



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

2(134)
2012

Редакционный совет:

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

Главный редактор
РУСАК О. Н.

Зам. главного редактора
ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь

ПРОНИН И. С.

Редакционная коллегия:

БЕЛИНСКИЙ С. О.
ИВАНОВ Н. И.
КАЛЕДИНА Н. О.
КАЧАНОВ С. А.
КАЧУРИН Н. М.
КЛЕЙМЕНОВ А. В.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.
КСЕНОФОНТОВ Б. С.
КУКУШКИН Ю. А.
МАЛАЯН К. Р.
МАСТРЮКОВ Б. С.
МИНЬКО В. М.
ПАНАРИН В. М.
ПОЛАНДОВ Ю. Х.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.
ФРИДЛАНД С. В.
ХАБАРОВА Е. И.
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

СОДЕРЖАНИЕ

Шварцбург Л. Э. Кафедра "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности" в обеспечении безопасности производственной среды 2

ОХРАНА ТРУДА

Пушенко С. Л. Риски как объект методологии в повышении эффективности организации охраны труда на предприятии 5

Шварцбург Л. Э., Звенигородский Ю. Г. Причинность процесса возникновения производственных инцидентов 13

Рябов С. А., Иванова Н. А. Основные причины возникновения превышений значений производственных факторов на рабочих и учебных местах 18

БЕЗОПАСНОСТЬ И ИНФОРМАТИКА

Манахов П. А., Ковшов Е. Е. Метод росчерков в человеко-машинном взаимодействии для повышения безопасности автоматизированного промышленного производства 22

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Шварцбург Л. Э., Бугримова Е. В., Дроздова Н. В. Экспериментальное исследование распространения виброакустических факторов в среде для прогнозирования их уровней в заданной точке пространства 27

Шварцбург Л. Э., Маркин А. В. Исследование влияния геометрических характеристик режущего инструмента на образование вибраций и шума в зоне резания 30

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Соловьева Н. В., Худошина М. Ю. Комплексный подход к моделированию управления ресурсами и отходами в системе "природа — техносфера" с целью минимизации воздействия на окружающую среду 33

ОБРАЗОВАНИЕ

Пустотная Л. С. Примерная программа учебной дисциплины "Экология" для профиля подготовки бакалавров "Безопасность технологических процессов и производств" и "Инженерная защита окружающей среды" направления подготовки 280700 "Техносферная безопасность" 41

Певцов Б. Г., Полторанов Д. В. Рекомендуемая методика обучения по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности", направление подготовки 280700 "Техносферная безопасность" в МГТУ "Станкин" 48

Букейханов Н. Р., Гвоздкова С. И., Чмырь И. М., Блинов А. В. К методике преподавания некоторых дисциплин по обеспечению техносферной безопасности 50

Бугримова О. В. Методика проведения занятий по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" на тему "Опасные производственные факторы и риск" 53

Букейханов Н. Р., Гвоздкова С. И., Чмырь И. М. Результаты изучения мнения студентов-экономистов о курсе лекций "Безопасность жизнедеятельности" 55

Приложение. Шварцбург Л. Э., Иванова Н. А., Рябов С. А., Гвоздкова С. И., Змиева К. А. Автоматизация обеспечения показателей безопасности машиностроительных технологий формообразования

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

Л. Э. Шварцбург, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности" МГТУ "СТАНКИН"
E-mail: lesh@stankin.ru

Кафедра "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности" в обеспечении безопасности производственной среды

В статье рассмотрены основные вопросы, связанные с образовательной, научной и научно-методической деятельностью кафедры "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности" МГТУ "Станкин".

Ключевые слова: кафедра, образование, наука, безопасность окружающей среды, безопасность человека, промышленность, технологическая среда

Schwarzburg L. E. Department of "Engineering ecology and the safety of life" in case safety production environment

Describes key issues related to educational, scientific and scientific-methodical activity of "Engineering ecology and the safety of life" MSTU "Stankin".

Keywords: chair, education, science, security, environment, human security, industry, technological environment

В 1995 году в МГТУ "Станкин" усилиями руководства Университета при поддержке Федерального агентства по образованию была создана кафедра "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности". [1]

В данный момент кафедра насчитывает более 50 человек профессорско-преподавательского и инженерного состава, которые являются специалистами высшей квалификации в области экологической безопасности и безопасности труда, в том числе шесть профессоров, докторов наук, имеющих большой опыт научной и практической работы в области безопасности труда и защиты окружающей среды, вместе с тем важно, что на кафедре работают 22 человека, возраст которых не превышает 35 лет.

В настоящее время кафедра является выпускающей по специальностям "Инженерная защита окружающей среды" и "Безопасность технологических процессов и производств", а с сентября 2011 года проведен набор студентов на направление "Техносферная безопасность" с подготовкой бакалавров и магистров по профилям этого направления, соответствующим двум вышеприведенным специальностям.

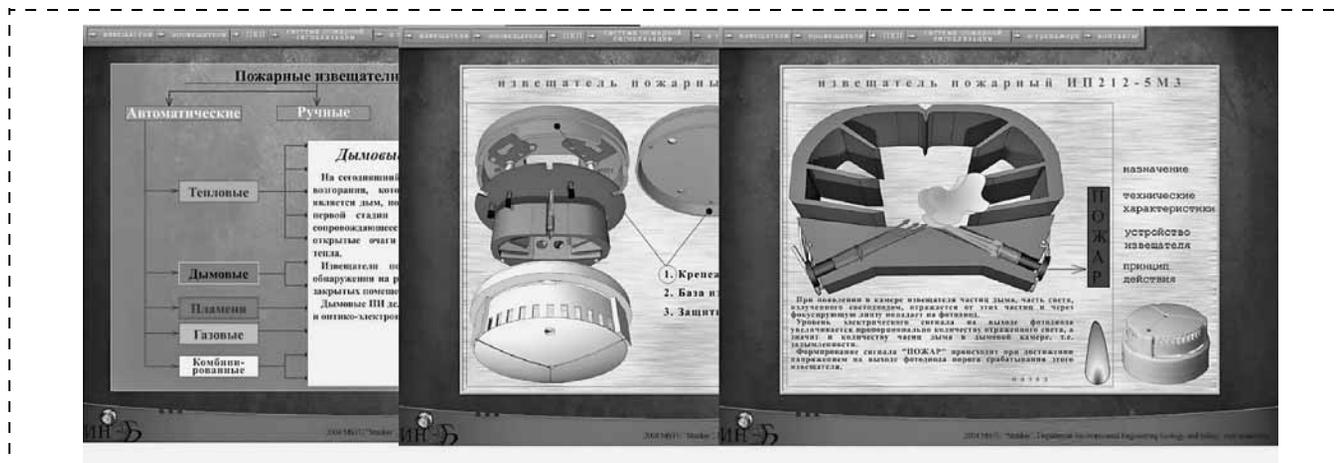
Высокое качество подготовки специалистов, характерное для Университета в целом и кафедры в частности, является гарантом востребованности ее выпускников предприятиями всех форм собственности, федеральными и региональными службами, обеспечивающими экологическую безопасность и безопасность труда, а их деятельность на-

правлена на реализацию основных требований международных и российских стандартов, на коренное улучшение экологической обстановки и безопасности в регионах, на предприятиях и рабочих местах.

Студенты, проходящие обучение на кафедре, изучают широкий спектр дисциплин как традиционных для технических университетов, так и специально разработанных коллективом кафедры в соответствии с образовательными стандартами. К ним относятся дисциплины об окружающей среде и человеке, безопасности функционирования промышленных предприятий, безопасности в чрезвычайных ситуациях. Среди этих дисциплин можно выделить оригинальные курсы лекций, разработанные коллективом кафедры по таким дисципли-



Защита дипломного проекта по специальности «Инженерная защита окружающей среды»



Интерактивный компьютерный тренажер (фрагмент) по системам пожарной сигнализации

линам, как "Инженерно-экологическое обеспечение технологических процессов и производств", "Автоматизация обеспечения показателей безопасности технологических процессов", "Снижение энергоемкости технологических процессов" и ряду других. Большое внимание кафедра уделяет также подготовке в области информационных технологий.

Учебный процесс осуществляется в оснащенной современным оборудованием лаборатории кафедры, которая сертифицирована в системе сертификации России. В учебном процессе кафедра активно использует современные информационные

технологии. Так, например, по многим дисциплинам студенты обучаются на интерактивных компьютерных тренажерах [2], разработанных коллективом кафедры.

Материально-техническое и информационное оснащение лаборатории кафедры позволяет выпускникам кафедры в полной мере и на современном уровне изучить методы и средства контроля параметров окружающей технологической и природной среды, ознакомиться с методами снижения количества отходов производственной среды и в конечном итоге решать задачи инженерно-экологического обеспечения технологических процессов и производств. Именно это, на современном этапе, определяет конкурентоспособность отечественной промышленности.

Лучшие студенты кафедры ежегодно проходят стажировку и практику в зарубежных университетах (Великобритания, Франция, Чехия, Польша), что позволяет не только знакомиться с достижениями зарубежных стран в области безопасности труда и защиты окружающей среды, но и готовить бакалаврские, магистерские диссертации и выпускные работы с учетом приобретенного за рубежом опыта.

Кафедра ведет большую научную работу в области минимизации воздействия машиностроительных технологических процессов на окружающую среду и человека. Эта работа охватывает следующие основные направления:

- автоматизация обеспечения экологических показателей качества тех-



Лабораторный практикум



нологических процессов и производств [3];

- информационные технологии в обеспечении безопасности и комфортности труда и экологической безопасности;
- исследование реальных условий труда на рабочих местах и оценка производственных рисков;
- обеспечение энергоэффективности технологических процессов и производств [4].

Кафедра уделяет большое внимание подготовке по этим направлениям специалистов высшей квалификации через аспирантуру и докторантуру. В настоящее время на кафедре обучаются 12 аспирантов, а за годы своего существования кафедра подготовила одного доктора наук

и более 23 кандидатов наук, а также реализовала десятки хоздоговорных работ, научных грантов и проектов (в том числе два международных проекта).

Большое значение в области повышения качества научной, образовательной и методической деятельности имеют международные связи с университетами Польши, Чехии, Франции, Англии и некоторых других стран ближнего и дальнего зарубежья. Эти связи выражаются не только в обмене студентами, но и в подготовке специалистов высшей квалификации — кандидатов и докторов наук, написании совместных учебников, учебных пособий и монографий, чтении установочных лекций о достижениях университетов в области защиты окружающей среды и человека.

Работа кафедры в области учебной, научно-методической и научной деятельности отмечена золотыми медалями и дипломами выставок, форумов и конференций. Особенно большое значение имеют поощрения, полученные студентами кафедры, аспирантами и ее молодыми преподавателями, многие из которых являются стипендиатами Президента РФ, фонда имени В. И. Вернадского, международных студенческих конференций, конкурсов выпускных работ, Всероссийского конкурса молодых ученых, Национальной экологической премии, награждены медалями и дипломами ВВЦ.

Научный авторитет кафедры подтверждает проводимая под эгидой Университета ежегодная



Заседание секции Конференции "ПРОТЭК"

международная конференция "Производство. Технология. Экология — ПРОТЭК", в которой широкое участие принимают не только российские и зарубежные ученые и специалисты, но и студенты и аспиранты из России и стран ближнего и дальнего зарубежья [5].

В настоящем номере журнала показаны результаты некоторых работ, выполненных сотрудниками кафедры в области научной и научно-методической деятельности, дающих представление о реализации некоторых из вышеотмеченных направлений деятельности.

Список литературы

1. **Шварцбург Л. Э.** Инженерная экология, безопасность труда и жизнедеятельности в МГТУ "Станкин" // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 6. — С. 2—4.
2. **Маркин А. В., Шварцбург Л. Э.** Мультимедийное представление моделей безопасности производственного оборудования // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 8. — С. 21—23.
3. **Шварцбург Л. Э.** Человеко- и природозащитное обеспечение автоматизированного машиностроения // Вестник "МГТУ "Станкин"". — 2008. — № 3. — С. 19—21.
4. **Шварцбург Л. Э.** Анализ энергетической безопасности технологических процессов // Вестник «МГТУ "Станкин"». — 2010. — № 4. — С. 98—105.
5. **Маркин А. В. и др.** О IX международной научно-практической конференции "Производство. Технология. Экология" — ПРОТЭК'2006 // Безопасность жизнедеятельности. — 2007. — № 1. — С. 54—55.

УДК 658.845

С. Л. Пушенко, канд. техн. наук, проф., Ростовский государственный строительный университет
E-mail: safety@rgsu.ru

Риски как объект методологии в повышении эффективности организации охраны труда на предприятии

Приведена методология управления профессиональными рисками и повышения эффективности реализующей ее математической модели на основе анализа ее основных объектов: рисков, обусловленных воздействием вредных и опасных факторов производственной среды; цикла управления рисками и принятия компенсирующих решений.

Ключевые слова: профессиональный риск, математическая модель, дерево задач, дерево объектов, риск-менеджмент

Pushenko S. L. Risk — as the object of the methodology in the labor safety efficiency rising

It is shown the methodology of the professional risks management and the mathematical model efficiency rising on the base it's main objects: risks of the dangers professional factor influence: circle of the risks management and compensational decisions admission.

Keywords: professional risk, mathematical model, tree of task, tree of object, risk-management

Введение в проблему

Анализируя общий объем работ по организации охраны труда на предприятии, можно заключить, что он носит сложный, комплексный характер. Если рассматривать систему управления охраной труда (СУОТ) расчлененно — согласно частным целям (задачам) управления, то становится очевидным, что каждой задаче соответствует свой объект управления. В то же время общая формулировка задачи организации охраны труда предусматривает и общую формулировку объектов управления. При детализации и конкретизации задач управления соответственно детализируются и конкретизируются объекты управления.

Говорить об эффективности управления можно только тогда, когда предварительно определены общая и частные цели (задачи) управления охра-

ной труда на предприятии, дано четкое и измеримое описание объекта управления, а также уточнен связанный с ним понятийный аппарат.

В подобных случаях наиболее часто применяется метод детализации задач с помощью построения многоуровневой структуры задач (дерева задач). Многоуровневой структуре задач управления соответствует и многоуровневая структура объекта управления (дерево объектов). Так же, как и задачи управления, объекты управления взаимосвязаны между собой и для всестороннего анализа требуют применения системного подхода [1]. Важным является полное соответствие определяемого объекта управления решаемой задаче управления любого уровня. Так как под объектом управления подразумевается деятельность служб, подразделений и отдельных исполнителей по решению конкретной задачи, то необходимо точно определить, какие службы, подразделения и исполнители привлекаются для решения задачи и содержание их деятельности. Точное представление объекта управления как деятельности различных служб и подразделений позволяет составить матрицу решения задачи управления и матрицу реализации функций управления, которые определяют соответствующим службам и должностным лицам объем и содержание их деятельности по реализации задач управления, устанавливают последовательность и периодичность действий, отчетность и ответственность. В конечном итоге это определяет полноту и четкость составления нормативных документов, характеризующих структуру и организацию решения конкретной задачи управления охраной труда на предприятии.

Дерево задач

На рис. 1 приведено дерево задач (ДЗ), построенное нами применительно к задаче управления рисками. С помощью него выявлены иерархически упорядоченные уровни задач, позволяющие от-

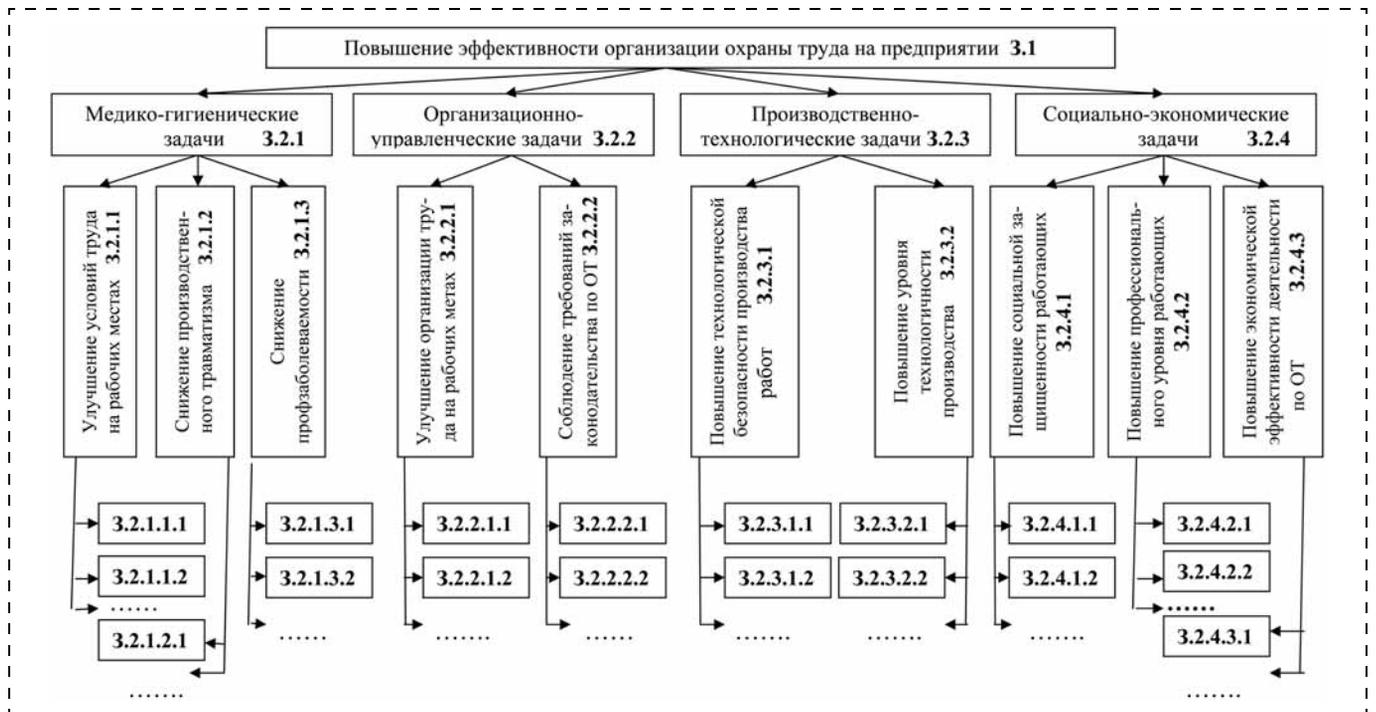


Рис. 1. Дерево задач (ДЗ)

ветить на основные вопросы практической реализации функции управления.

1. Как от основной цели управления перейти к отдельным задачам (частным целям) и далее к объектам управления — критериям риска?

2. Как снизить вероятность серьезных ошибок в процессе управления рисками и принятия компенсирующих решений?

3. Как сопоставить отдельные противонаправленные задачи, которые возникают в процессе управления рисками?

4. Как целевые функции соразмерить с ресурсами, а последние перераспределить между несколькими задачами?

Корнем построенного нами ДЗ (первый уровень) является основная цель — повышение эффективности организации охраны труда на предприятии.

Задачами второго уровня выступают четыре основные группы задач, вытекающие из анализа назначения, структуры, функций СУОТ:

3.2.1. — медико-гигиенические задачи, решение которых направлено на обеспечение здоровья работающих и осуществление лечебно-профилактического сопровождения их трудовой деятельности;

3.2.2. — организационно-управленческие задачи, направленные на совершенствование организации работы и безопасного для работающих содержания рабочих мест;

3.2.3. — производственно-технологические задачи, призванные повысить технологическую безопасность, обеспечить безвредные условия труда при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, оснастки транспортных средств и т. п.;

3.2.4. — социально-экономические задачи по обеспечению работающих социальными гарантиями и льготами.

Каждая выделенная группа задач управления, по сути, представляет собой целевую подсистему управления охраной труда предприятия, которая может быть рассчитана и детализирована на большое число конкретных задач. Степень детализации и конкретизации определяется масштабами конкретного производства, сложностью решаемых вопросов, уровнем управления, значимостью конечных результатов, сложностью и объемом требуемой исходной и выходной информации и т. д.

Дальнейшая детализация задач позволяет в полном объеме представить весь круг решаемых вопросов управления охраной труда по каждой группе задач предыдущего уровня, четко определить исполнителей, информационные и управленческие связи, целенаправленно и грамотно реализовать функции управления. Решение этих задач предусматривает расширенный (среднесрочный) комплексный план мероприятий по охране труда предприятия. Такой подход можно считать оправданным прежде всего с практической точки зрения, поскольку

ку для всех участников процесса управления выделенные на этом уровне задачи являются очевидными, понятными и легко контролируемые.

Ниже перечислена часть задач по каждому разделу последнего уровня: 3.2.1.1.1. — гигиенические условия труда на рабочих местах по видам негативных воздействий; 3.2.1.1.2 — тяжесть и интенсивность труда; 3.2.1.2.1 — уровень производственного травматизма; 3.2.1.3.1 — уровень профзаболеваемости работающих; 3.2.1.3.2 — полнота обследования работающих; 3.2.2.1.1 — режим труда и отдыха; 3.2.2.1.2 — содержание рабочего места; 3.2.2.2.1 — соблюдение трудовой дисциплины; 3.2.2.2.2 — контроль за соблюдением требований охраны труда; 3.2.3.1.1 — техническое состояние и надежность конструкций зданий и сооружений; 3.2.3.1.2 — техническое состояние и надежность технологического оборудования; 3.2.3.2.1 — доля ручного труда; 3.2.3.2.2 — уровень технологичности производственных процессов; 3.2.4.1.1 — лечебно-профилактическое питание; 3.2.4.1.2 — сокращение продолжительности рабочего дня; 3.2.4.2.1 — квалификация работающих; 3.2.4.2.2 — обучение работающих; 3.2.4.3.1 — компенсационные выплаты работающим и др.

Дальнейшая детализация задач применительно к проблеме повышения эффективности организации охраны труда на предприятии, по мнению автора, нецелесообразна, поскольку неизбежно при-

ведет к неоправданному увеличению объема информационных и управленческих связей.

При этом необходимо уточнить, что представленное на рис. 1 разделение и детализация задач управления охраной труда являются достаточно условными. Каждая задача не может и не должна рассматриваться обособленно в процессе своего решения, так как взаимосвязана с решениями других задач управления охраной труда. Только комплексный подход может являться объективной основой для достижения задач (частных целей) всех уровней.

Как уже говорилось выше, многоуровневой структуре задач управления соответствует и многоуровневая структура объекта управления. Объектом управления в данном случае выступает совокупность рисков, сопутствующих принятию решений в процессе решения задач управления.

Дерево объектов

Наилучшим способом формализованного представления рисков как объектов управления, по мнению автора, является дерево объектов (ДО), представленное на рис. 2.

Корневым объектом *первого уровня ДО* выступает агрегированный показатель риска процесса управления и принятия решений по охране труда, который отражает сочетание уровня и последствий негативных воздействий производственного процесса на работающих с учетом показателей риска всех видов управленческой деятельности в области охраны труда.



Рис. 2. Дерево объектов (ДО)



На *втором уровне ДО* представлены три класса риска:

— профессиональный риск, сопутствующий решению медико-гигиенических задач управления охраной труда;

— производственный риск, сопутствующий решению производственно-технологических и организационно-управленческих задач управления охраной труда;

— социально-экономический риск, сопутствующий решению социально-экономических задач управления охраной труда.

