покрытия колеблющейся пластины ..... № 3

Краснов А.В., Фесина М.И., Горина Л.Н., Ковалева А.А., Назаров А.Г., Шарыпов А.А., Рекунов С.А.
Об одном из путей снижения воздушной передачи звуковой энергии в пассажирское помещение легкового автомобиля ..... № 4

Кустарёв Г.В., Гаглоев Д.А.
Мобильный комплекс очистки грунта от нефтепродуктов ..... № 1

Новиков Ю.М., Большаков В.А.
Комбинированные пористые сетчатые металлы ..... № 5

Никифоров Н.А., Комкин А.И., Воробьева Л.С.
Моделирование глушителей шума с перфорированными трубами ..... № 5

Пыкин Ю.А., Анахов С.В.
Технология плазменного обезвреживания органических отходов ..... № 4

Старобинский Р.Н., Малкин И.В., Краснов А.В., Рябикин С.А., Назаров А.Г.
Обзор новых тенденций шумовой доводки легковых автомобилей ..... № 6

Ягафарова Г.Г., Фёдорова Ю.А., Сахаров А.Х., Ягафаров И.Р., Московец А.В.
Полигон для утилизации нефтесодержащих отходов ..... № 3

Экологическая безопасность

Большунов Ю.А.
Оценка загрязнения атмосферы в аэропортах при использовании вспомогательных силовых установок ..... № 2

Галиахметов Р.Н., Ягафарова Г.Г., Кузнецова Г.М.
Средства для защиты древесины низкой токсичности ..... № 3

Карпин Б.Н.
Проблемы защиты окружающей среды от авиационного транспорта ..... № 2

Ксенофонтов Б.С., Капитонова С.Н., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Морозов С.Д.
Использование флотомашин для очистки промышленных стоков ..... № 5

Матягина А.М., Смирнова Е.В.
Экологически ориентированные аспекты технологий в практике зарубежных авиапредприятий ..... № 2

Мельников Б.Н., Большунов Ю.А., Николайкин Н.И.
Перспективы создания малошумных самолётов гражданской авиации ..... № 2

Николайкин Н.И.
Защита биосферы от воздействия авиации в полном жизненном цикле авиатранспортной работы ..... № 4

Панов В.П., Дрегуло А.М.
Содержание тяжёлых металлов в избыточных илах и осадках биологических очистных сооружений (на примере г.Санкт-Петербурга) ..... № 3

Тимофеева С.С., Тимофеев С.С.
Биотехнологическая очистка сточных вод объектов нефтедобычи ..... № 4

Чушикина О.С.
Разработка проекта санитарно-защитной зоны аэропорта ..... № 2

Генезис техногенных катастроф

Дмитриев В.М.
Чернобыльская авария: причины катастрофы ... № 1, 3

Ресурсосбережение

Крылов В.И., Полянский А.Р.
Сезонный аккумулятор холода – энергосберегающая технология для России ..... № 1

Николайкин Н.И., Мельников Б.Н.
Альтернативные топлива для авиации ..... № 2

Нормативно-правовое обеспечение

Елисеев Б.П., Свиркин В.А.
Правовое обеспечение экологической безопасности в гражданской авиации ..... № 2

Чрезвычайные ситуации

Барановский Н.В.
Концептуальная база российской системы прогноза лесной опасности ..... № 6

Рыбаков А.В.
Техногенная безопасность объектов хранения и транспортировки нефтепродуктов ..... № 4

Седов Д.В., Тимофеев С.С.
Оценка индивидуального пожарного риска объектов нефтепродуктообеспечения ..... № 1

Безопасность труда

Бедерова А.Б.
Управление охраной труда в компании «ОТИС Россия» ..... № 3

Гоман В.В., Прахт В.А., Васендин В.Н., Сарапулов Ф.Н.
Электромагнитные поля установок индукционного нагрева и их воздействие на производственный персонал ..... № 6

Егоров В.В., Терешенко Г.В., Моисеенко В.И.
Использование компьютерных технологий в организации охраны труда в Хабаровском филиале МНТК «Микрохирургия глаза» ..... № 1

Каверзнева Т.Т., Румянцева Н.В.
Оценка эффективности мероприятий охраны труда на предприятиях малого бизнеса ..... № 3

Козин В.М., Кузнецов В.С., Мельников Б.Н.
Влияние шума в кабинах гражданских воздушных судов на риск развития тугоухости у лётного состава ..... № 2

Колесников Е.Ю., Колесникова Т.М.
Проблемы обеспечения аттестации рабочих мест по условиям труда ..... № 6

Кульбовская Н.К., Бедерова А.Б.
Психология труда как основа управления безопасным поведением работника ..... № 1

Курков Ю.Б.
Анализ производственного травматизма на предприятиях Амурской области ..... № 1

Сергеев С.В., Закиров Р.Г.
Обеспечение вибробезопасных условий труда при эксплуатации вибрационных машин ..... № 4

Экономика

Большунов Ю.А.
Система экологических сборов в аэропортах Германии ..... № 2

Образование

Белов П.Г.
О примерной программе дисциплины «Управление рисками: системный анализ и моделирование» ..... № 3

Будыкина Т.А.
О содержании и методике обучения по технологиям подготовки питьевой воды ..... № 6

Девисилов В.А.
Примерная программа дисциплины (курса) «Безопасность жизнедеятельности» (проект) для всех направлений высшего профессионального образования – бакалавриата и специалитета ..... № 1, 2

Принципы построения образовательных программ и технологии обучения по направлению «Техносферная безопасность» ..... № 6

Содержание и технология проектирования вузовских основных образовательных программ ..... № 5

Кручина Е.Б., Дашков Н.Б., Миносьянц С.С.
Инновационные подходы к преподаванию дисциплины «Проблемы устойчивого развития» ..... № 6

Чернов К.В.
Содержание примерной программы учебной дисциплины «Теория горения и взрыва» ..... № 4

Информируем читателя

Из отчёта Ростехнадзора о расследовании аварии на Саяно-Шушенской ГЭС

Международная научно-практическая конференция «Экология. Риск. Безопасность» 20–21 октября 2010 г., г. Курган ..... № 3

Саммит деловых кругов «Сильная Россия-2010» ..... № 4

Нанотехнологии для экологии и безопасности ..... № 4

Семинар «Нанотоксикология и стандарт безопасности» ..... № 4

Российские инновационные экологически ориентированные разработки ..... № 4

Первая российская научно-практическая конференция «Техногенная и природная безопасность» ..... № 5

Обязательное страхование опасных объектов в России ..... № 5

Восемнадцатая международная конференция «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии и геоэкологи-2010» ..... № 5

Проект «МАКСМ» обретает юридический статус (о создании международной аэрокосмической системы мониторинга глобальных и космических угроз) ..... № 5

О 12-й ежегодной международной научно-практической конференции «Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго- и ресурсосбережение» ..... № 5

Рекомендации по созданию бюджетными научными образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интеллектуальной деятельности ..... № 5