В связи с этим следует уточнить, что целесообразность выделения классов рисков обусловлена рядом причин:

— необходимостью максимального сохранения и использования сложившихся на сегодняшний день в теории риска охраны труда представлений и терминологии;

— необходимостью систематизации и более полного использования на практике накопленного методического обеспечения оценки рисков охраны труда различной природы;

— необходимостью определения тесной взаимосвязи между объектом управления (риск) и субъектом управления (человек, оборудование и т. п.) с учетом решаемых при реализации этого процесса задач.

Объектами *третьего уровня ДО* (см. рис. 2) выступают виды рисков, сопутствующих решению соответствующих конкретных задач последнего уровня ДЗ (см. рис. 1). Речь идет о рисках, обусловленных качеством реализации конкретных мероприятий в рамках различных направлений управленческой деятельности по охране труда.

Детализация видов риска

Детализация видов риска, характеризующих различные аспекты безопасности труда и здоровья работающих, их соподчинение и внутренние взаимосвязи, обусловленные "целесообразностью" при реализации процесса управления, позволяют уточнить связанный с ними понятийный аппарат.

Под **профессиональным риском** следует понимать зону неопределенности, в пределах которой существует возможность повреждения (утраты) здоровья или смерти работника при исполнении им трудового договора (контракта и в других установленных законом случаях) при существующем уровне лечебно-профилактического сопровождения его трудовой деятельности.

Производственный риск характеризует зону неопределенности, в пределах которой существует возможность снижения технологической безопасности и обеспечения безвредных условий труда ра-

ботающих при заданных уровнях надежности зданий, сооружений, оборудования, оснастки транспортных средств, других машин и механизмов.

Социально-экономический риск — зона неопределенности, в пределах которой существует возможность снижения социальной защищенности и экономической результативности при существующем уровне социальных гарантий и льгот трудовой деятельности работников.

Отдельные виды рисков, представленные на третьем уровне ДО, призваны конкретизировать тот негативный фактор, воздействие которого на условия труда и самого работающего они характеризуют. В силу этого определение каждого из них будет в своей основе дублировать определение того класса риска, к которому они относятся. Различия будут касаться только уточнения наименования рассматриваемого негативного фактора. Например, риск травмобезопасности рабочих мест, входящий в класс профессиональных рисков, может быть определен как зона неопределенности, в пределах которой существует возможность повреждения (утраты) здоровья или смерти работника при исполнении им трудового договора и т. п.

Таким образом, представленное на рис. 2 ДО наглядно показывает упорядоченную иерархию рисков, как объектов управления, выражает их соподчинение и внутренние взаимосвязи. В отличие от обычной классификации, ДО позволяет произвести более четкую декомпозицию видов риска, предполагающую их упрощение, конкретизацию и уточнение адресности и понятийного аппарата. При этом элементы одного уровня ДО дополняют друг друга, а более низкого уровня — вносят конкретный вклад в реализацию (функционирование) элемента высшего уровня. Объекты более высокого уровня соединены с объектами более низкого уровня линиями, называемыми дугами. Дуги характеризуют отношение между элементами разных уровней. Одним из видов отношений может быть вклад элемента нижнего уровня в реализацию элемента более высокого уровня. Однако в ДО, построенном применительно к управлению рисками (см. рис. 2), определение весомости объектов различных уровней затруднено, а в большинстве случаев просто невозможно ввиду нечеткости исходной информации и трудности ее вероятностного прогноза.

Цикл управления рисками и принятия решений как объект методологии

Управление рисками и принятие решений в области охраны труда можно представить как непрерывный процесс последовательно осуществляемых стадий, т. е. оценка параметров условий труда и выявления факторов риска, формирование це-

лей и постановка задач, оценка уровней рисков, определение стратегии управления ими, разработка и реализация соответствующих планов и программ, оценка эффективности их осуществления, стимулирование исполнителей и т. д.

В решении многообразных задач в сфере охраны труда принимают непосредственное участие руководители предприятия, структурных подразделений, функциональных служб, отдела охраны труда, профсоюзы. В эту работу вовлекаются практически все работники предприятия от руководителя до рабочего. Целевая направленность глубины и метода обработки информации определяется содержанием задач и функций управления, для реализации которых представляется данная информация, а также наличием разработанных качественных и количественных критериев оценки показателей и применяемыми техническими средствами обработки.

Если посмотреть на цикл управления с общесистемных позиций [1], то он представляет собой систему, к которой применимы все принципы системного подхода и производные от них принципы оптимального функционирования: сложность, разноплановая природа, иерархичность построения, целенаправленность функционирования, выделение общих и локальных критериев оптимальности, ограниченность ресурсов, многовариантность развития и принятия решений. Поэтому представление цикла управления и принятия решений как объекта методологии предполагает рассмотрение нескольких основных аспектов, характеризующих взаимосвязь организационной структуры цикла, характера обрабатываемой в процессе управления и принятия решений информации и соответствующего математического описания [2].

Организационная структура цикла управления рисками свидетельствует о том, что эффективная организация охраны труда на предприятии должна осуществляться по классическому циклу организационного управления: *"планирование—реализация—контроль—регулирование—совершенствование"*. Применительно к ситуации управления рисками речь идет о реализации концепции комплексной производственно-экономической оценки видов и уровней рисков с учетом циклического функционирования систем менеджмента безопасности труда и взаимодействия процедур в СУОТ. Этим цикл управления рисками ничем не отличается от всех других функциональных направлений деятельности регулярного менеджмента, так или иначе использующих цикл Деминга (цикл регулярного менеджмента).

С другой стороны, этапность, последовательность и содержание процедуры управления рисками и принятия компенсирующих решений в области

охраны труда должны опираться на классическую схему риск-менеджмента, в эффективности которой также нет причин сомневаться.

Следовательно, организационная структура цикла должна базироваться на основном процедурном элементе — адаптации методологии риск-менеджмента к особенностям организации охраны труда на предприятии и к требованиям регулярного менеджмента (непрерывность, цикличность, заинтересованность, инициативность и т. п.).

Важным аспектом является особенность информационного обеспечения, которое в итоге определяет объективность и эффективность принимаемых управленческих решений. При этом объем и состав информации настолько велик и многообразен, что требует ее предварительной обработки и систематизации для обеспечения оперативного доступа, изучения и использования субъектом управления [2].

Четкая организация информационного обеспечения управления рисками и организации охраны труда на предприятии невозможна без применения современных математических методов и технических средств представления и обработки информации. Последнее обстоятельство предъявляет определенные требования к формализации математического описания взаимодействия отдельных элементов самого цикла управления. При этом цикл управления рисками охраны труда представляют в виде математической модели, что предполагает отнесение ее к одному из известных типов.

Как известно из литературы [3], тип системы (модели) управления может быть детерминированным, вероятностным или неопределенным.

Модель цикла управления рисками охраны труда может быть отнесена к детерминированному типу, когда результаты однозначно определяются оказанными управляющими воздействиями. При этом важно понимать, что это отнесение обусловлено в основном условиями входа и выхода и поэтому носит во многом формальный характер. Детерминированные методы позволяют вносить определенность в те ситуации, где ее в действительности не существует, поэтому применительно к циклу управления рисками охраной труда они гарантируют реализацию функций управления. То есть при выявлении того или иного фактора есть уверенность, что можно предусмотреть компенсирующие мероприятия, которые снизят или исключат вредное воздействие этого фактора на работающих.

Кроме того, процессы и результаты цикла управления рисками охраны труда имеют вероятностный характер, что находит свое отражение в математическом описании отдельных аспектов организации охраны труда. Существуют методики



определения вероятности развития профессиональных заболеваний, обусловленных воздействием вредных и опасных факторов производственной среды. Разработан математический аппарат определения надежности и безотказной работы технологического оборудования, машин, механизмов и других техногенных объектов, отклонение от безопасных режимов работы которых может нанести тот или иной вред работающим.

Согласно классификации Стаффорда Вира, цикл (модель) управления рисками охраны труда можно отнести к сложным системам [3, 4], т. е. к системам, имеющим многоуровневую иерархию взаимодействия протекающих системных процессов. Для многоуровневой иерархической системы управления характерно накопление ошибок исходных данных в зависимости от уровня управления, на котором производится принятие решений. Рост ошибок в данных обусловлен их запаздыванием и искажением при передаче от уровня к уровню, фильтрацией их на каждом уровне и невозможностью передачи ряда данных с требуемой периодичностью ввиду их большого объема, ограниченной пропускной способностью каналов связи и т. п.

В принципе возможно осуществить получение на достаточно высоких уровнях управления подробных данных об отдельных технологических процессах или оборудовании, проведения целого ряда дополнительных замеров на объектах и т. д. Однако чаще всего сбор такой информации организуется для проведения либо отдельных мероприятий по предупреждению травматизма или расследованию несчастных случаев, либо работ научно-исследовательского характера. Для текущих целей управления охраной труда, когда сбор информации необходимо осуществлять в реальном масштабе времени, такой подход неприемлем.

Предугадать результат управления рисками охраны труда не всегда возможно и в силу множества неопределенностей: "человеческого фактора", организационно-технических и социально-экономических причин. К примеру, факт обеспечения работающих средствами индивидуальной защиты органов слуха не гарантирует постоянного их применения. Как следствие, воздействие шума как фактора риска и обусловленная им проблема развития профессиональной тугоухости даже при выработке и реализации компенсирующего мероприятия оказывается решенной не полностью.

В силу этого цикл управления рисками охраны труда имеет черты неопределенной системы, что во многом является следствием основного свойства риска: риск имеет место только по отношению к будущему и неразрывно связан с прогнозированием, планированием, т. е. с будущим периодом времени,

для которого использование стохастической информации, полученной за предыдущие периоды, является достаточно условным и нечетким.

В настоящее время неточность задания тех или иных параметров при принятии управленческих решений практически не учитывается. С учетом определенных предположений и допущений неточные параметры заменяются экспертными оценками или средними (средневзвешенными) значениями. Возникающие при этом нарушения приводят к необходимости варьирования параметрами для получения приемлемого результата. Такого рода ситуации могут возникать как вследствие недостаточной изученности объектов, так и из-за участия в управлении человека или группы лиц.

Особенность подобных систем состоит в том, что значительная часть информации, необходимой для их математического описания и обработки, существует в форме представлений отдельных специалистов (экспертов), данных опросных листов и т. п., но в языке традиционной математики нет объектов, с помощью которых можно было бы достаточно точно отразить нечеткость представлений экспертов. Обычные количественные методы анализа систем недостаточно эффективны для такого рода систем. Это определяется так называемым принципом несовместимости: *чем сложнее система, тем менее мы способны дать точные и в то же время имеющие практическое значение суждения о ее поведении* [4]. Исходя из этого, нужно понимать, что принятое решение по снижению негативного воздействия фактора риска не всегда будет иметь однозначно ожидаемый результат.

Подводя итог сказанному, цикл (модель) управления рисками охраны труда должен базироваться не только на адаптации традиционной схемы риск-менеджмента к условиям организации охраны труда на предприятии и требованиям регулярного менеджмента, но и на переходе к новой управленческой парадигме. Под ней следует понимать применение основополагающих положений ситуационного управления, реализуемого по схеме саморегулируемого контура (рис. 3) [5, 6]. В классическом представлении четыре блока саморегу-

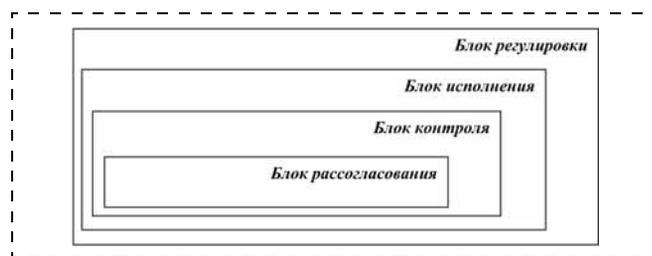


Рис. 3. Схема саморегулируемого контура

лируемого контура образуют единичный цикл управления, каждый из которых выполняет строго определенные функции:

- блок регулировки вносит руководящие пологительные отклонения в систему;
- блок исполнения реализовывает руководящие установки регулятора;
- блок контроля сопоставляет руководящие установки регулятора с фактами их реализации и выявляет отклонения между ними;
- блок рассогласования определяет величину и знак отклонений, выявленных контроллером, а результаты рассогласования предоставляет регулятору для принятия новых решений.

Контур саморегуляции строится по принципу гомеостата, приспособленного для адаптации некоторой системы к условиям окружающей среды для поддержания динамического равновесия. Основным его отличием является то, что он учитывает не единственное оптимальное состояние в каждой подсистеме, а множество взаимозависимых состояний [6]. При этом легко заметить, что и цикл регулярного менеджмента (цикл Деминга) и классическая схема риск-менеджмента легко согласуется (адаптируется) с контуром саморегуляции (см. таблицу).

Согласно принципам организации саморегулируемой системы, построение цикла управления рисками охраны труда есть отклик на различные по своей природе воздействия "внешней среды". При этом система управления должна рассматриваться как открытая система. Основные предпосылки ее успешного функционирования должны определяться не только внутри, но и вне нее. Другими словами, эффективность функционирования системы управления рисками в рамках СУОТ связана с тем, насколько удачно она реагирует на внешние воздействия, насколько устойчива к неожиданным изменениям "внешней среды", насколько эффективно использует свои потенциальные возможности для поддержания динамического равновесия, т. е. обеспечения безопасных условий труда.

Сопоставление основных этапов в различных системах управления

Наименование этапов реализации процесса управления		
В саморегулируемом контуре	В цикле регулярного менеджмента (цикле Деминга)	В системе риск-менеджмента
Блок регулировки	Планирование	Анализ и идентификация факторов риска
Блок исполнения	Реализация	Расчет риска
Блок контроля	Контроль	Контроль риска
Блок рассогласования	Корректировка	Управление и финансирование риска

Таким образом, использование контура саморегуляции позволяет говорить о возможности обеспечения таких свойств структуры цикла управления рисками охраны труда, как гибкость и адаптивность, которые необходимы для эффективной организации охраны труда в сложной и изменчивой "внешней" производственной среде. При этом цикл управления рисками приспособлен к выработке новых управленческих решений в большей степени, чем к контролю и реализации уже принятых, а также способен обеспечить возможность максимальной концентрации всех ресурсов и объединения материальных, информационных, организационных и других типов резервов. В этой связи не важно, каким уровнем управления рисками оперировать. Для прогнозирования развития требуется способность предвосхищать последствия действий и создавать планы, которые по сути своей будут скорее "упреждающими" чем "исправляющими". Кроме того, требуется уметь анализировать ситуации, которые невозможно в точности предвидеть [5, 7, 8]. В этих условиях естественен интерес к новейшим математическим и информационным технологиям.

Математика дает графическое определение саморегулируемой системы. В теории графов оно носит название *полного замкнутого мультиграфа с петлями в вершинах* (рис. 4). Вершины соответствуют блокам саморегулируемого контура, а петли символизируют их функциональное различие [5, 6].

Математически доказано, что для систем, сложность которых превосходит некоторый пороговый уровень, точность и практический смысл становятся почти исключительными категориями [9—11]. Не является исключением и сложная система организации охраны труда. Как показывает практика, точный количественный анализ при принятии управленческих решений в области охраны труда не всегда имеет место, а следовательно, тоже не имеет существенного значения.

На самом деле элементами мышления человека являются не числа, а элементы некоторых нечет-

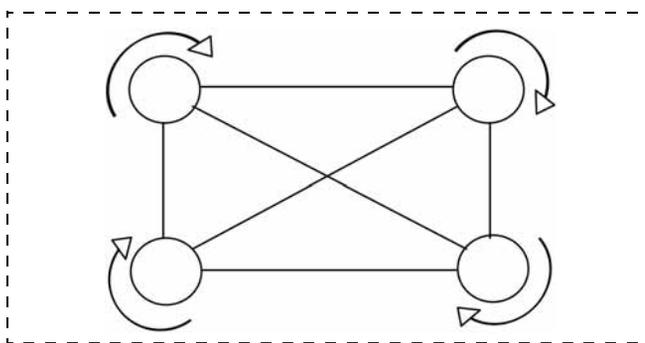


Рис. 4. Полный замкнутый мультиграф с петлями в вершинах



ких множеств или классов объектов, для которых переход от "принадлежности к классу" к "непринадлежности" не скачкообразен, а непрерывен. Традиционные методы недостаточно пригодны для анализа подобных систем именно потому, что они не в состоянии охватить нечеткость человеческого мышления и поведения. Именно последнее позволяет говорить о том, что при описании цикла (модели) управления рисками охраны труда наряду с классическими должны быть использованы нечеткие математические методы.

Теория нечетких (размытых) множеств, предложенная Л. Заде, предназначена для преодоления трудностей представления неточных информации и понятий, а также анализа и моделирования таких систем, в которых участвует человек [9].

Для обращения с неточно известными величинами обычно применяется аппарат теории вероятностей. Однако случайность связана с неопределенностью, касающейся принадлежности некоторого объекта к обычному множеству. Это различие между нечеткостью и случайностью приводит к тому, что математические методы нечетких множеств совершенно не похожи на методы теории вероятностей [10, 11]. Они во многих отношениях проще вследствие того, что понятию вероятностной меры в теории вероятностей соответствует более простое понятие функции принадлежности в теории нечетких множеств. По этой причине даже в тех случаях, когда неопределенность в процессе принятия решений может быть представлена вероятностной моделью, обычно удобнее оперировать с ней методами теории нечетких множеств без привлечения аппарата теории вероятностей. Подход на основе теории нечетких множеств является, по сути дела, альтернативой общепринятым количественным методам анализа систем. Он имеет три основные отличительные черты [12, 13]:

— вместо или в дополнение к числовым параметрам могут использоваться нечеткие величины и так называемые "лингвистические" переменные;

— простые отношения между параметрами описываются с помощью нечетких высказываний;

— сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами.

Такой подход дает приближенные, но, в то же время, эффективные способы описания поведения больших систем, настолько сложных, что они не поддаются точному математическому анализу. Теоретические же основания данного подхода вполне точны и строги в математическом смысле и не являются сами по себе источником неопределенности. В каждом конкретном случае степень точности решения может быть согласована с требованиями задачи и точностью имеющихся данных.

Выводы

1. Сформулирована концепция методологии управления рисками и повышения эффективности организации охраны труда, определяющая, что достижение требуемого уровня производственной безопасности работающих возможно путем адаптации методологии риск-менеджмента к технологическим условиям производства и организации СУОТ предприятия для выявления видов, оценки приемлемости и выработки стратегии управления рисками на базе минимизации их негативных последствий при заданных ограничениях на затрачиваемые ресурсы и прерогативе санитарно-гигиенических нормативов.

2. Произведена систематизация и конкретизация задач управления рисками, способом формализованного представления которых выступает дерево задач, показывающее иерархически упорядоченные уровни медико-гигиенических, производственно-технологических, организационно-управленческих и социально-экономических задач, позволяющих реализовать на практике функции управления в рамках СУОТ.

3. Произведена систематизация и конкретизация объектов управления рисками, способом формализованного представления которых выступает дерево объектов, показывающее иерархически упорядоченные уровни профессионального, производственного и социально-экономического рисков, сопутствующих решению задач управления охраной труда.

Список литературы

1. **Системный анализ** в экономике и организации производства / Под ред. С. А. Валуева, В. Н. Волковой. — Л.: Политехника, 1991. — 398 с.
2. **Халин Е. В.** Информационная технология обеспечения безопасности производства. — М., 1997.
3. **Ларичев О. И.** Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2000.
4. **Кузнецов Е. С.** Управление техническими системами: Учебн. пособ. — М.: Изд. МАДИ, 2003. — 247 с.
5. **Многокритериальные задачи** принятия решений / Под ред. Д. Н. Гвишиани, С. В. Емельянова. — М.: Машиностроение, 1978. — 192 с.
6. **Щербаков В. Н.** Основы рациональной системы хозяйствования. — М.: Мысль, 1998.
7. **Штойер Р.** Многокритериальная оптимизация, теория вычислений и приложения. — М.: Наука, 1992. — 504 с.
8. **Миркин Б. Г.** Проблемы крупного выбора. — М.: Наука, 1974. — 256 с.
9. **Заде Л. А.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 165 с.
10. **Кандель А., Байатт У. Дж.** Нечеткие множества, нечеткая алгебра, нечеткая статистика // Тр. американского общества инженеров-радиоэлектроников. Т. 66, 1978, № 12. — С. 37—61.
11. **Кофман А.** Введение в теорию нечетких множеств. — М.: Радио и связь, 1982. — 432 с.
12. **Мальшев Н. Г., Берштейн Л. С., Боженик А. В.** Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 136 с.
13. **Орловский С. А.** Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. — М.: Наука, 1981. — 203 с.

Л. Э. Шварцбург, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,
Ю. Г. Звенигородский, канд. техн. наук, проф., МГТУ "СТАНКИН"

Причинность процесса возникновения производственных инцидентов

Статья посвящена характеру и проблемам взаимодействия элементов системы "человек—машина". Рассмотрены особенности производственных инцидентов, основы теории их возникновения, роль причинности и следствия в оценке производственных инцидентов, методы их анализа и оценки.

Ключевые слова: производственные инциденты, оценка возникновения инцидентов, безопасность производства

Schwarzburg L. E., Zvenigorodskiy Y. G.
Causality process of production incidents

This article discusses the nature and problems of interaction of the elements of "people—car". Article examines features of production incidents, fundamentals of the theory of causality and effect evaluation of industrial incidents, methods for their analysis and evaluation.

Keywords: production incidents, assessment of incidents, safe production

1. Проблемы оценки возникновения причин инцидентов

Вероятность возникновения производственного инцидента [1] существует во всех сферах деятельности человека. Инциденты являются конечным обстоятельством, обусловленным методами труда, его условиями при несоблюдении требований технологических нормативов и безопасности труда.

Тем не менее, производственные инциденты можно предотвратить, так как они не возникают сами собой. Условиями их возникновения являются комбинации различных общеизвестных факторов [2]:

- *техническое оборудование* (дефектный проект, отсутствие защитных средств, низкая надежность и т. д.);
- *производственная среда* (повышенный уровень шума, температуры, влажности, неудобная рабочая поза, плохая организация труда и т. д.);
- *трудящийся* (недостаточный уровень профессиональной подготовки, личные качества и т. д.).

По данной проблеме проведено много исследований, и с некоторой долей упрощения можно сказать,

что, если определены причины инцидента, то есть возможность разработать мероприятия, исключающие их происхождение. В противном случае, такие же инциденты будут иметь место и в дальнейшем.

Происхождение производственных инцидентов является очень сложной проблемой, решению которой уделяется много внимания в МГТУ "Станкин" [3].

Имеются несколько предположений о причинах их наступления. Так, многие специалисты сходятся во мнении, что основными причинами инцидентов бывают:

- *простая случайность*, причину которой объяснить невозможно;
- *фатальные действия* пострадавшего, которые объясняются неправильными методами выполнения рабочих операций;
- *предрасположенность конкретного человека* к несчастным случаям, обусловленным некоторыми его личностными качествами.

Чтобы принимать соответствующие меры по предупреждению инцидентов, необходимо точно знать, как это произошло.

К сожалению, во многих случаях причины инцидентов классифицируются очень упрощенно, например, "падение предметов", "падение человека", "неисправный инструмент" и т. д. Такие индикаторы не имеют большого значения в политике предупреждения инцидентов.

Требуется детальная информация о причинах инцидента, получить которую можно только при тщательном его расследовании. Это позволит получить информацию о комплексе возможных причин инцидента и принять адекватные решения. Отметим, что методы исследования указанных причин предполагают:

- изучение уже случившихся инцидентов;
- формирование представительного объема статистических данных по исследованию производственных инцидентов;
- наличие соответствующей классификации производственных инцидентов;
- разработку соответствующих мероприятий по предупреждению инцидентов, подобных случившимся, т. е. политика предупреждения производственных инцидентов основывается, в зна-



чительной мере на материалах уже случившихся инцидентов.

Изучение условий возникновения производственных инцидентов обусловило "хождение" среди специалистов убеждений, пока не подтвержденных полностью убедительными доказательствами, что принципиально важным условием возникновения инцидента является кроме технических факторов и *предрасположенность* человека к неправильным действиям.

Характер производственных инцидентов имеет индивидуальные особенности для каждого работника, показывая, что одни из них являются источниками производственных инцидентов часто, другие — редко.

Этот факт и привел к появлению понятия "*предрасположенность к несчастным случаям*" и возникновению теории, согласно которой некоторые люди более предрасположены к несчастным случаям.

Основное положение подобной теории можно выразить следующим образом: при условиях с равным риском существует статически существенное различие в числе травм, которые происходят с людьми, относящимися к группе предрасположенных к несчастным случаям, по сравнению с остальными работниками. Это различие основывается на том, что члены первой группы обладают определенными индивидуальными физическими и психологическими особенностями, которые предопределяют их предрасположенность к несчастным случаям.

Эти особенности могут быть как врожденными, так и приобретенными, особенно в детские годы. Поэтому при отборе работников необходимо по возможности учитывать подобные обстоятельства. По мнению многих специалистов в настоящее время эта теория представляется дискуссионной.

В частности, психометрические тесты, с помощью которых можно было бы выявить предрасположенность к несчастным случаям, дают противоречивые результаты, например, тесты на остроту зрения, слуха, быстроту реакции, внимательность.

Единственно значимыми индивидуальными факторами, которые с определенной степенью доверия могут быть признаны, — это факторы не природного, а приобретенного характера. К ним относятся, прежде всего, возраст, квалификация и опыт, состояние здоровья.

Наиболее существенным фактором является начало заболевания, а несчастный случай представляет при этом один из симптомов. Существует зависимость, подтвержденная статистическими

данными, между индивидуальной частотой заболеваний и производственными инцидентами. Например, повышенное кровяное давление, ведение нездорового образа жизни способствуют возникновению производственных инцидентов.

Бесспорным является то, что концепция "природной предрасположенности", свойственная некоторым типам людей, должна сочетаться с концепцией "*приобретенной предрасположенности*" к производственным инцидентам, которая проявляется в силу возрастного социального изменения в характере, в поведении человека, становится явно выраженной в течение трудовой жизни.

2. Причинность и следствие в оценке производственных инцидентов

Причины производственных инцидентов характеризуют совокупность взаимосвязанных обстоятельств, в зависимости от которых потенциальные факторы становятся реальной опасностью и приводят к нежелательным следствиям.

Следствия всегда являются многопричинными. Если в результате расследования того или иного инцидента установлена одна—две причины, это свидетельствует о поверхностном расследовании. При выявлении причин следует исходить из принципа их равной значимости. Выделение, так называемых, основных причин инцидента не является правомерным, так как практически невозможно идентифицировать причины инцидента как основные и второстепенные.

Одна и та же опасность может реализовываться в нежелательное событие (следствие) через разные причины. Предотвращение опасностей или защита от них основывается на знании всех причин.

Между реализованными опасностями (инцидентами), т. е. следствием и причинами существует причинно-следственная связь.

В теоретических работах, посвященных проблемам происхождения производственных инцидентов исходили и, к сожалению, исходят и в настоящее время из достаточно упрощенного толкования отношения "причина—следствие", ограничивались только изучением непосредственной причины инцидента.

По мере развития теоретических основ изучения проблем безопасности труда изменился взгляд на отношение "причина—следствие" с учетом понимания сложности связей в системе "человек—машина". Ниже представим три типа отношения "причина—следствие".

Линейное (прямое) отношение "причина—следствие"

В данном случае имеет место непосредственная связь между причиняющим вред событием и его вредящим следствием. Например, происходит разрыв каната, человек падает с высоты и получает травму, или определенная доза вредного вещества приводит к отравлению.

В данном случае считалось, что прямая причина инцидента — разрыв каната или доза химического вещества являются достаточными и необходимыми условиями следствия. При этом, в оценке отношения "причина—следствие" роль в инциденте травмированного не учитывалась

Особенности человека и "причина—следствие"

В данном случае следствие не зависит от непосредственной причины и наступает только тогда, когда ему способствуют определенные особенности организма человека. В таком случае причина является необходимым, но недостаточным условием следствия.

Приведем пример. Стресс — это явление, которое безусловно обуславливается сильной психической нагрузкой. Причинами стресса могут быть высокий темп работы или чрезмерные требования к работающему.

Если на рабочем месте заняты два лица и более, то можно предположить, что реакции разных лиц на условия труда будут разные. Один человек возможно будет считать такие условия удовлетворительными, а другому тот же самый темп работы покажется слишком высоким, что вызовет у него стрессовое состояние. Как видно, факторы труда для обоих рабочих одинаковые, а следствия различные.

Причина и следствие в данном случае не имеют прямой связи между собой и обусловлены определенными качествами человека (физическими, моральными, уровнем профессиональной подготовки и т. д.).

Реакция человека и "причина—следствие"

В этом виде отношений также нет прямой зависимости между причиной и следствием. Наступление и масштаб следствия зависят от того, как человек реагирует на причину. Причина в данном случае является необходимым, но недостаточным условием наступления следствия. Например, техническое оборудование и машины представляют

лишь потенциальную опасность, однако при определенных условиях производственной и окружающей сред человек способен совершать ошибочные действия. Таким образом, между причиной и следствием стоит реакция человека.

Представленные типы отношений "причина—следствие" позволяют по результатам анализа причин лучше понимать процесс происхождения производственных инцидентов и разрабатывать более целенаправленные мероприятия по предупреждению производственных инцидентов.

3. Процесс возникновения производственных инцидентов и механизм активизации опасностей

Среди теорий о происхождении производственных инцидентов наибольший интерес представляет теория английского ученого Гепберна.

По его мнению, на возникновение инцидентов оказывают влияние следующие четыре фактора:

- а) человеческий* (личностный);
- б) материальный* (машины, оборудование, транспорт, инструмент, пути следования);
- в) фактор активизации опасности;*
- г) непосредственный фактор* (причиняющий травму).

Взаимная корреляция этих факторов, а вместе с этим и фазы возникновения инцидентов представляются следующим образом:

- 1) потенциальная опасность — человеческий фактор + материальный фактор;
- 2) активная опасность — человеческий фактор + материальный фактор + фактор активизации опасности;
- 3) реализация опасности — инцидент: человеческий фактор + материальный фактор + фактор активизации опасности + непосредственный фактор.

Поясним эту схему возникновения производственного инцидента.

Если дело могло дойти до несчастного случая, следовательно, существуют рядом вместе человек и материальный фактор. Под материальным фактором понимается все то, что окружает человека и может отрицательно воздействовать на него.

Например, пути передвижения, рабочее место, машина, ручной инструмент, пыль и т. д. [4].

Материальным фактором для одного человека или группы лиц могут быть другой человек или группа лиц.

Опасность несчастных случаев существует тогда, когда в человеке или материальном факторе или в обоих этих факторах скрыты потенциальные причины производственных инцидентов.



Потенциальными причинами в данном случае являются всякого рода недостатки, пороки и вредные качества человека, неисправность машин или другого материального фактора, могущие повлечь за собой производственный инцидент.

Источником инцидента может быть, например, неисправная машина или человек, исполняющий свою работу неподходящим способом. Если они привели к возникновению производственного инцидента, то становятся собственно причиной появления фактора "**активизации опасности**", обуславливающего наступление "**непосредственного фактора**" возникновения производственного инцидента.

Каждый производственный инцидент может иметь один или несколько источников своего возникновения и не менее, чем столько же причин.

Существуют принципиально два главных вида опасных инцидентов, в результате которых возникают несчастные случаи:

- опасные инциденты, состоящие в непосредственно вредном столкновении человека с материальным фактором;

- опасные инциденты, состоящие во вредном воздействии на человека удаленного от него материального фактора.

Знание механизма происхождения производственного инцидента позволяет более целенаправленно осуществлять исследование его причин и ответить на следующие вопросы:

- кто получил травму;
- что произошло и по воздействию какого фактора;
- когда произошел инцидент;
- где произошел инцидент;
- почему произошел инцидент;
- что нужно предпринять, чтобы подобный инцидент не повторился.

4. Механизм исследования причинности и следствия производственных инцидентов

Продолжительное время производственный инцидент рассматривался как простое явление, происшедшее вследствие одной основной причины, и уже потом могли быть рассмотрены и другие причины, которым отводилась при анализе второстепенная роль.

Например, долгое время господствовало мнение, что несчастный случай является следствием "опасного действия" и "опасных условий". Это приводило к тому, что из числа всех причин производственного инцидента принимали во внима-

ние "человеческие причины" (несоблюдение инструкций, неиспользование средств индивидуальной защиты и т. д.) и "технические" (отсутствие ограждений, дефект оборудования и т. д.).

В результате предупредительные мероприятия направлялись только против непосредственных причин производственного инцидента. Такие меры при всей их безусловной необходимости были недостаточными для устранения тех условий труда, которые приводили к несчастным случаям.

В настоящее время производственный инцидент рассматривается как показатель ненормального функционирования системы, будь это бригада, цех, предприятие.

Подобный системный подход обуславливает необходимость исследования не только подсистем предприятия, их безопасность, но и их взаимодействие в процессе производственной деятельности и потенциальное влияние на безопасность друг друга.

С этой точки зрения, первая цель анализа причин производственного инцидента состоит в том, чтобы исследовать, начиная с первых звеньев причинной связи, те сбои и нарушения технологической дисциплины и несоблюдение требований безопасности труда, которые и привели к возникновению производственного инцидента.

Таким образом, вырисовывается в общем виде вся схема предшествующих событий, приведших к нежелательной ситуации.

За этой стадией следует разработка перечня предупредительных мероприятий. Наиболее простым, но наглядным мероприятием является общеизвестный метод "дерево причин" [5].

Дерево причин иллюстрирует все зарегистрированные предшествующие события, которые привели к производственному инциденту, и показывает логические и хронологические связи между ними. Оно представляет схему предшествующих событий, прямо или косвенно послуживших причинами травмы.

Составление дерева причин начинается с последней стадии событий, а именно с травмы, и по каждому зарегистрированному предшествующему событию последовательно ставятся следующие вопросы:

- каким предшествующим событием X было непосредственно вызвано последующее событие Y ;
- достаточно ли было одного лишь события X , чтобы вызвать событие Y ;
- если нет, то какие другие предшествующие события (X_1, X_2, \dots, X_n) также необходимы, чтобы непосредственно вызвать событие.

	Последовательность	Разделение	Сочетание
Определение	Событие Y имеет одну непосредственную причину X	Два или больше событий Y имеют одну причину X	Событие Y имеет более чем одну причину X и X
Представление			
Свойство	Событие X является необходимым и достаточным для появления события Y	Событие X является необходимым и достаточным для появления событий Y и Y	Каждое из событий X необходимо для появления событий Y , ни одно из них не является достаточным: только их сочетание
Пример			

Рис. 1. Виды логических связей и последовательность событий:

1 — оператор поскользнулся; 2 — падение оператора; 3 — машина вышла из строя; 4 — приходит специалист по ремонту; 5 — производство останавливается; 6 — приходит специалист по ремонту; 7 — машина введена в действие преждевременно; 8 — произошел инцидент

Эти вопросы помогут выявить три вида логических связей в последовательности событий, представленных на схеме (рис. 1).

Логическая согласованность "дерева причин" **контролируется** путем постановки следующих вопросов применительно к каждому предшествующему событию:

— если бы событие X не произошло, могло бы произойти тем не менее событие Y ?

— было ли необходимым и достаточным само по себе событие X для того, чтобы произошло событие Y ?

Сам факт составления дерева причин вынуждает исследователя продолжать сбор информации и проведение анализа и, если необходимо, углубить то и другое.

Ему часто приходится анализировать события, имевшие место задолго до получения травмы (рис. 2). Когда составление дерева причин закончено, появляется схема причин, предшествующих инциденту. Налицо, таким образом, группа факторов, явившихся причиной несчастного случая.

Особенностью анализа причинности инцидента данным методом является последовательное изучение событий, начиная с "нижнего" события, следуя до нежелательного, т. е. до "инцидента".

Метод дерева целей является удобным и достаточно эффективным инструментом как на стадии прогнозирования потенциальных инцидентов (задаваясь нежелательным для предприятия событи-

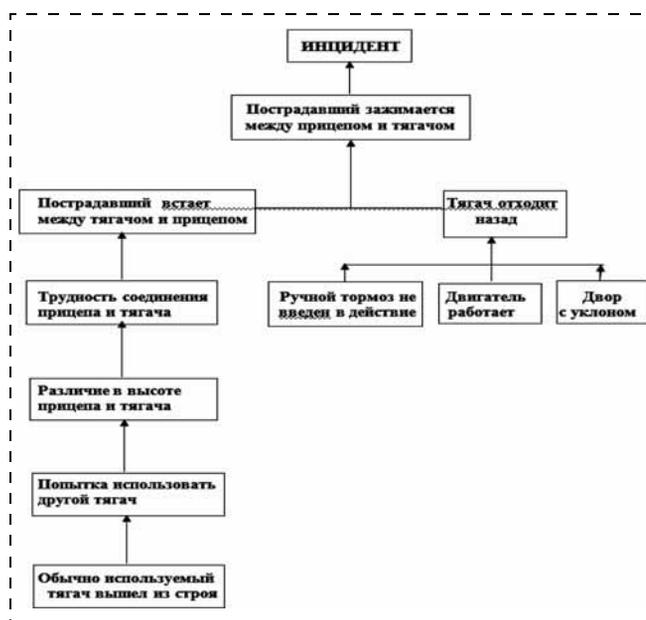


Рис. 2. Пример схемы дерева причин производственного инцидента



ем), так и при расследовании происшедшего несчастного случая.

На практике не все предшествующие причины имеют одинаковое значение для предотвращения производственного инцидента, поэтому целесообразно составлять их перечень, чтобы своевременно разработать и осуществить предупредительные мероприятия. Если перечень причин достаточно обширен, необходимо произвести их соответствующий анализ и последующий отбор.

Эффективность предупредительных мероприятий может быть исследована с помощью определенных критериев, выбранных исследователями в зависимости от конкретных требований обеспечения безопасности производственной системы.

Список литературы

1. **Звенигородский Ю. Г., Шварцбург Л. Э.** Причинность и условия возникновения производственных инцидентов. — М.: МГТУ "СТАНКИН", 2009.
2. **Цирин И. В.** Охрана труда для работников организаций: учебное пособие. — М.: Государственный учебный центр "Профессионал", 2006.
3. **Шварцбург Л. Э.** Инженерная экология, безопасность труда и жизнедеятельности в МГТУ "Станкин" // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 6. — С. 2—4.
4. **Григорьев С. Н.** Экологически чистое вакуумно-плазменное технологическое оборудование для повышения износостойкости инструментов и деталей машин // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 6. — С. 5—8.
5. **Шварцбург Л. Э., Звенигородский Ю. Г., Букейханов Н. Р.** Методология разработки проектов ресурсосбережения // Вестник МГТУ Станкин. — 2011. — № 2. — С. 14—17.

УДК 331.41/.43

С. А. Рябов, канд. техн. наук, доц., **Н. А. Иванова**, канд. техн. наук, доц.,
МГТУ "СТАНКИН"

E-mail: ivanova_na2006@mail.ru

Основные причины возникновения превышений значений производственных факторов на рабочих и учебных местах

Анализ причин возникновения нарушений санитарно-гигиенических показателей в образовательных учреждениях.

Ключевые слова: аттестация рабочих мест, безопасность, производственный фактор, нормирование

Ryabov S. A., Ivanova N. A. *Principal causes of occurrence of infringements of values of production factors on working and educational places*

The analysis of the reasons of occurrence of infringements of sanitary-and-hygienic indicators in educational institutions.

Keywords: certification of workplaces, safety, production factor, rationing

Государство уделяет большое внимание вопросам обеспечения благоприятных для работников условий труда, нормируя допустимые значения тех или иных факторов, издавая нормативные и законодательные акты, направленные на улучшение условий труда. Одним из обязательных, направленных на улучшение условий труда мероприятий,

независимо от формы собственности предприятия и направления его деятельности, является аттестация рабочих мест по условиям труда.

Экоаналитической лабораторией Государственного межвузовского центра обучения и повышения квалификации по охране труда и экологической безопасности (ГМЦ ОТЭБ) при МГТУ "СТАНКИН" проводились исследования санитарно-гигиенических показателей, характеризующих условия труда в различных организациях и учреждениях. Были проведены работы по аттестации рабочих мест в университетах, академиях, колледжах, школах и других образовательных организациях.

На основе обработки и анализа данных исследований сформирована статистическая база данных, позволяющая реально оценить *состояние условий учебы и труда*. Результаты исследований показали, что более 90 % рабочих и учебных мест относятся к местам с вредными условиями труда. Дальнейшей задачей являлось определить основные причины возникновения нарушений (отклонений фактических значений исследуемых факторов от нормативных).

Обобщенные данные распределения количества рабочих мест по классам условий труда наглядно показывают, каковы условия учебы и труда

Таблица 1
Распределение рабочих и учебных мест по классам условий труда

Объект	Классы условий труда					Итого вредных
	1.0	2.0	3.1	3.2	3.3	
Объект 1	0	20	118	44	6	168
Объект 2	0	0	56	60	2	118
Объект 3	0	1	39	12	3	54
Объект 4	0	0	11	6	0	17
Объект 5	0	1	10	2	0	12
Объект 6	0	0	0	5	0	5
Объект 7	0	0	19	12	1	32
Объект 8	0	2	19	31	2	52
Объект 9	0	25	85	63	8	156
Объект 10	0	0	28	9	1	38
Объект 11	0	0	22	1	0	23
Итого	0	49	407	245	23	675

Примечание. Классы условий труда: 1.0 — оптимальные; 2.0 — допустимые; (3.1, 3.2, 3.3) — вредные.

в некоторых образовательных учреждениях (объектах) Москвы (табл. 1).

Как видно из табл. 1 из 724 мест, 675 относятся к местам с вредными условиями труда. Подробный анализ данных позволил более подробно подойти к выявлению причин возникновения нарушений санитарно-гигиенических показателей и разработать в дальнейшем научно обоснованную методику улучшения условий труда. Учитывая, что лаборатория имеет соответствующие аттестаты аккредитации, достаточно большую приборную базу с поверенными средствами измерения и квалифицированный персонал, собранный статистический материал позволил практически полностью исключить субъективную составляющую при оценке реальных условий труда.

Исследование условий труда на рабочих местах включало в себя определение фактических значений вредных и опасных факторов, таких как параметры световой среды, микроклимата, электромагнитных излучений, шума, тяжести и напряженности трудового процесса и других в зависимости от производственной деятельности.

По результатам аттестации рабочих мест лабораторией было выявлено, что наибольшее количество мест с вредными условиями труда (порядка 90 %) определяется только несоответствием нормативам факторов световой среды. Причем оценка и анализ проводилась раздельно для рабочих мест, оснащенных ПЭВМ и без них.

Наибольшие нарушения наблюдались по следующим показателям освещения:

- коэффициент пульсации освещенности;
- освещенность рабочей зоны (причем в некоторых местах она является недостаточной, а где-то превышает верхние границы диапазона нормативных значений).

Кроме того, на рабочих местах установлены несоответствия нормативным значениям по следующим параметрам: коэффициент естественной освещенности (КЕО), освещенность клавиатуры и экрана, неравномерность распределения яркости, пространственная нестабильность изображения.

При длительной работе в условиях недостаточной освещенности зрительное восприятие снижается, развивается близорукость, болезнь глаз, появляются головные боли.

Причины отклонения фактических значений параметров световой среды от нормативных, установленные на основе экспериментальных и статистических исследований, приведены в табл. 2.

По фактору микроклимата исследования показали нарушение санитарных правил и норм [1] по параметрам температуры, скорости движения воздуха и относительной влажности.

Основные причины отклонения фактических контролируемых значений параметров микроклимата от нормативных приведены в табл. 3.

При анализе параметров электромагнитных излучений, создаваемых ПЭВМ, было выявлено, что более чем на 60 % рабочих мест, оборудованных ПЭВМ, наблюдаются нарушения по данному фактору. Нарушения наблюдались по параметру напряженность электрического поля в частотном диапазоне 5 Гц...2 кГц из-за некачественной организации за-

Таблица 2
Причины возникновения нарушений по параметрам световой среды

Параметры световой среды	Причины несоответствия нормативным значениям
КЕО	Размещение рабочих мест в помещениях, не соответствующих требованиям нормативного документа СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 (недостаточная площадь световых проемов)
Освещенность рабочей поверхности или освещенность в зоне расположения рабочего документа	Недостаточное количество светильников; недостаточная мощность ламп; нерациональное размещение рабочих мест в помещении
Коэффициент пульсации освещенности	Ряды светильников подсоединены к одной фазе сети; светильники не оснащены электромагнитными ПРА
Неравномерность распределения яркости следующих поверхностей: экран, стол, бумага, клавиатура, периферия	Большая разница между яркостями экрана и клавиатуры черного цвета
Неравномерность распределения яркости рабочего поля	Неисправность монитора ПЭВМ; воздействие магнитного поля промышленной частоты
Пространственная нестабильность изображения	Воздействие магнитного поля промышленной частоты



Таблица 3

Причины возникновения нарушений по параметрам микроклимата

Параметры микроклимата	Причины несоответствия нормативным значениям
Температура воздуха выше допустимых значений	Небольшие размеры помещения и большая плотность рабочих мест; неэффективная работа вентиляции; отсутствие системы кондиционирования воздуха
Температура воздуха ниже допустимых значений	Старые оконные проемы, имеющие щели, сквозь которые поступает холодный воздух с улицы, и устаревшая неэффективная система отопления
Скорость движения воздуха выше допустимых значений	Старые оконные проемы, имеющие щели, сквозь которые поступает холодный воздух с улицы; воздухораспределительные устройства при постоянно работающей системе вентиляции
Относительная влажность воздуха ниже оптимальных значений	Неэффективная работа вентиляции; отсутствие системы кондиционирования воздуха

Таблица 4

Причины возникновения нарушений по электромагнитным излучениям

Параметры электромагнитного излучения	Причины несоответствия нормативным значениям
Напряженность электрического поля Частотный диапазон 5 Гц ...2 кГц	Не оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации Использование сетевых фильтров-адаптеров без заземления
Напряженность электрического поля Частотный диапазон 2...400 кГц	Устаревшее оборудование (системный блок, видеодисплейный терминал, периферийное оборудование) Оборудование, не соответствующее стандартам
Плотность магнитного потока Частотный диапазон 5 Гц...2 кГц	Размещение рабочих мест в помещениях, не соответствующих требованиям нормативного документа СанПин 2.2.2/2.4.1340-03 ("3.8 Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ") [3] Неисправность проводки (некачественная экранировка, некачественное заземление)
Плотность магнитного потока В Частотный диапазон 2...400 кГц	Устаревшее оборудование (системный блок, видеодисплейный терминал, периферийное оборудование) Оборудование, не соответствующее стандартам
Напряженность электростатического поля	Использование покрытий, создающих статику Недостаточная относительная влажность воздуха

земления электрической сети и вследствие использования различных типов удлинителей без заземления; по параметру плотность магнитного потока (вследствие воздействия электромагнитных излучений промышленной частоты на монитор и вызывающих нарушение требований к визуальным параметрам ВДТ). Основные причины несоответствия нормативным требованиям по параметрам электромагнитных излучений, создаваемых ПЭВМ на рабочем месте, перечислены в табл. 4.

Санитарные требования к *аэроионному составу воздуха* производственных и общественных помещений, где может иметь место недостаток или избыток аэроионов, установлены санитарными правилами СанПиН 2.2.4.1294—03 [2]. Значительное превышение концентрации положительных аэроионов над концентрацией отрицательных в воздухе рабочей зоны, по сравнению с характерным для природного воздуха соотношением, неблагоприятно влияет на самочувствие человека.

В целом, в современных производственных и общественных помещениях применяется масса синтетических отделочных материалов, средств множительной техники, кондиционеров, персональных компьютеров, которые могут вызывать нарушения природного состава аэроионов, что не соответствует требованиям охраны труда.

По результатам исследований были выявлены причины возникновения нарушений по аэроионному составу воздуха (табл. 5).

Таблица 5

Причины возникновения нарушений по аэроионному составу воздуха

Аэроионы	Причины
Аэроионы отсутствуют или их концентрация ниже нормативных значений	Электронные приборы — создаваемые ими электрические поля увеличивают скорость нейтрализации и/или осаждения необходимых для жизни легких аэроионов, а также влияют на характер распределения аэроионов определенной полярности по объему помещения Деаэроионизация природного воздуха после его обработки на кондиционерах Наличие лазерных принтеров и ксероксов Запыленность воздушной среды рабочей зоны
Концентрация аэроионов превышает нормативные значения	Особенности технологического процесса (применение сварки, коронного разряда, озона, пульверизации жидкости и т.п.)
Коэффициент униполярности не соответствует нормативным уровням	Видеодисплейные терминалы (ВДТ) — в процессе работы экраны телевизоров и дисплеев компьютеров заряжаются положительно, вблизи них также образуется большое количество положительно заряженных аэроионов

Таблица 6

Причины возникновения нарушений по параметрам шума

Параметры шума	Причины несоответствия нормативным значениям
Уровень звукового давления в октавных полосах частот Эквивалентный уровень звука Максимальный уровень звука	Воздухораспределительные устройства при постоянно работающей системе вентиляции Расположение ПЭВМ на поверхностях столов Строительные работы на территории учреждения Старые оконные проемы (внешний шум) Шумящее оборудование, используемое на рабочем месте: принтеры, сетевые блоки, шкафы, ксероксы Неисправная система освещения ("гудение" ламп в светильниках) Неисправное оборудование (шум куллеров ПЭВМ)

Средства нормализации (различного вида и типа ионизаторы) ионного режима помещений должны применяться в случаях, если условия пребывания людей на рабочем месте не удовлетворяют требованиям.

По параметрам шума также наблюдались отклонения от нормативных значений. В основном, если рассматривать учебные места, в аудиториях присутствовали нарушения из-за неисправной системы освещения, а именно "гудения" ламп. Также нарушения возникали за счет того, что компьютеры находятся на столах, а не в специально отведенных нишах.

По результатам исследований были выявлены основные причины возникновения нарушений по параметрам шума (табл. 6).

Рассматривая психофизиологический фактор, по тяжести трудового процесса из всех исследуемых лабораторией при аттестации рабочих мест, лишь около 20 %, а по напряженности трудового

процесса — 25 % рабочих мест можно отнести к местам с вредными условиями труда. Данная оценка зависит в основном от занимаемой должности — руководящий состав или преподавательский, специфики работы сотрудников учреждений. Особое внимание при оценке данных параметров необходимо обратить на нагрузку на голосовой аппарат (ставка, часы) — преподавательский состав; физическая динамическая нагрузка, масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную, рабочая поза — инженерный состав; интеллектуальные и эмоциональные нагрузки — руководящий состав.

Проведенные сотрудниками лаборатории исследования и анализ показали, какие условия труда на рабочих местах в образовательных учреждениях, и позволили установить причины возникновения отклонений от нормативных значений на рабочих местах, что в дальнейшем позволило сформулировать способы устранения и минимизации этих отклонений, а также разработать комплекс рекомендаций по улучшению условий труда.

Результаты работы внедрены в учебную дисциплину "Аттестация рабочих мест", что позволило повысить эффективность учебного процесса, его качество и модернизировать методику преподавания в направлении как изучения, так и снижения опасных и вредных производственных факторов.

Список литературы

1. СанПиН 2.2.4.548—96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений / Минздрав России. — М., 1997. — 20 с.
2. СанПиН 2.2.4.1294—03 Гигиенические требования к аэрионному составу воздуха производственных и общественных помещений.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340—03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

Новые книги

Первый в отечественной истории учебник «Ноксология» (авторы: профессор **Белов С. В.**, доцент **Симакова Е.Н.**, МГТУ им. Н. Э. Баумана) выпущен в 2012 году издательством «ЮРАЙТ».

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования третьего поколения и допущен Учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» и другим техническим направлениям и специальностям.

В учебнике сформулированы теоретические основы ноксологии — науки об опасностях. Рассмотрены опасности, создаваемые в современном мире избыточными потоками веществ, энергии и информации. Описаны виды мониторинга опасностей, показаны методы и средства защиты от опасностей на местном, региональном и глобальном уровнях. Представлены обширные данные по негативному воздействию реализованных опасностей, сформулированы пути дальнейшего совершенствования человеко- и природозащитной деятельности.

Офис издательства: 140004, г. Москва, I Панковский проезд, д. 1.

Тел. (495) 744-00-12

УДК 004.021

П. А. Манахов, асп., Е. Е. Ковшов д-р техн. наук, проф., МГТУ "СТАНКИН"
E-mail: manakhovpavel@gmail.com

Метод росчерков в человеко-машинном взаимодействии для повышения безопасности автоматизированного промышленного производства

Рассмотрен метод человеко-машинного взаимодействия на основе росчерков, описаны преимущества его использования в промышленном производстве. Предложен алгоритм предобработки росчерков, эффективность которого обоснована проведенным экспериментом. Рассмотрена программная реализация предлагаемого метода.

Ключевые слова: росчерк-ориентированный интерфейс, человеко-машинное взаимодействие, метод ввода текста, тактильная обратная связь, SCADA, алгоритм предобработки росчерков

Manakhov P. A., Kovshov E. E. The method of strokes in man-machine interaction to enhance the security of automated manufacturing

The article describes an innovative method of human-computer interaction based on strokes, describes the benefits of its use in industrial production. Preprocessing algorithm is proposed for strokes, the effectiveness of which is justified given experiment. We consider a software implementation of the proposed method.

Keywords: stroke-oriented UI, human-computer interaction, human-machine interface, input method, haptic feedback, SCADA, stroke preprocessing

В настоящее время в промышленном производстве все большую популярность приобретают сенсорные экраны. Они используются в консолях наблюдения, элементах управления агрегатами и электрооборудованием, осуществляют мониторинг и контроль удаленных распределенных объектов SCADA-систем [1], позволяют управлять целыми технологическими процессами в составе АСУ ТП. Причины этого ясны: традиционная панель оператора состоит из громоздких пультов с большим количеством переключателей, тумблеров и кнопок, которая сложна не только в использовании, но и в обучении. Сенсорный интерфейс

позволяет использовать удобную и компактную панель, которая отображает все средства управления, задействованные в конкретном процессе. Сенсорный монитор надежен и способен работать в условиях загрязненности, влажности, ударов, вибрации, электромагнитных и радиоволн.

Однако до сих пор существует проблема, которая не позволяет в полной мере использовать все преимущества сенсорных экранов — проблема отсутствия обратной связи, а именно тактильной отдачи, что в конечном итоге приводит к невозможности управления без визуального контроля. Такое положение дел на производстве грозит обернуться остановкой технологического процесса или, что хуже, причинением вреда здоровью оператора из-за того, что тот отвлекся при выполнении какой-либо банальной операции.

Существующие реализации

Встроенный в панель или пульт оператора сенсорный монитор существенно сокращает количество переключателей, тумблеров и кнопок, однако полностью избавиться от них невозможно, пока не предложен комплексный подход к организации человеко-машинного взаимодействия.

Одной из причин этого является неудобство ввода текстовой информации посредством сенсорной панели. В настоящее время чаще всего используется комбинация сенсорного экрана с аппаратной ЙЦУКЕН (англ. "QWERTY") клавиатурой. Данный механизм ввода привычен любому пользователю персонального компьютера или ноутбука. Важным его достоинством является оптимальное [2] положение клавиш (наиболее часто используемые — в центре). Благодаря популярности ЙЦУКЕН, опытный пользователь может набирать текст "вслепую". Используемая взамен наэкранный клавиатура лишена этого преимущества. Кроме того, удобство набора из-за размера клавиш заметно снижается при уменьшении диагонали экрана.

Важно понимать, что использование сенсорного монитора совместно с аппаратной клавиатурой не является выходом, так как отменяет некоторые из преимуществ сенсорных панелей.

Предлагаемое решение

Предлагаемое решение носит название "росчерк-ориентированного интерфейса" (англ. *"Stroke-oriented UI"*). Как можно понять из названия, его основой являются росчерки. Росчерк представляет собой геометрическую фигуру произвольной формы, вычерчиваемую на сенсорном экране посредством пальца или электронного пера — стилуса. Для простоты запоминания это может быть буква, цифра или распространенная геометрическая фигура типа треугольника, квадрата и пр. Каждому росчерку ставится в соответствие заранее заданное действие. Росчерки могут образовывать иерархическое древо команд, необходимое для логического разделения и упрощения восприятия различных групп выполняемых действий. Росчерки в различных группах могут повторяться. Уровней может быть неограниченное количество.

Следует отметить, что стандартный способ ввода, т. е. использование кнопок, полей ввода и других элементов, остается доступным — росчерки вычерчиваются поверх "классического" интерфейса. Таким образом, восприятие пользователем нового способа взаимодействия не портится.

Рассмотрим конкретную ситуацию, например, навигацию по древовидной иерархии — файловой системе, что является распространенным действием и встречается при решении многих задач. При использовании сенсорного экрана часто применяется кинетическая прокрутка. Для выбора элемента пользователь должен коснуться его. Приведенные способы взаимодействия характерны тем, что в обоих случаях используется абсолютное позиционирование элементов интерфейса относительно координат экрана, а значит выполнение действий без визуального контроля невозможно.

В случае применения росчерк-ориентированного управления взаимодействие происходит по другой схеме. Для перемещения списка используются росчерки "вверх"/"вниз", причем они передвигают элементы на одну позицию. Для перемещения на уровень вверх может использоваться росчерк "влево-вверх", для выбора элемента списка — двойное касание экрана в любой позиции. Здесь важнейшим моментом является независимость результата ввода росчерка от позиции на экране, из которой он начат. Такой способ позволяет эффективно перемещаться по иерархии, не глядя на экран.

Способ ввода текста

Представим себе виртуальную клавиатуру, которая является аналогом стандартной цифровой 12-ти кнопочной клавиатуры без полного нижнего ряда клавиш (рис. 1, слева). Для выбора клавиш используется простая для запоминания система росчерков. Данная система росчерков неизменна и является частью предлагаемого способа ввода. К примеру, для того чтобы выбрать клавишу 1, надо вычертить росчерк "вверх-влево"; клавишу 8 — росчерк "вниз"; 0 — росчерк "вниз до границы экрана" (рис. 1, справа).

На рис. 1 росчерки "вниз-вверх", "влево-вправо" и "вправо-влево" (все соответствуют виртуальной клавише 5) сознательно опущены, дабы не перегружать рисунок. Важной характерной чертой предлагаемого метода ввода является независимость результата ввода от начальной позиции росчерка, т. е. где бы пользователь ни начал росчерк, он всегда будет начинаться из клавиши 5.

Для ввода текста используется так называемая раскладка по умолчанию. Например, для русского языка она может выглядеть так, как показано на рис. 2.

Под раскладкой понимается совокупность символов, определенным образом расположенных на виртуальных клавишах, т. е. соответствующих предложенной системе росчерков. Количество символов, связанных с одним росчерком, недетерминировано.

На рис. 2, справа серым цветом отмечены росчерки, которые вычерчиваются вплоть до границы экрана. Для ввода текста используются две схемы: побуквенная и с предикативной системой. С использованием предикативной системы пользователю достаточно лишь последовательно вычерчивать росчерки, система сама предложит наиболее подходящее слово. В этом случае выбранная последова-

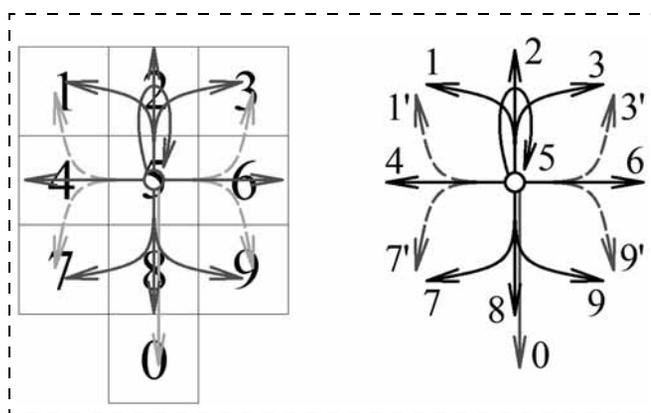


Рис. 1. Схема соответствия росчерков и виртуальных клавиш

- линейный;
- сравнение по максимально близкому времени (англ. "Nearest time") [5];
- динамической трансформации шкалы времени (англ. "DTW, Dynamic time warping") [6].

Линейный классификатор сравнивает точку одного росчерка с соответствующей ей точкой другого, вычисляя смещение исходя из длин обоих росчерков.

Сравнение перечисленных выше алгоритмов с нейросетевым классификатором может проводиться на базе многослойного перцептрона [5]. В данной статье нейросетевой метод не рассматривается по причине высокой вычислительной сложности алгоритма, который неспособен удовлетворить требованию комфортного для пользователя времени распознавания на встраиваемых вычислительных системах.

В качестве метрики использовались Эвклидова дистанция и экспоненциальная дистанция, предложенная одним из авторов. Экспоненциальную дистанцию определяют по следующей формуле:

$$\text{dist}(p, q) = e^{k \cdot d(p, q)},$$

где $d(p, q)$ — любая метрика, к примеру, Эвклидова дистанция; k — мультипликативный коэффициент.

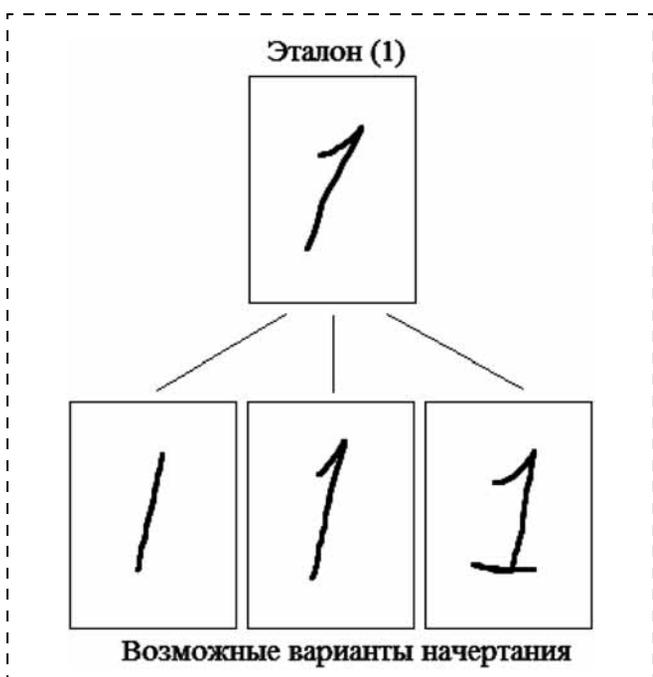


Рис. 3. Символы различного вида, относящиеся к одному классу

Результаты эксперимента по выбору базового алгоритма распознавания

Алгоритм	Качество распознавания, %
Простые классы эталонов	
<i>Linear, Euclidean</i>	84,0
<i>Linear, Exponential</i>	71,0
<i>Nearest time, Euclidean</i>	67,0
<i>Nearest time, Exponential</i>	67,5
<i>DTW, Euclidean</i>	97,5
<i>DTW, Exponential</i>	98,5
Сложносоставные классы эталонов	
<i>Linear, Euclidean</i>	87,0
<i>Linear, Exponential</i>	92,5
<i>Nearest time, Euclidean</i>	64,0
<i>Nearest time, Exponential</i>	84,0
<i>DTW, Euclidean</i>	90,0
<i>DTW, Exponential</i>	97,0

Экспоненциальная метрика позволяет получить лучшее качество распознавания в случае ввода одинаковых символов с различным начертанием, к примеру, единица с засечкой и без засечки внизу символа (рис. 3), что видно из результатов эксперимента.

Для сравнения перечисленных алгоритмов был проведен следующий эксперимент. В качестве эталонов были выбраны числа от 0 до 9. Тестовый набор представлял собой совокупность росчерков, введенных двумя испытуемыми, по 400 росчерков, соответствующих одному классу (одному символу). Общее число тестовых росчерков составило 4000, благодаря чему точность оценки качества распознавания с учетом погрешности составляла 0,5 %.

Замеры проводились с классами эталонов, состоящими из одного либо нескольких символов, соответствующих различным начертаниям. Результаты проведенного эксперимента сведены в табл. 1.

Таким образом, наиболее оптимальным с точки зрения качества распознавания является классификатор "Dynamic time warping" с экспоненциальной метрикой (*DTW, Exponential*).

Алгоритм предобработки

На этапе предобработки с каждым росчерком производили следующие действия:

приведение координат к нулю (первой точке росчерка);



Таблица 2

Результаты замера относительной скорости и качества распознавания

Способ прореживания	Качество распознавания, %	Время
Без прореживания	98,5	5x
Простое прореживание	98,5	1x
Предлагаемый метод	99,0	1x

зеркальное отображение относительно оси ординат (из-за несоответствия систем координат экрана и устройства ввода);

симметричное масштабирование координат росчерка, а также времени в диапазоне [0; 1].

Вычислительная сложность DTW составляет $O(n \cdot m)$, где n, m — длина соответственно первого и второго из сравниваемых росчерков. По этой причине вычисление без прореживания занимает значительно больше времени, чем, к примеру, для линейного классификатора ($O(n)$, где n — длина большего из росчерков). Однако при простом прореживании, когда у росчерка по линейному закону отбрасывается часть точек, может произойти потеря необходимой информации [7] и, как следствие, снижение качества распознавания. Чтобы этого избежать одним из авторов был предложен следующий алгоритм прореживания.

Методом численного дифференцирования находят первую и вторую производные от пути росчерка. Далее находят точки, соответствующие локальным максимумам и минимумам (первая производная меняет знак), а также точки перегиба (вторая производная меняет знак). Для уменьшения эффекта возрастания количества расположенных рядом точек экстремума перед первым дифференцированием производится сглаживание траектории росчерка скользящим средним. Описанный эффект возникает вследствие дрожания руки во время ввода. Далее происходит прореживание до требуемой длины с сохранением всех найденных точек экстремума.

Для проверки выдвинутых предположений было измерено время работы выбранного алгоритма на наборе тестовых данных, описанных в предыдущем разделе, без прореживания, а также с простым и предложенным одним из авторов способами прореживания. Результаты эксперимента сведены в табл. 2.

Время, указанное в таблице, является относительным. За единицу принято время распознавания при предварительном прореживании всех росчерков до фиксированной длины (20 точек — цифра получена экспериментально).

Как следует из таблицы 2, учитывая комплексный критерий "затраченное время/качество распознавания" предлагаемый метод прореживания предпочтительнее, чем существующие аналоги.

Предложенный механизм прореживания также решает задачу уменьшения объема данных хранимых эталонов, что также немаловажно при работе на системах с ограниченными ресурсами, к примеру, встраиваемыми решениями.

Программная реализация

Результаты эксперимента по совершенствованию алгоритмов предобработки и распознавания росчерков находят свое применение в программной библиотеке. В ходе данного исследования был разработан макет прикладного программного обеспечения в виде динамически подключаемой библиотеки распознавания росчерков. Библиотека удовлетворяет следующим требованиям:

- обеспечение низкой вычислительной сложности алгоритмов распознавания;
- обеспечение малого объема занимаемой памяти;
- обеспечение кроссплатформенности.

Для простоты интеграции с существующими SCADA-системами, а также в соответствии с требованием кроссплатформенности библиотека написана на ANSI C. Также для удобства разработчика созданы интерфейсы для таких языков как Java и C#.

Хранение эталонов росчерков реализовано на базе международного стандарта InkML [8], разработанного консорциумом W3C. Стандарт обеспечивает возможность создания/редактирования базы на любой платформе.

Кроме того, создан инструментарий для интеграции росчерк-ориентированного управления в такие технологии построения интерфейса пользователя как MFC, Qt, Java AWT/Swing, C# Windows Forms/WPF. Набор компонентов для этих технологий позволяет с легкостью создавать приложения, использующие предлагаемый способ человеко-машинного взаимодействия.

Результаты

Предлагаемый метод управления дополняет существующие реализации пользовательских интерфейсов сенсорного ввода и обеспечивает более безопасный ввод информации по причине отсутствия необходимости визуального контроля. Применение данного метода предпочтительно в условиях автоматизированного производства с высоким уровнем шума.

Благодаря использованию предлагаемого набора программных компонентов для различных технологических решений упрощается интеграция росчерк-ориентированного интерфейса с существующими промышленными SCADA-системами.

Список литературы

1. **Wonderware** InTouch HMI (<http://global.wonderware.com/EN/Pages/WonderwareInTouchHMI.aspx>).
2. **Poika Isokoski**. "Existing text input method" (<http://www.cs.uta.fi/~poika/g/node6.html>).
3. **Джефф Раскин** Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем: Символ-Плюс. — М.: 2005.

4. **Plamondon R., Srihari S. N.** On-line and off-line handwriting recognition: a comprehensive survey // IEEE transaction on pattern Analysis and machine Intelligence. — 2000. — № 22 (1). — P. 63—84.
5. **Манахов П. А.** Росчерк-ориентированный интерфейс для управления мобильными устройствами с сенсорным экраном слабовидящими и инвалидами по зрению // Задачи системного анализа, управления и обработки информации: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 3 / Под общ. ред. Е. В. Никульчева. — М.: МГУП, 2010. — 198 с.
6. **Sakoe H., Chiba S.** Dynamic programming algorithm optimization for spoken word recognition, IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing. — 1978. — № 26 (1). — P. 43—49.
7. **Tapia E.** Understanding Mathematics: A System for the Recognition of On-Line Handwritten Mathematical Expressions. — Berlin, 2004.
8. **W3C.** Ink Markup Language (<http://www.w3.org/TR/InkML/>).

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 519.281

Л. Э. Шварцбург, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **Е. В. Бутримова**, ст. преп., **Н. В. Дроздова**, преп., МГТУ "СТАНКИН"
E-mail: elenambara@yahoo.com

Экспериментальное исследование распространения виброакустических факторов в среде для прогнозирования их уровней в заданной точке пространства

Рассмотрены вопросы экспериментальных исследований распространения виброакустических колебаний в среде, показана возможность прогнозирования уровня этих факторов с помощью реализованных программных решений.

Ключевые слова: виброакустические факторы, экспериментальное исследование, моделирование, прогнозирование

Shvartsburg L. E., Butrimova E. V., Drozdova N. V. *Experimental research of distribution vibroacoustics factors in the environment for forecasting of their levels in the certain point of space*

In article questions of experimental researches of distribution vibroacoustics fluctuations in the environment are considered, possibility of forecasting of level of these factors by means of the realised program decisions is shown.

Keywords: vibroacoustics factors, an experimental research, modelling, forecasting

Вибрация и шум являются характерными видами энергетических отходов машиностроительного производства, распространяются в среде в виде механических волн. В задачах защиты окружающей среды и человека от виброакустических воздействий, вызываемых технологическим оборудованием, необходима оценка распределения уровней шума и вибрации в пространстве вблизи источника. Зная уровень звукового давления и виброскорости в рабочей зоне, можно оценить, оказывает ли данный фактор негативное воздействие на человека и при необходимости предупредить это воздействие [1].

В настоящее время во многих сферах научного исследования для получения необходимой информации об объектах или явлениях используется моделирование, которое помогает представить и предсказать поведение изучаемого процесса. Наиболее интересным и важным способом представления полученной информации является визуализация, благодаря которой любой тип данных, если это целесообразно, может быть преобразован и представлен в форме изображений.

Современные методы визуализации информации широко используются для представления и анализа результатов компьютерного моделирования. В настоящее время существует достаточное количество программных комплексов для визуализации инженерных решений и представления информации в графическом виде на картах, планах и схемах. Некоторые средства обработки и визуализации данных работают в операционной системе UNIX. Но довольно часто применение таких сложных программ не требуется. Поэтому наличие мощных универсальных пакетов не исключает разработку программных решений для реализации конкретных научных и практических задач на основе универсальных систем программирования.

В качестве такого программного продукта может быть использован Microsoft Visio — графический редактор, обладающий широкими возможностями. Для решения задач визуализации была разработана программа, предназначенная для расчета уровней шума вблизи единичного точечного источника. Программа состоит из графической части, программной части (модуль, написанный на языке Microsoft Visual Basic for Applications) и форм пользовательского диалога [2].

Идея заключается в том, что измеряя уровень шума в одной точке на выбранном расстоянии от источника, можно получить значения уровня шума в точках, расположенных на том же расстоянии, но в других направлениях.

Поскольку многие экспериментальные переменные невозможно контролировать, необходимо определенным образом планировать эксперимент, чтобы свести к минимуму или вообще исключить эти внешние воздействия [3]. Измерения шума и вибрации проводились в закрытом помещении.

Для изучения распространения виброакустических факторов был проведен ряд экспериментов (рис. 1). Для этого была смоделирована ситуация, которая отражает источник виброакустических факторов и расстояние от него до исследуемой точки. На плоскости устанавливался источник шума и вибрации и проводились измерения соответственно уровней звукового давления и виброскорости в выбранных точках плоскости, а именно в восьми точках на двух разных расстояниях — радиусах от источника. Восемь осей — достаточное минимальное количество точек для построения графической модели распространения колебаний. Данные по восьми точкам первой, ближайшей к источнику окружности радиусом R_1 , и данные по одной точке второй окружности радиусом R_2 вводились в программу. По этим значениям программа рассчитывала коэффициенты, соответствующие снижению уровня колебаний для каждой оси,

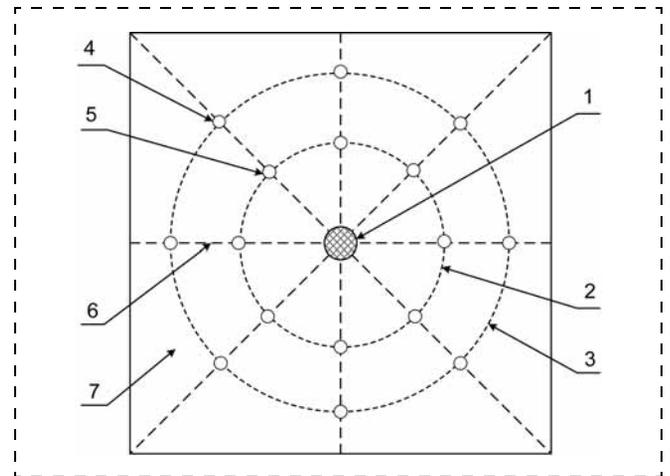


Рис. 1. Схема эксперимента по исследованию распространения виброакустических факторов:

1 — источник колебаний; 2 — окружность измерений радиусом R_1 ; 3 — окружность измерений радиусом R_2 ; 4, 5 — точки измерений на радиусе R_2 , R_1 соответственно; 6 — оси; 7 — плоскость поверхности для проведения измерений

т. е. в восьми точках, расположенных на окружности радиусом R_2 . Таким образом, измеряя одно значение уровня шума или вибрации, соответствующее одной оси, были получены расчетные значения предполагаемых уровней в других точках, т. е. на остальных семи осях.

При измерении шума и вибрации должны учитываться различные факторы, влияющие на результат показаний прибора. Например, при измерении шума — посторонние шумы, отраженные от стен или предметов, находящихся поблизости, при измерении вибрации — посторонние вибрации, свойства среды, где распространяется волна, характеристики источника и т. д.

Для измерения вибрации на плоскости необходимо учесть возможность регистрации показаний прибора. Другими словами, нужно выбрать такой источник и такую поверхность, на которую он установлен, чтобы колебания четко проходили через эту плоскость. Поэтому при выборе учитывались масса источника и толщина поверхности, а также способ установки или крепления источника на плоскости.

Для проведения эксперимента использовался измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2. Съем информации о вибрации осуществлялся преобразователем пьезоэлектрическим виброизмерительным ДН-3-М1, о шуме — капсулом микрофонным конденсаторным М-101.

При анализе результатов экспериментального исследования определялись погрешности измерения и погрешности рассчитанных по программе

значений. Возможность применения выбранной программы для установления уровней звукового давления и виброскорости определяется по критерию $\pm 3\sigma$: если значения отклонений по всем рассматриваемым осям не превышают $\pm 3\sigma$, то данная программа применима для определения уровней шума и вибрации на заданных расстояниях от источника.

Определение погрешности измерения определяется следующим образом: вычисляется среднее значение \bar{X} по всем осям, единичное отклонение ΔX , по каждой оси и дисперсия σ^2 , из которой определяется среднее квадратическое отклонение σ и критерий $\pm 3\sigma$.

Чтобы рассчитать погрешности значений, полученных по программе, необходимо вычислить раз-

ность между рассчитанным и измеренным значениями Δ ; в каждой точке эксперимента, среднее значение разностей $\bar{\Delta}$ по всем осям и дисперсию σ^2 , из которой аналогично определить среднее квадратическое отклонение σ и критерий $\pm 3\sigma$.

Для наглядности анализа можно построить диаграммы, показывающие распределение отклонений измеренных значений от среднего ΔX (а) и разности Δ между рассчитанным и измеренным значениями (б) по каждой оси (рис. 2 и 3).

На диаграммах на рис. 2, а и 3, а показаны каждая из восьми осей (см. рис. 1) и отклонения значений уровня звукового давления или виброскорости от среднего значения, измеренных на выбранном расстоянии от источника, т. е. за среднее значение принят ноль оси ΔX . Диаграммы на

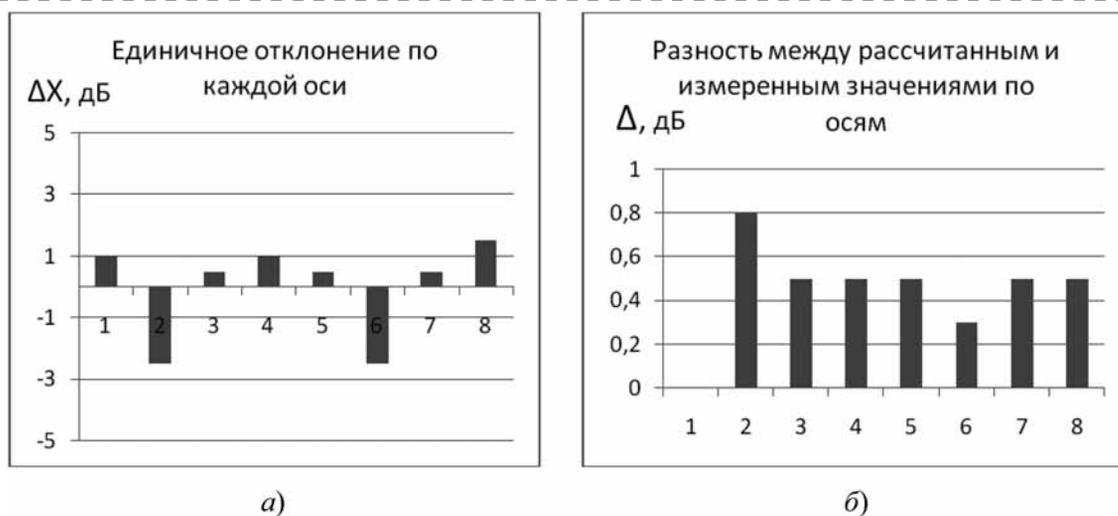


Рис. 2. Распределение отклонений по осям при измерении звукового давления

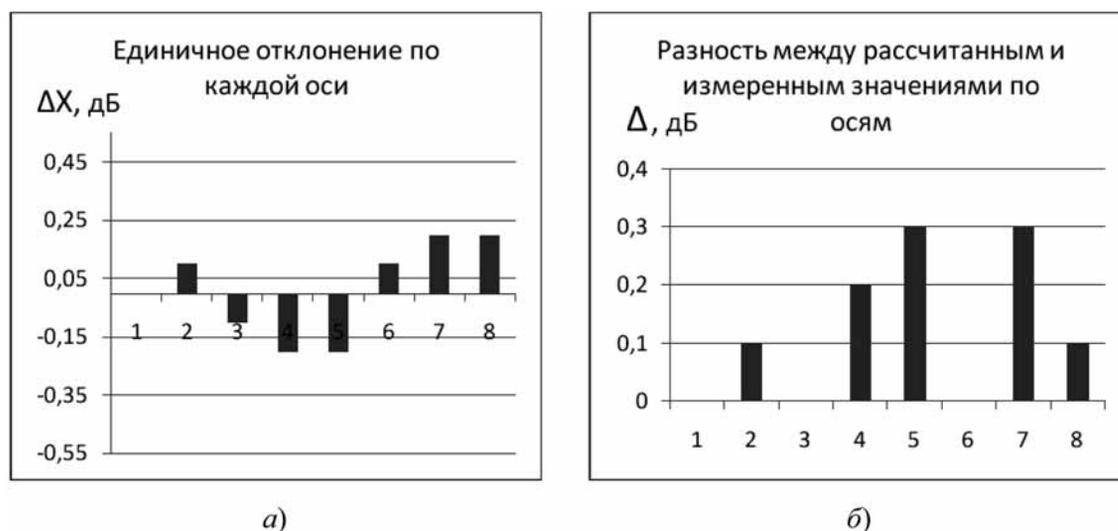


Рис. 3. Распределение отклонений по осям при измерении виброскорости



Результаты экспериментальных исследований

Определяемый параметр	Погрешность измерения				Погрешность рассчитанных значений			
	Среднее значение \bar{X} , дБ	Дисперсия σ^2 , дБ ²	Среднее квадратическое отклонение σ , дБ	Критерий 3σ , дБ	Среднее значение \bar{X} , дБ	Дисперсия σ^2 , дБ ²	Среднее квадратическое отклонение σ , дБ	Критерий 3σ , дБ
Уровень звукового давления	59,5	2,5	1,6	4,8	0,2	0,2	0,5	1,5
Виброскорость	46,5	0,03	0,16	0,48	0,1	0,05	0,21	0,63

рис. 2, б и 3, б показывают разброс, рассчитанный по модулю, между значениями, которые были получены экспериментально и теоретически с использованием программы на каждой оси.

Результаты проведенных экспериментальных исследований представлены в таблице.

Как видно из рис. 2 и 3 и таблицы значения отклонений измеренных и рассчитанных значений по всем восьми осям в обоих экспериментах не превышают величины 3σ . Следовательно, программа-модуль, реализованная в среде визуального моделирования Microsoft Visio, может применяться для про-

гнозирования уровней звукового давления и вибрации в заданных точках пространства.

Список литературы

1. Шварцбург Л. Э. Особенности защиты окружающей среды в производственных условиях. // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 6. — С. 9—13.
2. Шварцбург Л. Э., Дроздова Н. В., Бутримова Е. В. Визуализация в среде MS Visio распространения шума и вибраций в рабочей зоне. // Вестник МГТУ "Станкин". — 2011. — № 1.
3. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. — М.: Мир, 1972. — 382 с.

УДК 621.91.02; 504.055

Л. Э. Шварцбург, д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой, А. В. Маркин, преп., МГТУ "СТАНКИН"
E-mail: markin@stankin.ru

Исследование влияния геометрических характеристик режущего инструмента на образование вибраций и шума в зоне резания

В статье рассмотрена зависимость величины образующейся вибрации и шума от геометрических параметров режущего инструмента, в первую очередь, от величины главного переднего угла.

Ключевые слова: безопасность, вибрация и шум, технологический процесс, моделирование, режущий инструмент

Schwarzburg L., Markin A. A study of the influence of geometric cutting tool in shaping vibrations in the cutting zone

Describes the dependence of the lift-off vibration of geometrical parameters of the cutting tool, first and foremost, from the main front corner.

Keywords: safety, vibration and noise, process, modeling, cutting tool

При реализации процессов резания характерным видом отходов является вибрация механических частей оборудования и сопутствующий ей шум. Именно вибрация и шум являются одними из основных загрязнителей окружающей среды, оказывающих вредное воздействие на человека, находящегося в рабочей зоне станка.

Формирование вибрации и шума при реализации технологических процессов в значительной степени определяется создаваемыми в зоне резания силами резания.

Математические модели кинематической цепи станка [1], подробно изложенные в приложении к настоящему номеру журнала, позволяют представить эту цепь в виде двухмассовой эквивалентной механической системы, в которой две массы свя-

заны между собой нежестким валом с коэффициентом жесткости

$$C_{12} = \frac{M_{12}}{\varphi_1 - \varphi_2},$$

где M_{12} — приведенный к валу двигателя крутящий момент, передаваемый от второй массы к первой; φ_1, φ_2 — углы поворота соответственно первой и второй масс.

Именно конечное значение C_{12} определяет динамические характеристики механической системы станка, характеризующиеся неравенством углов поворота первой и второй массы, а их разность $\varphi_1 - \varphi_2$ определяет неравномерность скоростей вращения подвижных масс, т. е. угловой дисбаланс кинематической системы станка, а значит и такие важные показатели качества машиностроительных технологических процессов, как угловая вибрация и шум, который является следствием проявления этой вибрации.

Последнее выражение показывает, что как вибрация, так и шум при реализации машиностроительных технологических процессов формообразования прямо пропорционально зависят от момента M_{12} , величина которого определяется в значительной степени характеристиками режущего инструмента.

Исследование влияния геометрических характеристик режущего инструмента на образование вибраций и шума в зоне резания были определены теоретически и экспериментально. При исследовании были выделены следующие геометрические характеристики инструмента — величины главного угла в плане φ , угла наклона режущей кромки λ и переднего угла γ [2].

Силы резания, по которым рассчитывался момент M_{12} , были определены по формуле:

$$P = C_p t^x S^y v^n K_p, \text{ кН},$$

где C_p — коэффициент, учитывающий вид и условия обработки; t — глубина резания; S — скорость подачи; v — скорость резания; x, y, n — показатели степеней, учитывающие условия и вид обработки; K_p — коэффициент, учитывающий свойства заготовки и инструмента;

$$K_p = K_M K_\varphi K_\gamma K_\lambda K_r,$$

где K_M — коэффициент, учитывающий физико-химические свойства обрабатываемого материала; K_φ — коэффициент, учитывающий главный угол в плане; K_γ — коэффициент, учитывающий угол наклона передней поверхности; K_λ — коэффициент, учитывающий угол наклона главной режущей кромки; K_r — величина радиуса при вершине резца.

Таблица 1

Значения коэффициентов

C_{pz}	x_{pz}	y_{pz}	n_{pz}	K_M	K_φ	K_γ	K_λ
3,0	1,0	0,75	-0,15	1,0	1,08	1,0	1,0

Таблица 2

Значения углов φ, λ, γ

Геометрический параметр	Точка на оси абсцисс графика на рис. 1				
	1	2	3	4	5
Угол в плане φ	30	45	60	70	90
Угол наклона режущей кромки λ	-5	0	+5	+10	+15
Передний угол γ	+20	+10	0	-10	-20

Значения коэффициентов для заготовки, выполненной из стали Ст. 30, при токарной обработке валика диаметром 20 мм со скоростью резания $v = 150$ м/мин, со скоростью подачи $S = 0,25$ мм/об, глубиной резания $t = 1$ мм в зависимости от геометрических параметров режущего инструмента, определялись для расчета тангенциальной составляющей силы резания P_z , являющейся главной силой резания, по которой и рассчитывался момент M_{12} . Эти значения приведены в табл. 1.

Значения M_{12} , рассчитанные для различных значений геометрических углов φ, λ, γ , представлены на рис. 1.

Интервалам 1...5, отмеченным на оси абсцисс на рис. 1, соответствуют значения углов φ, λ, γ , указанных в табл. 2.

Анализ зависимостей показал, что наибольшее влияние на формирование силы резания и момента оказывает передний угол γ . Объясняется это тем, что изменение момента при изменении пе-

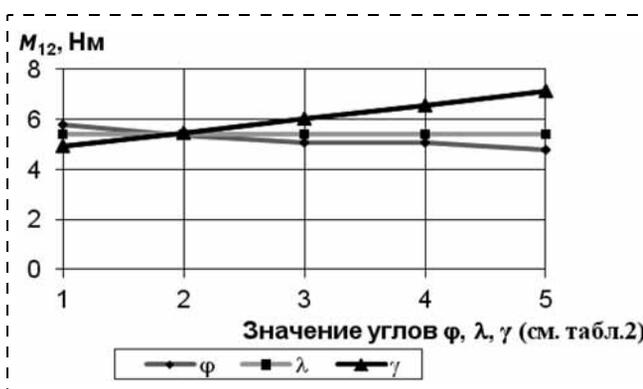


Рис. 1. Влияния геометрических параметров режущего инструмента на крутящий момент

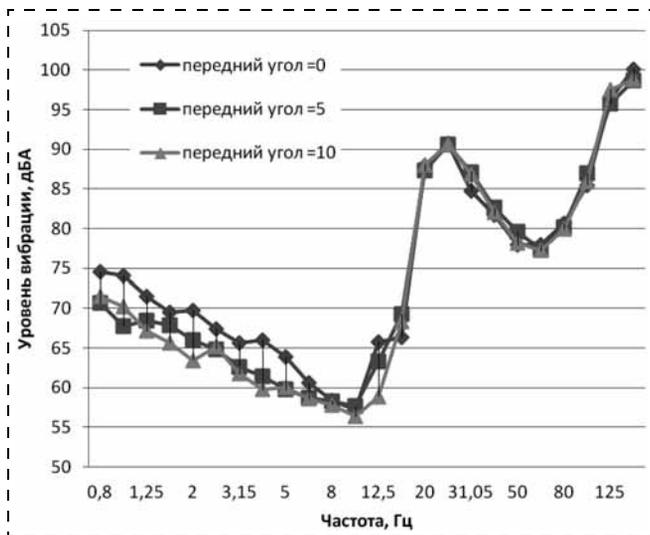


Рис. 2. Влияние величины переднего угла на уровень вибрации

реднего угла более чем в 2 раза превышает его изменение при изменении угла наклона режущей кромки и угла в плане. Аналогичные результаты были получены и при обработке изделий из других материалов.

Экспериментальные исследования изменения величины вибрации и шума при изменении переднего угла режущего инструмента осуществлялись с целью обоснованного выбора величины переднего угла, минимизирующего величины вибрации и шума. При этом передний угол изменялся в пределах 10° , с дискретными значениями 0° , 5° и 10° , так как именно эти величины передних углов наиболее часто применяют для обеспечения других показателей качества машиностроительных технологических процессов формообразования [2].

Измерение вибрации осуществлялось прибором Октава 101М. Пьезоэлектрический преобразователь уровня вибрации устанавливался на суппорте станка, т. е. в непосредственной близости от реза. Эксперимент проводился при значении главного угла в плане и заднего угла соответственно 30° и 10° .

Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 2.

Как следует из рис. 2, в области октавных частот до 12,5 Гц изменении переднего угла от 10° до 0° увеличивает уровень вибрации в среднем на 5 дБА. Объясняется это тем, что увеличение переднего угла γ уменьшает деформацию стружки и обрабатываемой поверхности, влияет на величину и направление сил резания, прочность режущей кромки, стойкость реза и качество обработанной поверхности, а значит, снижает тангенциальную силу резания и соответствующий ей момент M_{12} .

Таким образом, исследования показали, что геометрия инструмента оказывает влияние на формирование вибраций и связанного с ней шума при реализации машиностроительных технологических процессов резания. При этом наибольшее влияние оказывает величина переднего угла. Увеличение переднего угла с 0° до 10° снижает уровень вибрации при реализации этих процессов на 5 дБА, т. е. на 7 %.

Список литературы

1. Шварцбург Л. Э. Особенности защиты окружающей среды в производственных условиях // Безопасность жизнедеятельности. — 2006. — № 6.
2. Справочник конструктора-инструментальщика. — М.: Машиностроение, 1994. — 558 с.
3. Власов В. И., Синопальников В. А. Назначение геометрии инструмента и режима резания при точении. Метод. ук. — М.: "Станкин", 2001.

Анонс

В следующем номере журнала будут опубликованы статьи

В разделе «ОХРАНА ТРУДА» **Отений Я. Н., Выходец В.И., Выходец С. В.** Прогнозирование уровня звука на рабочем месте металлорежущих станков.

В разделе «ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» **Старжинский В. Н., Гагарин Д. Р.** Акустическая эффективность встроенных звукоизолирующих кожухов продольно-фрезерных деревообрабатывающих станков.

УДК 551.46.072:51 + 574.5.001.57:51

Н. В. Соловьева д-р физ.-мат. наук, проф., **М. Ю. Худошина**, д-р физ.-мат. наук, проф.,
МГТУ "СТАНКИН"
E-mail: hudosh@stankin.ru

Комплексный подход к моделированию управления ресурсами и отходами в системе "природа—техносфера" с целью минимизации воздействия на окружающую среду

Изложен способ математического моделирования управления ресурсами и отходами с использованием комплексного подхода. Он позволяет фиксировать взаимосвязи между природными и техногенными объектами, отражающие отношения производства — потребления ресурсов и отходов на основе логико-информационной модели, оценивать изменение характеристик этих взаимосвязей по динамическим моделям функционирования отдельных объектов и моделировать различные варианты распределения ресурсов и минимизации отходов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, логико-информационная модель, динамическая модель, экологический риск, экологическая безопасность

Soloviova N. V., Hudoshina M. Y. *A complex approach to modelling the management of resources and waste in nature-tehnosfera with a view to minimizing the enviromental impact*

Outlines how mathematical modeling of resource management and waste management using an integrated approach. It allows you capture the relationship between natural and vfnvyde objects that reflect the relations of production — resource consumption and waste on the basis of the logic-information model to assess the changing characteristics of the relationships on dinamic models of individual objects and simulate varios options for the allocation of resources and minimize waste.

Keywords: simulation, logic-information model, ecological risk assesment, ecological safety

В структуре загрязнения окружающей среды предприятие машиностроения как объект техносферы является одним из важнейших факторов негативного воздействия на природные объекты. Формой такого воздействия являются потоки ве-

щества, энергии, информации, превышающие предельно допустимые значения.

Для минимизации воздействия необходимо исследовать систему "природа — техносфера" (П—Т) с целью достижения в ней сбалансированных взаимосвязей, при которых дальнейшее развитие производства в рамках существующих технологий не нарушает целостности природных объектов. Условием развития объекта техносферы — предприятия является обеспеченность его ресурсами, при исчезновении которых дальнейшее развитие требует изменения технологий. Условием сохранения качества природных объектов является ограничение потоков отходов от их источника — предприятия. Таким образом, управление ресурсами и отходами позволит повысить эффективность производства и минимизировать его воздействие на окружающую среду. Одно из направлений повышения эффективности управления — применение методов математического моделирования.

Рациональное распределение ресурсов и отходов — многоплановая задача, включающая такие важные вопросы, как организация информационной системы, разработка модели, выбор критериев оценки ее функционирования, разработка основных принципов ее управления. Особенность задачи — многочисленность критериев, наличие большого числа параметров, которые либо вообще не поддаются формализации, либо могут быть формализованы лишь частично, что затрудняет решение на этапе сравнения и выбора конечного варианта. Решение такой задачи целесообразно проводить методами математического моделирования, в частности, методом имитационного моделирования. Этот метод предполагает создание математической модели исследуемого объекта, в данном случае системы П—Т, устанавливающей основные функциональные связи между ее элементами,



а также моделирование и имитацию различного вида антропогенного воздействия на эту систему и изменения характеристик ее взаимосвязей с помощью этой модели.

Имитационное моделирование имеет различные подходы. Одним из них является подход, при котором используются два типа моделей — логико-информационная и динамическая [1–3]. Рассмотрим подробнее эти модели.

Логико-информационная модель отражает структуру установившихся взаимосвязей в моделируемой системе и позволяет анализировать ситуации, возникающие при исчерпании ее ресурсов. Центральным в логико-информационной модели является понятие *функционирующего элемента*. Каждый такой элемент рассматривается как производитель и потребитель ресурсов, выполняет определенные функции и в процессе взаимодействия с другими функционирующими элементами обеспечивает основное функциональное назначение исследуемой системы. Таким образом, все значимые элементы моделируемой системы определяются в модели как функционирующие элементы. В этом качестве выступают основные элементы системы П–Т, такие как природные объекты и объекты техносферы, в том числе предприятие. Исследуемая система считается состоящей из взаимосвязанных функционирующих элементов. Состояние каждого из них определяется отношением производство—потребление ресурсов и зависит от состояния взаимосвязанных с ним элементов.

Функционированием природных объектов считается изменение их состояния в результате внешнего воздействия, в том числе под действием потоков отходов. В модели вводится понятие отрицательных ресурсов, в роли которых выступают потоки вещества и энергии, превышающие предельно допустимые значения и представляющие потоки отходов, производимых объектами техносферы и потребляемых природными объектами. Такой подход позволяет объединить природные объекты и объекты техносферы в единую цепь по связям *производство—потребление*.

Функционирующий элемент имеет количественную меру M_i , называемой его мощностью. В качестве M_i рассматривается, например, число людей в выделенной группе. Мощность производственных объектов, созданных человеком, т. е. объектов промышленности, транспорта, сельского и коммунального хозяйства, выражается в единицах основного вида производимой продукции. Мощность природных объектов, к которым отно-

сятся, например: луга, леса, парки, водные бассейны и т. д. характеризуется ассимиляционной емкостью, т. е. динамической вместимостью такого количества загрязняющего вещества, которое может быть поглощено, трансформировано, рассеяно природным объектом без нарушения его целостности и качественных характеристик. Нормативы потребления ресурсов функционирующим элементом назначаются на единицу производимого им ресурса.

С математической точки зрения функционирующий элемент характеризуется вектором состояния, компоненты которого — потребности в ресурсах и виды производимых ресурсов в расчете на одну единицу его мощности:

$$(M_i, \{C_{ik}\}, \{P_{ij}\}).$$

Компоненты вектора состояния назовем параметрами состояния. Потребности i -го элемента в k -м ресурсе отвечает норматив C_{ik} . Удельное производство j -го ресурса i -м элементом обозначим P_{ij} . При нормальном функционировании элементов произведение $M_i C_{ik}$ будет означать общее количество k -го ресурса, потребляемого i -м элементом, а $M_i P_{ij}$ — общее количество j -го ресурса, производимого i -м элементом. Производство и потребление ресурсов отнесены к соответствующей единице времени. При этом рассматриваются лишь существенные потребности. В случае, когда хотя бы одна из них не удовлетворяется, элемент не может функционировать нормально и выходит из строя.

Общее количество видов потребностей в ресурсах у функционирующих элементов системы, очевидно равно общему количеству видов ресурсов, вырабатываемых всеми элементами системы и поступающих в нее извне.

Для описания структуры модели используется граф (рис. 1). Он представлен множеством вершин X и множеством ребер Y . Вершинам соответствуют элементы системы, а ребра отражают взаимосвязи между двумя элементами, весовые коэффициенты которых соответствуют количеству ресурса, производимому вторым элементом и потребляемого на единицу мощности первого элемента.

Обозначим через N количество центральных элементов в модели системы П–Т; M — количество элементов, обеспечивающих нормативные потребности центральных элементов; R — промежуточные элементы; L — количество внешних ресурсов, учитываемых в модели.

Граф содержит информацию о взаимосвязях, указывая на соотношения элементов, их соподчи-

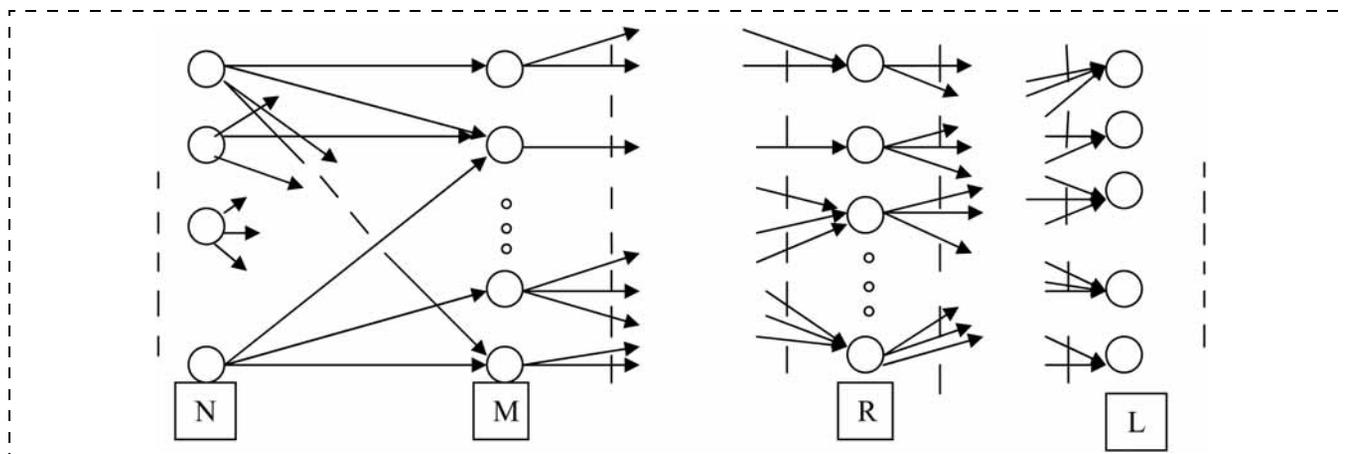


Рис. 1. Графическое представление модели системы "природа — техносфера"

ненность и может применяться для формализации описания систем, состоящих из большого количества элементов.

Начальные вершины графа соответствуют центральным элементам системы, относительно которых определяется экономическая целесообразность функционирования системы, например номенклатура, и количество производимых изделий. Конечными вершинами графа являются внешние ресурсы, которые поступают в систему извне, либо конечные элементы цепочек производство-потребление, и природные объекты.

Исходным вершинам графа ставится в соответствие множество нормативных потребностей центральных элементов. Это элементы первого яруса. Каждый тип центрального элемента имеет определенные потребности, являющиеся в модели выходными данными элементов. Им соответствует определенное количественное и выраженное в баллах для качественных характеристик значение, являющееся нормативным или среднефактическим показателем на единицу потребления. Степень вершин первого яруса может быть различна для разных типов центральных элементов.

Элементы второго яруса — производства, обеспечивающие удовлетворение потребностей центральных элементов производимыми ими ресурсами, которые в модели являются для них входными сигналами. Выходными для каждого элемента второго яруса будут сигналы, отражающие потребление продукции, производимой или поставляемой системе этими элементами. Каждой дуге графа ставится в соответствие весовой коэффициент, характеризующий ту долю продукции, которая производится или потребляется элементом предыду-

щего яруса, представленного смежной вершиной. Аналогично рассматриваются все элементы последующих ярусов графа. Конечные вершины графа — элементы, соответствующие внешним ресурсам системы. Граф не связан, так как не все пары его вершин могут быть соединены. Он распадается на отдельные связанные подграфы, начальные вершины которых соответствуют нормативным требованиям центральных элементов, а конечные — видам внешних ресурсов. В большинстве случаев эти подграфы содержат циклы, но в частных случаях являются деревом. Граф может содержать некоторое число простых и сложных контуров, отражающих обратные связи в системе.

При устойчивом состоянии производство и потребление ресурсов в системе П—Т сбалансировано. Для этого достаточно, чтобы параметры состояния лежали в определенных точно заданных диапазонах значений, в пределах которых они могут колебаться. Считается, что элемент функционирует нормально, если параметры его состояния находятся в рамках установленных границ, называемых допустимыми. Если хотя бы одно значение оказывается за пределами установленного диапазона, соответствующий элемент выходит из строя, — нарушается режим работы включающего его звена, что вызывает неудовлетворительную работу всей системы [1]. При этом разрушения распространяются на глубину действия связей, образуя слабые звенья в системе П—Т. Рассматривая каждый элемент как сложную подсистему можно строить структуру модели в соответствии с масштабом задачи и степенью детализации.

Таким образом, учитывается два режима функционирования элементов — нормальный и выход



из строя. Параметры состояния модели можно описать булевыми переменными 0 и 1. Потребность i -го элемента в k -м ресурсе C_{ik} принимает значение 1, если она удовлетворяется за счет соответствующего ей j -го ресурса P_{ij} , производимого i -м элементом, и значение 0 — в противоположном случае. Потребность элемента C_{ik} считается удовлетворенной, если возможно поступление соответствующих ресурсов P_{ij} в количестве, отвечающем нормативу его потребления на единицу меры функционирующего элемента.

Нормальное функционирование сложной системы П—Т возможно, когда все объединенные в ней элементы работают нормально. В случае неудовлетворения какой-либо потребности из-за нехватки соответствующего ресурса элемент, обладающий этой потребностью, выходит из строя. В свою очередь, он перестает обеспечивать потребности других элементов, получающих от него ресурсы, и они также выходят из строя. Процесс этот продолжается до тех пор, пока не выйдут из строя все взаимосвязанные элементы. В результате получим картину нарушений в системе с учетом многих прямых и обратных связей. Входными переменными элемента в модели являются его потребности, а выходными — производимые им ресурсы, обеспечивающие функционирование других элементов. Рассмотрев все связи, можно выявить элементы в системе, влияющие хотя бы на один из ее элементов, но не подверженные влиянию остальных. Такие элементы, независимо от их территориального положения, отнесем к внешним факторам.

Процедура построения логико-информационной модели сложной системы начинается с последовательного учета всех элементов, связанных с центральными, продолжается до выхода на внешние ресурсы и природные объекты, заканчивается на тех элементах, которые не зависят от поставки ресурсов от каких-либо элементов, включаемых в модель и потому считаются внешними факторами модели.

Входные данные логико-информационной модели содержат сведения о парных взаимосвязях всех элементов и их числовых характеристиках, о внешних ресурсах, центральных элементах, их мощности и нормативных потребностях, выходные — информацию для пользователя о запросах системы П—Т на те или иные ресурсы, состоянии в результате реализации набора управленческих решений, степени ресурсной обеспеченности, слабых звеньях, сбое в цепочках производство — пот-

ребление. Эта информация соответственно составляет входы и выходы алгоритма логико-информационной модели системы П—Т. В ходе работы алгоритма появляются промежуточные результаты, касающиеся сведений о производстве и потреблении ресурсов любым элементом системы, о распределении ресурсов по приоритетам, которые также могут быть использованы. В основу описания входов и выходов модели положены элементы теории множеств и теории графов.

Логико-информационная модель системы П—Т функционирует по алгоритму, приведенному на рис. 2. В соответствии с задачей управления в модели выбираются центральные элементы. Это могут быть объекты природной среды, группа элементов *население*, отдельные объекты техносферы. На вход модели подается информация о внешнем воздействии, определяющем мощности центральных элементов.

Модель формирует список требований центральных элементов в соответствии с существующими нормативами. Посредством анализа связей элементов, представленных графом, составляется список требований всех элементов системы П—Т на ресурсы. При этом одноименные ресурсы суммируются. Сопоставляя наличные ресурсы с запрашиваемыми, модель производит оценку состояния моделируемой системы. По желанию пользователя она выдает информацию о фактической обеспеченности системы П—Т, список недостающих и отсутствующих ресурсов, производит детальный анализ состояния по запросу о любом ресурсе и требовании на него, отслеживает цепочку *ресурс—потребление—производство—нормативное требование*.

Пользователь может изменить внешнее воздействие, внести поправку в структуру модели системы П—Т, изменить ее количественные характеристики. Эти операции моделируют ход принятия решения в процессе получения сведений о реакции исследуемой системы на различные управляющие воздействия. Принимаемые решения зависят от свойств объектов управления — их мобильности, возобновимости ресурсов, возможности управления ими.

Логико-информационная модель с помощью средств булевой алгебры оценивает качественное состояние обеспеченности ресурсами в системе. Путем изменения параметров состояния и мощностей элементов она позволяет осуществлять имитацию принятия решений о перераспределении, освоении либо привлечении внешних ресурсов, изменении технологий, применении очист-

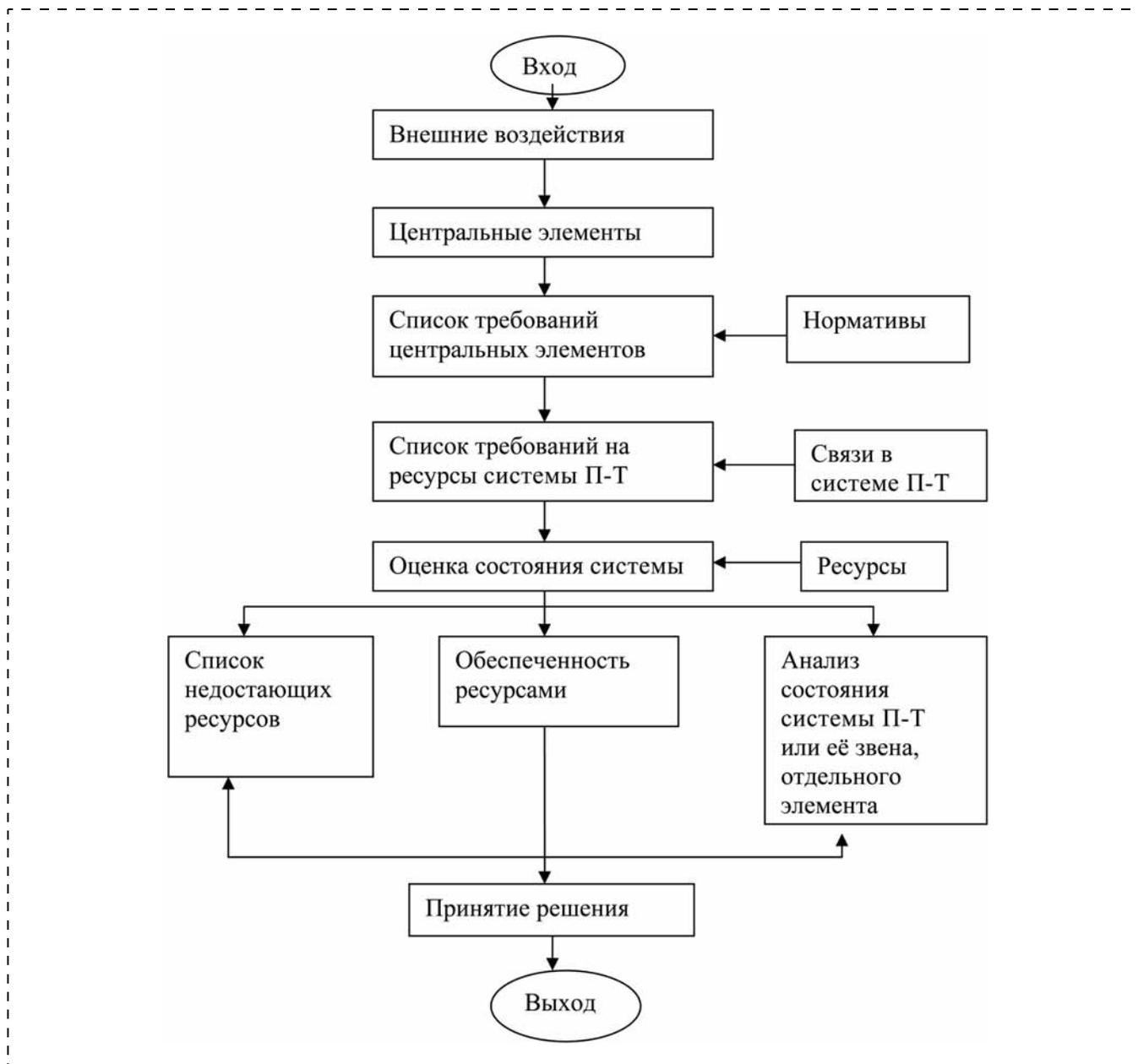


Рис. 2. Алгоритм функционирования логико-информационной модели системы "природа–техносфера"

ных сооружений и других решений, реализуемых в виде изменения диапазонов значений соответствующих параметров. Результатом является оценка различных вариантов управления ресурсами, построения, развития объекта техносферы и выбор оптимального с точки зрения заданного критерия. Такой подход используется как основа для моделирования процесса принятия решений управления ресурсами в интерактивном режиме.

Параметры состояния элементов могут меняться с течением времени и выходить за рамки диапазонов допустимых значений, соответствующих

их нормальному состоянию. Поскольку логико-информационная модель является статической и описывает сложившееся на данный момент состояние взаимосвязей, то возникает необходимость привлечения моделей, которые отражают изменения параметров состояния во времени, динамику развития взаимосвязей, реакцию природных объектов на техногенное воздействие. Модели, соответствующие этим требованиям, называются динамическими.

Динамическая модель описывает временные преобразования характеристик всех существенных



взаимосвязей элементов исследуемой системы П—Т и объединяют группу моделей физических процессов, определяют количественные изменения и соотношения в системе. Результаты расчетов по этим моделям используются для описания параметров нового состояния исследуемой системы. Заметим, что состояние экологической системы оценивается разными группами специалистов по существующим для каждой из них нормативам: санитарно-гигиеническим, рыбохозяйственным, водопользовательским и т. д. В таких нормативах используются самые разнообразные системы индикаторов, от хорошо разработанной системы предельно допустимых концентраций (ПДК), выбросов (ПДВ) и нагрузок (ПДН) до генетических индикаторов, используемых для определения мутагенной степени опасности.

Такое разнообразие в подходах дает возможность количественно оценить воздействие либо конкретного загрязнителя (токсиканта) на определенный вид организмов, либо суммы негативных воздействий на определенную жизненно важную функцию организма. При этом, следует отметить несовершенство каждого из подходов в отдельности. Так, нормы ПДК, защищая человека от того или иного воздействия, не рассчитаны на защиту всей экосистемы в целом. Даже если значениями ПДК пытаются нормировать какое-либо антропогенное воздействие на сумму некоторых живых организмов, то, как правило, это можно осуществить только для конкретной среды (атмосферный воздух, питьевая вода, вода рыбохозяйственных водоемов и т. п.). Кроме того, такие нормы не учитывают эффекты накопления вредных веществ в организмах или последствия перехода их из одной среды в другую. Другими словами, выполнение норм по какому-либо одному критерию не означает экологической безопасности всей системы в целом, однако является необходимым ее условием. Кроме того, наличие множества частных критериев экологической безопасности затрудняет и сам выбор того или иного критерия, по которому возможно сделать заключение о степени опасности. Такая многомерность в постановке и решении задач экологии побуждает к разработке интегрального критерия экологической безопасности, который, с приемлемой степенью обобщения, позволил бы видеть объект исследования в целом и давать оценку его экологического состояния в целом [4].

Здесь необходимо пояснить, что к созданию универсального критерия экологической безопасности для различных уровней биологической ор-

ганизации от биосферы в целом и до индивидуального организма вряд ли стоит стремиться. Если даже такой критерий и будет предложен, то из-за необходимости наличия в нем систем разного уровня организации он должен был бы обладать сильной степенью обобщения так, что существенные индивидуальные свойства каждого уровня организации могли бы быть потеряны. В силу этого, иерархия объектов и диапазон применимости критерия экологической безопасности должны соответствовать, по крайней мере, уровню организации исследуемых систем. А это, в свою очередь, имеет следствием создание не одного универсального критерия, а набора таких критериев для экосистем различных уровней. Число таких критериев должно быть небольшим и соответствовать ограниченному выделению уровней организации экологических систем.

Эти соображения легли в основу построения универсальной модели экологической системы водной акватории, учитывающей связи между процессами различной природы (физической, химической, биологической, геологической), которые отражены системой нелинейных, нестационарных уравнений в частных производных [2, 3]. Традиционный подход, связанный с математическим моделированием последствий антропогенного воздействия на экологическую систему, предполагает расчет концентраций и биомасс (или численностей) основных компонентов экосистемы [2—4]. В таком расчете в качестве внешних учитываются антропогенные воздействия на экосистему: сбросы загрязнений, строительство гидротехнических сооружений, регулирование речного стока, добыча полезных ископаемых на шельфе и т. п.

Моделирование экологического состояния и риска морского шельфа [2] осуществляется в трехуровневой структуре иерархии процессов экосистемы. На первом уровне моделирования учитываются отдельные процессы. Чаще всего они устанавливаются эмпирически. Это выражения для законов гидромеханики, оптики, термодинамики, закономерности химических реакций, фотосинтеза, роста биомассы организмов [2]. Взаимодействие процессов представлено моделями второго уровня: гидротермодинамический блок (ГТД), гидробиологический блок (ГБ) и гидрохимический блок (ГХ). Целостное представление о состоянии экосистемы шельфа возможно только с помощью модели третьего уровня, которая объединяет модели второго уровня в замкнутую систему. Реальный объект описывается моделью не одного

какого-либо уровня, а иерархической последовательностью моделей, описывающих реальную систему с возрастающей степенью приближения к ее свойствам [2].

В отношении факторов, обуславливающих экологическую безопасность, можно выделить внешние и внутренние по отношению к исследуемой системе. Под внешними факторами будем понимать естественные и антропогенные, направленные на обеспечение приемлемой экологической опасности, сокращение пространства экологического риска. Внутренние факторы относятся к свойствам самой системы и связаны с устойчивостью, надежностью, резистентностью. При этом значение величины критического состояния экосистемы не является постоянным, а нелинейно зависит от внешних естественных условий, антропогенных воздействий и самого состояния экосистемы в текущий и предшествующие моменты времени.

На основе синтеза математического моделирования эволюции и динамики экосистем и вероятностных экоскрининговых моделей рассчитываются пространственно-временные вариации риска [5–8]. При этом грубость оценок риска зависит от объема привлеченной информации об исследуемой акватории. При минимуме такой информации оценки риска становятся тривиальными.

В теории экоскрининга используется понятие экологического риска как вероятности гибели особи или популяции организмов. Модель внутригодовой изменчивости риска [5, 6] основана на следующем. В реальных условиях численность особей, составляющих популяцию, закономерно меняется в течение года под воздействием естественных факторов: изменения солнечной радиации, количества питательных веществ и т. д. Причем для оценки риска необходимо учитывать самые неблагоприятные естественные условия.

Расчеты с помощью экосистемной модели агрегированных компонент [5] отражают естественные вспыхки и спады биомасс (численностей) популяций. Периоды вспыхков и спадов численности популяций не совпадают с календарными сезонами. Максимальные значения численности для каждой m -й вспыхки N_{\max} и m -го спада N'_{\max} ; $m = \overline{1, M}$, где M — количество периодов "вспыхка—спад" в течение года являются входными данными для экоскрининговой модели риска. Значение M может меняться от года к году под воздействием естественных и антропогенных факторов.

В общем случае $2M$ внутригодовых состояний популяции "вспыхка—спад" при K внутригодовых состояниях технической системы получена оценка внутригодового риска в следующем виде [6]:

$$y \ll \sum_{k=1}^K q_k \sum_{m=1}^M P_{km} y_{km} = \sum_{k=1}^K q_k \sum_{m=1}^M (p_{am} y_{am} + p'_{am} y'_{am})_k = \sum_{k=1}^K q_k y_a, \quad (1)$$

где p_{am} , y_{am} и p'_{am} , y'_{am} — вероятности пребывания биосистемы в m -м внутригодовом состоянии вспыхки и спада и ее риск в них соответственно; y_a — вероятность аварии технической системы (экологического риска) в течение года:

$$y_a = \sum_{m=1}^M (p_{am} y_{am} + p'_{am} y'_{am})_k; \quad (2)$$

$$\sum_{m=1}^M (p_{am} + p'_{am}) = 1; \quad \sum_{k=1}^K q_k = 1.$$

Значения p_{am} и p'_{am} определяются относительной продолжительностью вспыхков и спадов:

$$p_{am} = t_m/t, \quad p'_{am} = t'_m/t; \quad \sum_{m=1}^M (t_m + t'_m) = t, \quad (3)$$

где t_m , t'_m и t — продолжительности вспыхков, спадов и года соответственно в произвольных единицах измерения.

Для определения предельно допустимой вероятности антропогенной нагрузки (вероятности аварии) на систему используются соотношения экоскрининга [6]:

$$q_d \cong \begin{cases} 1, & \text{при } y_a < y_d; \\ y_d/y_a, & \text{при } y_d < y_a < 1; \\ y_d, & \text{при } y_a = 1, \end{cases} \quad (4)$$

где y_a определяется выражением (2).

Используя зависимость (4), можно перейти к управлению риском. Другими словами, не обязательно поддерживать постоянно экономические мероприятия для обеспечения экологической бе-

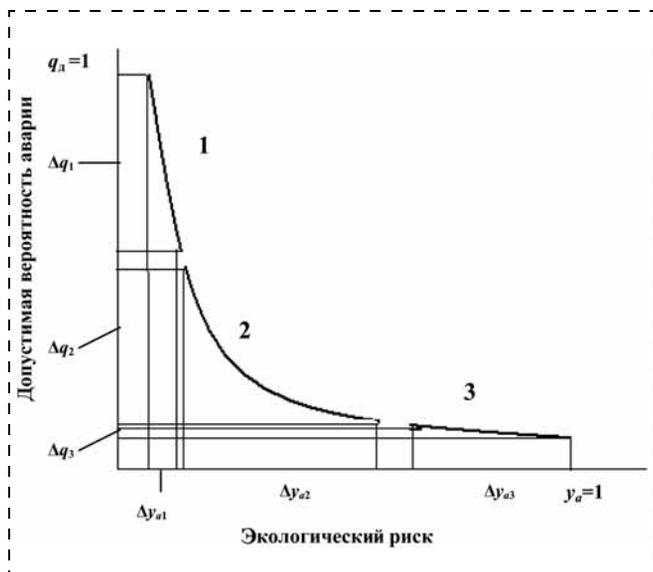


Рис. 3. Зависимость допустимой вероятности антропогенного воздействия (аварии) от значений экологического риска

зопасности на одном и том же уровне, а возможно варьировать их интенсивность в зависимости от значений экологического риска, меняющегося в течение года. Если представить качественный вид зависимости допустимой вероятности антропогенной нагрузки q_d от значений экологического риска y_a (рис. 3), то можно выделить три области. Две — соответствующие крайним состояниям максимального и минимального естественного экологического риска и третья — переходная область (средняя часть гиперболы на рис. 3). При минимальном экологическом риске допустимую вероятность антропогенной нагрузки можно увеличить до максимума, а следовательно, снизить на этом этапе эко-

номические требования к обеспечению экологической безопасности. Напротив, при максимальном значении экологического риска допустимая вероятность антропогенной нагрузки должна быть сведена к минимуму, что требует увеличения экономических затрат. Таким образом перераспределение экономических затрат в течение года будет обусловлено соответствующей меняющейся вероятностью экологического риска, что позволит повысить их эффективность и оптимизировать их уровень.

Список литературы

1. В. И. Беляев, М. Ю. Худошина. Моделирование системы город — окружающая среда. Логико-информационный подход. — Киев: Наукова думка, 1994. — 325 с.
2. Беляев В. И. Моделирование морских систем. — Киев: Наукова Думка, 1987. — 203 с.
3. Беляев В. И., Кондуфорова Н. В. Математическое моделирование экологических систем шельфа. — Киев: Наукова Думка, 1990. — 242 с.
4. Solovjova N. V. Synthesis of ecosystemic and ecoscreening modelling in solving problems of ecological safety // Ecol. Modelling. — 1999. — V. 124. — P. 1—10.
5. Флейшман Б. С. Критерии экологической безопасности в условиях неопределенности (экоскрининговый подход) // Экоскрининг. Разработка основ стандартов экологической безопасности. Деп. ВИНТИ № 3401, 19.12.95.
6. Соловьева Н. В., Лобковский Л. И. Моделирование экологического риска и рациональное распределение затрат на безопасное освоение ресурсов шельфа // Экология промышленного производства. — 2009. — № 3.
7. Соловьева Н. В., Лобковский Л. И. О путях минимизации экономических затрат на безопасность разработок месторождений шельфа, основанных на моделировании экологического риска // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2009. — № 4.
8. Лобковский Л. И., Соловьева Н. В., Худошина М. Ю. Эколого-экономические подходы, основанные на математическом моделировании риска, минимизирующие экономические затраты на безопасность разработок месторождений шельфа // Экономика и предпринимательство. — 2009. — № 2. — С. 38—51.

Новые книги

Издательством «ЮРАИТ» выпущено в 2012 г. 4-е издание учебника «**Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность)**» (автор д-р техн наук, проф. Белов С. В.), рекомендованное Учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию для бакалавров всех направлений подготовки высших учебных заведений России. Первые издания учебника, опубликованные в 2010—2011 гг., вызвали большой интерес широкого круга читателей.

Офис издательства: 140004, г. Москва, 1 Панковский проезд, д. 1
Тел. (495) 744-00-12

УДК 504.3.064

Л. С. Пустошная, канд. хим. наук, доц., МГТУ "СТАНКИН"

E-mail: lubov_p555@mail.ru

Примерная программа учебной дисциплины "Экология" для профиля подготовки бакалавров "Безопасность технологических процессов и производств" и "Инженерная защита окружающей среды" направления подготовки 280700 "Техносферная безопасность"

Приведено содержание примерной программы учебной дисциплины "Экология", включенной в проект базовой части математического и естественно-научного цикла бакалавриата направления подготовки 280700 "Техносферная безопасность". Описан опыт реализации новых подходов при обучении студентов вузов.

Ключевые слова: образовательная программа, бакалавр, учебная дисциплина, экология, техносферная безопасность

Pustoshnaya L. S. *Approximate program of educational discipline "Ecology" for training bachelor profile "Safety of technological processes and productions" and "Engineer environmental protection" of educational direction 280700 "Technosphere safety"*

The article gives a content of the approximate program of educational discipline "Ecology", included in the project of the basic part of the mathematical and science cycle of the bachelors program of a direction 280700 "Technosphere safety". The author describes the experience of implementing new approaches of educating university students.

Keywords: *educational program, bachelor, educational discipline, ecology, technosphere, safety*

В Московском государственном технологическом университете "Станкин" процесс подготовки будущих бакалавров начинается с изучения дисциплины "Экология". Это вполне обосновано, так как без знания основных экологических законов и без экологического подхода к анализу процес-

сов в биосфере невозможно ориентироваться в основных проблемах техносферной безопасности. Настоящая примерная программа учебной дисциплины "Экология" разработана в соответствии с ФГОС ВПО по направлению подготовки 280700 "Техносферная безопасность" с учетом рекомендованной примерной образовательной программы для бакалавриата [1–3] и опыта обучения студентов МГТУ "Станкин". Несмотря на сравнительно небольшой срок, кафедрой "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности" уже накоплен некоторый опыт реализации программы дисциплины "Экология" для бакалавриата.

В результате освоения дисциплины "Экология" студенты приобретают знания, умения и навыки, которые являются необходимой основой для последующего успешного изучения дисциплин "Безопасность жизнедеятельности", "Токсикология", "Промышленная экология" и других дисциплин, а также последующей практической деятельности выпускников. Дисциплина базируется на знаниях в области естественно-научных и социальных дисциплин, приобретенных обучающимися ранее в школе или колледже.

1. Цели и задачи дисциплины

Цели изучения дисциплины: формирование у будущих специалистов экологического мировоззрения, представлений о современных экологических проблемах и принципах рационального природопользования, способностей оценки своей профессиональной деятельности с точки зрения охраны биосферы.



Основные обобщенные задачи изучения дисциплины (компетенции):

овладение:

- основными терминами и понятиями теоретической экологии, которая вскрывает общие закономерности организации жизни (ОК-10);
- информацией о состоянии природных систем и регионов с острой и критической экологической ситуацией (ОК-10, ОК-13);

формирование:

- системных базисных знаний основных экологических законов, определяющих существование и взаимодействие биологических систем разных уровней (ОК-1, ОК-10);
- экологического подхода к анализу процессов в биосфере (ОК-10);
- экологического сознания и мышления, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности человека (ОК-7, ОК-10);
- представлений о методах моделирования экосистем, анализе их динамики и устойчивости процессов в экосистемах (ОК-11, ОК-12);
- способностей для аргументированного обоснования своих решений с точки зрения экологии (ОК-9);
- способностей для самостоятельного повышения уровня культуры безопасности (ОК-4, ОК-8);
- представления о современных экологических проблемах и принципах рационального природопользования (ОК-10);
- способности использовать приобретенные знания для снижения антропогенного воздействия на природную среду и обеспечение безопасности личности и общества (ОК-5, ОК-7, ОК-10);
- способности пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и природной среды в техносфере (ПК-11)
- культуры профессиональной безопасности, способностей идентифицировать факторы, негативно влияющие на биосферу, в процессе своей профессиональной деятельности (ПК-19);
- способности ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности биосферы (ОК-12);

приобретение:

- понимания проблем устойчивого развития в соответствии с современными экологическими требованиями (ОК-7);
- знаний и практических навыков для принятия экологически обоснованных решений с учетом

условий существования и развития экосистем (ОК-6, ОК-10, ОК-12);

- умения выполнять расчетные работы с использованием основных программных средств и различных источников информации (ОК-11, ОК-13).

2. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины "Экология" по направлению подготовки 280700 "Техносферная безопасность" в соответствии с целями основной образовательной программы и задачами профессиональной деятельности, указанными в ФГОС ВПО, ориентирован на формирование у студентов следующих компетенций: ОК-1, ОК-4—ОК-13, ПК-11, ПК-19.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: факторы, определяющие устойчивость биосферы; основы взаимодействия живых организмов с окружающей средой; свойства экологических систем и закономерности их функционирования; строение биосферы; биогеохимические круговороты веществ и их нарушение человеком; естественные процессы, протекающие во всех компонентах окружающей среды — атмосфере, гидросфере, литосфере; виды загрязнений; характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу; принципы рационального природопользования.

уметь: осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий; выявлять и идентифицировать опасности среды обитания в производственной сфере и в быту, решать типовые задачи по основным разделам экологии, используя знания математики, химии, физики; применять полученные знания на производстве и в повседневной жизни; уметь логически верно, аргументированно и ясно излагать факты, гипотезы, теории и современные концепции, отстаивая свою точку зрения;

владеть: культурой мышления, методами поиска, анализа и обобщения информации.

3. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Трудоемкость модулей в зачетных единицах и виды учебной работы в академических часах установлены вузом. В табл. 1 представлено распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы для студентов 1-го семестра очной формы обучения.



Таблица 1

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы (з.е.)	Академические часы (ч)
Общая трудоемкость дисциплины	4	136
Аудиторные занятия (всего)	2	68
В том числе:		
Лекции	1	34
Семинары	1	34
Самостоятельная работа (всего)	2	68
В том числе:		
Изучение отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им литературе	0,5	17
Расчетные работы	0,2	6,8
Реферат, презентация и доклад по теме реферата	0,8	27,2
Контроль промежуточный и итоговый по дисциплине (балльно-рейтинговый и экзамен)	0,5	34

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Учебно-образовательные модули дисциплины, их трудоемкость и виды учебной работы

Рабочая программа дисциплины построена по модульному принципу. В табл. 2 приведены названия образовательных модулей дисциплины и виды учебной работы в пределах каждого модуля в зачетных единицах и учебных часах.

Таблица 2

Модули дисциплины, виды учебной работы, трудоемкость

№ п/п	Наименование модуля дисциплины	Трудоемкость, з.е.	Трудоемкость, ч		
			Лекции	Семинары	Самостоятельная работа,
1	Введение в экологию	0,2	2	2	2
2	Организм и среда его обитания	0,9	8	8	14
3	Экология популяций и сообществ	0,3	2	2	4
4	Экологические системы	0,9	8	8	14
5	Человек и экосистемы. Антропогенное загрязнение биосферы	1,2	10	10	24
6	Пути и методы сохранения современной биосферы	0,5	4	4	10
Всего на дисциплину "Экология"		4	34	34	68

4.2. Содержание разделов дисциплины

Таблица 3

Содержание учебно-образовательных модулей дисциплины

№ п/п	Наименование модуля дисциплины	Содержание модуля	Трудоемкость, ч
1	Введение в экологию	Предмет изучения и задачи экологии. Краткая история развития экологии. Основные структурные разделы современной экологии. Место экологии в системе естественных наук. Экология — наука точная. Основные понятия, термины и определения. Связь экологии с другими науками. Экология как наука, охватывающая связи на всех уровнях организации жизни: организменном, популяционном и биоценологическом. Развитие экологии во второй половине XX века. Основные направления современных экологических исследований. Место и роль экологии в предметной области и профессиональной деятельности.	2
2	Организм и среда его обитания	Организм как живая целостная система. Уровни биологической организации жизни и экология. Иерархия природных систем. Закон эмерджентности. Развитие организма как живой целостной системы. Клетка — основная структурно-функциональная единица всех живых организмов. Метаболизм. Фотосинтез. Хемосинтез. Системы организмов и биота Земли.	2



Продолжение табл. 3

№ п/п	Наименование модуля дисциплины	Содержание модуля	Трудоемкость, ч
		<p>Экологические факторы. Понятие и определение экологического фактора. Классификация экологических факторов. Абиотические и биотические факторы. Антропогенные экологические факторы. Значение физических и химических факторов в жизни организмов. Совместное действие факторов. Космические факторы. Альbedo. Механизм парникового эффекта. Озоносфера — защитная оболочка Земли. Абиотические факторы наземной среды. Абиотические факторы водной среды. Абиотические факторы почвенного покрова. Орографические факторы. Экологические факторы среды обитания человека и основных компонентов техносферы. Экологические факторы машиностроительной промышленности.</p> <p>Основные законы экологии. Общие закономерности взаимодействия живых организмов и экологических факторов. Закон минимума. Закон оптимума (толерантности) как основа выживания организмов. Границы толерантности и многообразия видов. Среда обитания и механизмы адаптации к ней живых организмов. Первое правило охраны окружающей среды. Идентификация факторов профессиональной деятельности, негативно влияющих на человека и биосферу.</p> <p>Экологическая ниша организма. Понятия и определения. Ареал. Экологическая ниша организма. Местообитание вида. Закон экологической ниши организма. Экологическая ниша человека. Второе основное правило охраны окружающей среды.</p>	2 2 2
3	Экология популяций и сообществ	<p>Популяции и их свойства. Популяция как биологическая система. Статические показатели популяций: численность, плотность и показатели структуры. Способы их оценки. Динамические показатели популяций: рождаемость, смертность, эмиграция, иммиграция. Популяция как основная единица эволюционного процесса. Кривые выживания. Динамика роста численности популяций. Экологические стратегии выживания. Зависимость темпов роста популяций от плотности. К- и г- стратегии жизненных циклов.</p> <p>Биотические сообщества. Видовая структура биоценозов. Пространственная структура биоценозов. Экологические ниши видов в сообществах. Взаимоотношения организмов в биоценозе. Биоразнообразие.</p>	2
4	Экологические системы	<p>Экологические системы. Развитие и эволюция экосистем. Экологическая система — ключевое понятие в экологии. Понятие экосистемы и биогеоценоза. Структура биогеоценоза. Основные характеристики экологических систем. Принцип Ле Шателье-Брауна. Биологическая продуктивность экосистем. Понятие первичной, вторичной, валовой и чистой продукции. Образование первичного органического вещества. Функциональные блоки организмов в экосистеме: автотрофы, гетеротрофы, деструкторы. Пастбищная и детритная пищевые цепи. Трофические цепи, сети, уровни. Биоконцентрирование. Экологические пирамиды. Потоки вещества и энергии в экосистемах. Пирамиды численности, биомасс, энергий.</p> <p>Динамические процессы в экосистемах. Гомеостаз экосистемы. Стадии развития экосистем. Цикличность, экологическая сукцессия, климакс, их причины и механизмы. Сукцессионный ряд. Первичные и вторичные сукцессии. Общие закономерности сукцессии.</p> <p>Биосфера. Биосфера — глобальная экосистема земли. Состав и границы биосферы. Свойства и функции живого вещества в биосфере. Происхождение и эволюция биосферы. Целостность биосферы как глобальной экосистемы. Учение И.В.Вернадского о биосфере. Жизнь как термодинамический процесс. Техносфера — биосфера, коренным образом преобразованная человеком в технические и техногенные объекты. Ноосфера как новая стадия эволюции биосферы.</p> <p>Циклические процессы в биосфере. круговорот вещества в биосфере. Биогеохимические циклы. Структура и основные типы биогеохимических круговоротов. Круговороты наиболее жизненно важных биогенных веществ — углерода, азота, фосфора.</p>	4 2 2
5	Человек и экосистемы. Антропогенное загрязнение биосферы	<p>Человек в биосфере. Биосоциальная природа человека. Человек как биологический вид, его популяционные характеристики. Онтогенез человека. Факторы, лимитирующие развитие человечества. Рост народонаселения нашей планеты. Природные ресурсы Земли и их классификация. Потребление и истощение природных ресурсов, дефицит продовольствия и пресной воды. Загрязнение среды обитания. Экологические кризисы и катастрофы.</p> <p>Антропогенные воздействия на биосферу. Роль человека в изменении экологических факторов. Возросшая интенсивность хозяйственной деятельности человека и ее проявление в глобальном загрязнении планеты. Противоречия стратегии максимальной сохранности экосистем и принципа получения максимума продукции. Загрязнение среды — сложный многообразный процесс. Прямое, косвенное, преднамеренное и непреднамеренное воздействие на природу. Классификация загрязнения экологических систем. Воздействие на биосферу физических факторов. Энергопотребление и биосфера. Урбанизация и ее влияние на биосферу.</p> <p>Антропогенное воздействие на атмосферный воздух. Структура и состав атмосферы. Природные и антропогенные источники загрязнения атмосферы и изменение климата. "Парниковый эффект", "озоновые дыры" — глобальные последствия антропогенной деятельности. Предполагаемые неблагоприятные экологические и экономические последствия потепления климата вследствие антропогенного воздействия. Международные усилия, направленные на предотвращение потепления климата и истощения озонового слоя. Основные загрязняющие вещества атмосферного воздуха (твердые аэрозоли, CO, CO₂, N_xO_y, NH₃, SO₂, SO₃, ПАУ, супертоксичные продукты) и источники их образования. Распространение загрязнений в воздушной среде. Химические превращения веществ в атмосфере. Кислотные дожди, фотохимический и производственный смоги. Загрязнение воздушной среды отходами машиностроительного производства.</p>	2 2 2



Окончание табл. 3

№ п/п	Наименование модуля дисциплины	Содержание модуля	Трудо-емкость, ч
		Антропогенное воздействие на гидросферу. Запас воды на Земле. Использование воды человеком. Загрязнение воды промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми стоками. Основные загрязняющие агенты: биогенные вещества, хлориды, кислоты, соединения тяжелых металлов, минеральные удобрения, нефтепродукты, пестициды и труднорастворимые органические вещества. Эвтрофикация водоемов. Тепловое загрязнение водоемов. Сточные воды машиностроительных предприятий и их влияние на окружающую среду.	2
		Антропогенное воздействие на литосферу. Основные источники загрязнения литосферы. Пути поступления загрязняющих веществ в почву. Внесение в почву вредных веществ с минеральными удобрениями. Разрушение почвенного покрова. Изменение и гибель ландшафтов, загрязнение и деградация почв. Эрозия, засоление и загрязнение почвы промышленными и иными отходами. Загрязнение почвы отходами машиностроительного производства.	2
		Антропогенные воздействия на биотические сообщества. Экологические последствия воздействия человека на растительный мир. Значение леса в природе и жизни человека. Воздействие человека на животных и причины их вымирания.	
6	Пути и методы сохранения современной биосферы	Пути и методы сохранения современной биосферы. Основы экологического права. Пути сохранения биоразнообразия и генофонда биосферы. Экономические аспекты природопользования. Регламентация воздействий на биосферу. Нагрузка на экосистему. Понятие качества среды и его критерии; оптимальное качество среды для полного благополучия общества. Допустимая нагрузка на элементы биосферы. Уровни критического и допустимого воздействия. Экологический резерв системы. Предельно допустимый уровень (ПДУ) воздействия и предельно допустимая концентрация (ПДК) вещества. Допустимый выброс и сброс. Концепция устойчивого развития человечества. Управление в области охраны окружающей среды. Инженерная защита биосферы. Роль экологического образования, воспитания и культуры в обеспечении устойчивого развития человечества. Деятельность России по охране окружающей среды в решении региональных, национальных и глобальных экологических проблем. Международные усилия по преодолению социальных и экологических кризисов.	4

4.3. Лабораторный практикум не предусмотрен.

4.4. Примерная тематика семинарских занятий

Семинарские занятия ориентированы на формирование у обучающихся следующих компетенций: ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-10.

Таблица 4

Семинарские занятия

№ п/п	Наименование модуля	Примерная тематика семинара	Форма контроля успеваемости	Трудо-емкость, ч
1	Введение в экологию	Задачи теоретической и прикладной экологии	Собеседование или письменный отчет по контрольным вопросам, отражающим содержание прочитанной лекции, с оценкой. Модуль 1	2
2	Организм и среда его обитания	Живой организм — целостная биологическая система, состоящая из взаимосвязанных и взаимоподчиненных элементов Значение физических и химических факторов в жизни организмов Закономерности воздействия факторов среды на организмы	Опрос по теме семинара с оценкой. Заслушивание и оценка доклада и презентации материала по теме реферата	2 2 2
		Среда обитания и механизмы адаптации к ней живых организмов	Собеседование или письменные ответы на контрольные вопросы по лекционному и самостоятельно подготовленному материалу модуля 2 с оценкой	2
3	Экология популяций и сообществ	Популяция и место ее обитания	Собеседование или письменные ответы на контрольные вопросы по лекционному и самостоятельно подготовленному материалу модуля 3 с оценкой	2
4	Экологические системы	Энергетика и продукция экосистемы. Основные экосистемы Земли и их особенности Биосфера — область распространения жизни на Земле. Закон незаменимости биосферы В.И. Вернадского	Опрос по теме семинара с оценкой. Заслушивание и оценка доклада и презентации материала по теме реферата	4 2
		Круговороты наиболее жизненно важных биогенных веществ — углерода, азота, фосфора	Собеседование или письменные ответы на контрольные вопросы по лекционному и самостоятельно подготовленному материалу модуля 4 с оценкой	2



№ п/п	Наименование модуля	Примерная тематика семинара	Форма контроля успеваемости	Трудоемкость, ч
5	Человек и экосистемы. Антропогенное загрязнение биосферы	Природные ресурсы Земли как лимитирующий фактор выживания человека. Экологические кризисы и катастрофы Противоречия стратегии максимальной сохранности экосистем и принципа получения максимума продукции Физические и химические последствия загрязнения атмосферы Гидросфера — коллектор загрязнений всех объектов природной среды	Опрос по теме семинара с оценкой. Заслушивание и оценка доклада и презентации материала по теме реферата	2
		Экологические последствия антропогенного воздействия на литосферу и биотические сообщества		2
6	Пути и методы сохранения современной биосферы	Основы экологического нормирования	Опрос по теме семинара с оценкой. Заслушивание и оценка доклада и презентации материала по теме реферата	2
		Деятельность России по охране окружающей среды в решении глобальных экологических проблем. Международные усилия по преодолению социальных и экологических кризисов	Собеседование или письменные ответы на контрольные вопросы по лекционному и самостоятельно подготовленному материалу модуля 6 с оценкой	2

5. Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов должна составлять не менее 50 % от общей трудоемкости дисциплины. Она заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой учебной литературе, выполнении домашних заданий, в подготовке к семинарам, к промежуточному и итоговому контролю успеваемости. В самостоятельную работу включен доклад по теме реферата, выбранной самим студентом или указанной преподавателем. Тематика реферата должна быть актуальна и требовать самостоятельной творческой работы студента. Список тематик рефератов предоставляется студентам на первом занятии после вводной лекции. Выбрав тему, студенты пишут реферат, делают по нему доклад и презентацию перед студентами своей группы. Доклад заслушивают на семинаре, тематика которого наиболее близка вопросам, рассматриваемым в реферате. Затем между студентами, студентами и преподавателем происходит обсуждение доклада. Такая форма обучения способствует развитию умений работать самостоятельно, анализировать и грамотно излагать изученный материал, использовать современные средства информации, вести дискуссию, аргументированно отстаивать свою точку зрения, делать обобщения и выводы (ОК-4—ОК-8; ОК-10—ОК-13; ПК-11, ПК-19).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. — 602 с.

Стадницкий Г. В., Родионов А. И. Экология. — СПб.: Химия, 2004. — 285 с.

Бродский А. К. Общая экология. — М.: Изд. Центр "Академия", 2006. — 256 с.

Экология / Л. И. Цветкова, М. И. Алексеев, Ф. В. Карамзинов и др.; под общ. ред. Л. И. Цветковой. — М.: АСБВ; СПб.: Химиздат, 2001. — 550 с.

Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П. Экология. 3-е изд. — М.: Дрофа, 2004. — 624 с.

Степановских А. С. Экология. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 703 с.

б) дополнительная литература:

Воронков Н. А. Экология: общая, социальная, прикладная. — М.: Агар, 2006. — 424 с.

Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Пер. с англ. / Под ред. Заборенко К. Б. — М.: Мир, 1997. — 232 с.

Акимов Т. В., Хаскин В. В. Экология. Человек — Экономика — Биота — Среда. — М.: ЮНИТИ, 2001. — 556 с.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Автоматизированный экзаменационный комплекс (АЭК), используемый для проведения групповых и индивидуальных тестирований.

Локальная компьютерная сеть кафедры с выходом в глобальную сеть Internet.

Компьютерно-мультимедийное оборудование.

8. Оценка результатов обучения

Разработка оценки результатов обучения студентов в системе профессионального образования в рамках перехода на Федеральные государственные стандарты нового поколения — сложная задача. Преподаватели вузов должны научиться использовать зачетные единицы не только для расчета и планирования трудоемкости образовательных программ и студенческой учебной нагрузки, но и для оценки результатов обучения.

Для оценки качества освоения студентами основной примерной программы (ОПП) использован подход, рекомендуемый в работах [1—3], согласно которому рекомендуется внедрение балльно-рейтинговой системы накопления зачетных единиц. Степень успешности освоения дисциплины "Экология" в систе-

ме зачетных единиц оценивается суммой баллов, исходя из 100 максимально возможных, и включает две составляющие [3]: первая составляющая — оценка преподавателем учебной деятельности студента по изучению каждого модуля дисциплины в течение предусмотренного учебным планом временного отрезка, вторая составляющая — оценка уровня самостоятельной работы по освоению дисциплины. С учетом опыта, обретенного при обучении студентов первого курса МГТУ "Станкин", в структуру составляющих предлагается внести дополнения, которые рассмотрены ниже и выносятся на суд читателя.

В данной ОПП максимально возможное количество баллов, которое можно получить по первой составляющей, — 60 баллов; по второй — 40 баллов. На первом занятии студентам предоставляется информация о формах проведения занятий и формах контроля знаний, список тем лекционных и практических заданий, а также тематика рефератов.

Методика рубежного контроля по первой составляющей балльно-рейтинговой оценки

Максимально возможное количество баллов по каждому учебно-образовательному модулю — 10 баллов. Студенты отвечают на четыре вопроса билета. Вопросы сформированы на основе содержания учебно-образовательных модулей дисциплины (см. табл. 3). Оценка ответов на билет осуществляется по схеме, представленной в табл. 5. Проблема мотивации студентов к активной работе на семинарах представляется очень важной — активное участие на занятиях обеспечивает более высокий уровень приобретаемых компетенций. В связи с этим рекомендуется поощрять активную работу студентов, добавляя баллы по каждому учебно-образовательному модулю (максимально возможное количество добавляемых баллов — 2).

Совокупная балльная оценка освоения всех модулей дисциплины по первой составляющей определяется по формуле:

$$СБ_1 = \frac{6}{4} \sum_{n=1}^6 (B_{mn} Z_{mn}),$$

где B_{mn} — балл по модулю n ; Z_{mn} — трудоемкость модуля n , з. е.

Таблица 5

Шкала оценки освоения модуля по первой составляющей

Степень успешности освоения модуля (степень владения материалом)	Количественная оценка, балл
Правильный и полный ответ на вопрос	+2
В целом правильный, но неполный ответ, наличие несущественных ошибок	+1
Отсутствие ответа	0
Принципиально неверный ответ	-2
За активную работу на всех семинарах по модулю	+2
За активную работу на некоторых семинарах (не менее 50 %) по модулю	+1
Отсутствие активной работы на семинарах	0
За пропуск каждой лекции или семинара по модулю	-0,2

Методика рубежного контроля по второй составляющей балльно-рейтинговой оценки

Описывая опыт работы по реализации новых подходов к самостоятельной работе студентов, хочется отметить некоторые особенности оценки их самостоятельной работы, связанные с поточно-групповой системой обучения, применяемой в настоящее время. Семинарские занятия в первом семестре в МГТУ "Станкин" проводятся в больших группах — 25...28 человек. Учитывая это, рекомендуется для доклада и презентации материала по теме реферата предоставлять студенту 10...12 мин и на обсуждение доклада — 5...10 минут. Такая возможность предоставляется студенту один раз в течение семестра. За проделанную работу студент получает оценку, соответствующую его способности к самостоятельному образованию (B_{C1}). Безусловно, реферат требует активной творческой работы. Однако оценивать способность студента к самостоятельному образованию только по подготовке реферата, презентации и доклада по нему (36 % от максимально возможного количества баллов [3]) в настоящее время, при отсутствии подлинной свободы академического посещения и индивидуализации, представляется преждевременным. Кроме того, необходимо учитывать самостоятельное изучение студентом к каждому семинару отдельных тем курса по заданию преподавателя. Результат такой работы оценивается по выступлению или опросу студента на семинаре. Регулярная подготовка к занятиям способствует правильной организации работы студента ради стремления стать высококвалифицированным специалистом (ОК-6). Студент должен быть опрошен не менее трех раз в течение семестра. Совокупный балл за выступления (B_{C2}) определяется как среднее арифметическое балльных оценок всех опросов.

Степень сформированности компетенций обучающегося невозможно определить без оценки качества выполнения расчетных и практико-ориентированных работ (B_{C3}), которую целесообразно включить во вторую составляющую.

С учетом внесенных дополнений совокупный балл рейтинга, оценивающий способность студента к самостоятельному образованию ($СБ_2$), следует, по мнению автора, формировать из следующих составляющих:

- доклад по теме реферата и степень владения материалом (оценивается по качеству доклада, презентации и ответам на вопросы), максимально возможное количество баллов (B_{C1}) — 20;
- изучение отдельных тем курса по заданию преподавателя, максимально возможное количество баллов (B_{C2}) — 14; минимальное количество баллов — 8;



- выполнение расчетных работ, максимально возможное количество баллов (B_{C3}) — 6; минимальное количество баллов — 4.

Минимальное количество баллов, при котором зачитывается самостоятельная работа в зачетных единицах — 12; максимальное количество баллов — 20.

Суммарный балл при оценке степени освоения материала и уровня сформированных компетенций, знаний, умений и навыков оценивается как:

$$B = CB_1 + CB_2,$$

где $CB_2 = (B_{C1}) + (B_{C2}) + (B_{C3})$.

Соответствие оценок в 100-балльной шкале традиционным оценкам выглядит следующим образом:

неудовлетворительно 0—60 баллов; удовлетворительно — 61—77 баллов; хорошо — 78—87 баллов; отлично — 88—100 баллов.

По числу баллов в семестре студент может получить автоматически отлично, имея оценку не менее 88 баллов, или хорошо — не менее 78 баллов. Остальные студенты сдают экзамен обязательно. Не допускаются к экзамену студенты, которые не на-

брали минимального числа баллов в семестре — 60 баллов.

Приведенная примерная программа учебной дисциплины "Экология" реализуется в МГТУ "Станкин". Следует отметить, что процесс разработки учебной программы не прекращается: выбираются формы обучения и образовательные технологии; виды и трудоемкости контрольных мероприятий; осуществляется перераспределение фонда учебного времени между аудиторной нагрузкой и временем, отводимым на самостоятельную работу.

Список литературы

1. **Примерная основная образовательная программа** высшего профессионального образования по направлению 280700 "Техносферная безопасность" (бакалавр) / В. А. Девисилов // Безопасность в техносфере. — 2011. — № 3. — С. 50—64.
2. **Примерная программа** дисциплины (курса) "Безопасность жизнедеятельности" (проект) (для всех направлений высшего профессионального образования — бакалавриат и специалитет) / В. А. Девисилов // Безопасность в техносфере. — 2010. — № 1. — С. 48—62.
3. **Примерная программа** дисциплины (курса) "Безопасность жизнедеятельности" (проект) (для всех направлений высшего профессионального образования — бакалавриат и специалитет) / В. А. Девисилов // Безопасность в техносфере. — 2010. — № 2. — С. 52—64.

УДК 331.45

Б. Г. Певцов, доц., **Д. В. Полторанов**, преп., МГТУ "СТАНКИН"
E-mail: smalina@mail.ru

Рекомендуемая методика обучения по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности", направление подготовки 280700 "Техносферная безопасность" в МГТУ "Станкин"

В данной статье сформулированы основные цели преподавания дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", направление 280700 "Техносферная безопасность" в МГТУ "Станкин". В соответствии с поставленной целью сформулированы основные задачи. Предложена номенклатура концепций и методов обеспечения безопасности.

Ключевые слова: методика, техносферная безопасность, безопасность жизнедеятельности, дисциплина, преподавание

Pevtsov B. G., Poltoranov D. V. Recommended method of teaching on discipline "Safety of vital functions", direction 280700 "Safety of Technosphere" in MSTU "Stankin"

In this article the main purpose of teaching the discipline "Life Safety", line 280 700 "technospheric security" in the MSTU "Stankin". In accordance with the intended purpose the main tasks. We propose a range of concepts and methods of security.

Keywords: methodology, technospheric security, life safety, discipline, teaching

В связи с утверждением и введением в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 "Техносферная безопасность" [1] будущих специалистов готовят к следующим видам профессиональной деятельности:

- проектно-конструкторская;
- сервисно-эксплуатационная;

- организационно-управленческая;
- экспертная, надзорная и экспедиционно-аудиторская;
- научно-исследовательская.

Подготовка к каждому виду профессиональной деятельности требует решения целого ряда профессиональных задач. В первую очередь, следует обратить внимание на сервисно-эксплуатационные, проектно-конструкторские и организационно-управленческие задачи.

Из общего перечня задач следует выделить следующие [2—5]:

- идентификация источников опасностей на предприятии, определение их уровней;
- определение зон повышенного техногенного риска;
- эксплуатация средств защиты и контроля безопасности;
- составление инструкций по безопасности;
- обучение рабочих и служащих требованиям безопасности.

Подготовка к решению перечисленных задач в процессе обучения требует привития минимальных практических навыков в освоении технологического оборудования промышленных предприятий, овладении методами идентификации и определения уровней опасностей, при контроле за состоянием производственной среды.

Учитывая, что дисциплина изучается на 1-м курсе технологического университета [6], следует предусмотреть практические занятия на технологическом оборудовании, которые позволят более качественно усвоить материал лекций и подготовиться к самостоятельной работе по закреплению изученного материала.

Практические занятия проводятся в учебно-научной лаборатории кафедры "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности" МГТУ "Станкин". Применяется следующее технологическое оборудование: токарно-винторезный станок 16К20, вертикальный консольно-фрезерный станок 6Р13, универсальный вертикально-сверлильный станок 2Н135, на которых проводятся следующие виды работ:

- на токарно-винторезном станке — обработка наружных поверхностей изделий типа тел вращения различного осевого профиля;
- на фрезерном станке — горизонтальное фрезерование изделий посредством цилиндрических фрез;
- на сверлильном станке — сверление деталей из различных конструкционных материалов инструментами из высокоуглеродистых и быстрорежущих сталей.

Работы рекомендуется проводить параллельно на трех типах станков с делением группы на подгруппы [6]. Работы проводятся учебно-производственными мастерами по заранее подготовленным операционным картам. Целью проведения работ

является идентификация и определение уровней опасностей на рабочих местах производственной зоны, осуществляемых с помощью специальных приборов. Рекомендуется определять [5, 7, 8]:

- температуру воздушной среды рабочего места;
- освещенность на рабочей поверхности технологического оборудования;
- уровень шума на рабочем месте;
- наличие вредных примесей в воздухе рабочей зоны.

Перед началом работ с группой проводится инструктаж по технике безопасности. Студенты знакомятся с оборудованием рабочих мест: установкой технологического оборудования, его подключением к энергосети, наличием и размещением инструмента и заготовок. На каждом типе технологического оборудования проводится ознакомление с оборудованием по обеспечению безопасности работы [8]: защитными устройствами; органами управления; устройствами для установки, закрепления заготовок и инструмента; техническими устройствами по защите от поражения электрическим током.

Проведение вышеперечисленных работ позволяет студентам ознакомиться с оборудованием и методами обеспечения безопасности при работе на конкретном технологическом оборудовании, на конкретных примерах оценить мероприятия по идентификации и определению уровней опасностей вредных и опасных производственных факторов.

В результате проведения таких практических занятий после предварительного прослушивания лекций и самостоятельного изучения специальной литературы студенты получают необходимую подготовку к углубленному изучению материала дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" [2—5, 7, 8].

Ниже перечислена рекомендуемая тематика самостоятельной реферативной работы.

1. Безопасность и человеческий фактор.
2. Психологический тип человека, его психологическое состояние и безопасность.
3. Исследование условий труда для основных видов деятельности в выбранной профессиональной предметной области.
4. Принципы и методы эргономики труда.
5. Производственный микроклимат и его влияние на организм человека.
6. Виды химических веществ, их влияние на организм человека.
7. Акустические колебания, вибрации: классификация, характеристики, вредное влияние на организм человека.
8. Инфракрасное излучение, ультрафиолетовое излучение, лазерное излучение: виды, области, характеристика, вредное влияние на организм человека.
9. Электроопасность, виды воздействия на организм человека.
10. Профилактика неблагоприятного воздействия микроклимата, виды производственной вентиляции.



11. Классификация производственного освещения, санитарно-гигиенические требования к производственному освещению.

12. Средства и методы защиты от шума и вибрации.

13. Средства защиты от инфракрасного, ультрафиолетового излучений и при работе с лазерами.

14. Организационные и технические мероприятия по защите от поражения электрическим током.

Контроль выполнения самостоятельной работы формируется из следующих составляющих [6]:

— отчет о самостоятельной работе (как правило, в виде реферата);

— представление самостоятельного изучения материала (в виде компьютерной презентации);

— степень владения материалом (оценивается по качеству доклада, ответов на вопросы).

Рекомендуемые критерии оценки способностей студента к самостоятельной работе в области проблем безопасности [6]:

— отчет: структурированность, полнота, количество используемых источников, самостоятельность при его написании, обобщения и выводы;

— представление материала отчета: качество презентации, правильность оформления;

— степень владения материалом: последовательность, убедительность, использование специальной терминологии, правильные ответы на вопросы.

Список литературы

1. **Федеральный** государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 "Техносферная безопасность" (квалификация (степень) "бакалавр"). Утвержден приказом Министерства образования и науки РФ № 723 от 14.12.2009 г.
2. **Безопасность** жизнедеятельности: учебник для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др.; под ред. С. В. Белова. — М.: Высшая школа, 2001. — 448 с.
3. **Кукин П. П.** Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: учебное пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев и др. — М.: Высшая школа, 2007. — 335 с.
4. **Трудовой кодекс РФ.** — М.: Омега-Л, 2008. — 269 с.
5. **Певцов Б. Г.** Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. — М.: ГОУ ВПО МГТУ "Станкин", 2010. — 153 с.
6. **Рабочая программа** дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" по направлению 280700 "Техносферная безопасность". Квалификация — бакалавр / Б. Г. Певцов. — М.: МГТУ "Станкин", 2011. — 32 с.
7. **Зотов Б. И., Курдюмов В. И.** Безопасность жизнедеятельности на производстве: учебное пособие. — М.: КолосС, 2003. — 432 с.
8. **Методы** и средства обеспечения безопасности труда в машиностроении: учебник для машиностр. спец. вузов / Ю. М. Соломенцев, В. Г. Еремин, В. В. Сафронов, А. Г. Схиртладзе, Г. А. Харламов; под ред. Ю. М. Соломенцева. — М.: Высшая школа, 2000. — 326 с.

УДК 504.06

Н. Р. Букейханов, д-р хим. наук, проф., **С. И. Гвоздкова** канд. техн. наук, доц., **И. М. Чмырь** канд. хим. наук, доц., **А. В. Блинов** асп., МГТУ "СТАНКИН"
E-mail: bukeihanov2010@yandex.ru

К методике преподавания некоторых дисциплин по обеспечению техносферной безопасности

Сформулированы основные цели преподавания дисциплин "Химические и биологические методы обеспечения безопасности" и "Расчеты и проектирование систем обеспечения безопасности". В соответствии с поставленными целями сформулированы основные задачи. Предложена номенклатура концепций и методов обеспечения безопасности.

Ключевые слова: методика, техносферная безопасность, экозащитные процессы, дисциплина, преподавание

Bukeikhanov N. R., Gvozdikova S. I., Chmyr I. M., Blinov A. V. Method of teaching disciplines to ensure safety technospheric

The basic aim of teaching disciplines "Chemical and biological methods of ensuring safety" and "Calculations and design of safety systems". In accordance with the intended aim formulate the main tasks. We propose a nomenclature of concepts and methods of ensuring safety.

Keywords: methodology, technospheric safety, processes for environmental protection, discipline, teaching

Цели дисциплин по обеспечению техносферной безопасности заключаются в подготовке специалистов, способных решать актуальные задачи обеспечения качества окружающей природной и техносферно-природной среды путем использования как известных методов, так и создания современных процессов и аппаратов, обеспечивающих малоот-

ходность производств и обезвреживание вредных выбросов предприятий промышленности и коммунального хозяйства.

В соответствии с поставленной целью преподавания дисциплин "Химические и биологические методы обеспечения безопасности" и "Расчеты и проектирование систем обеспечения безопасности" сформулированы основные задачи:

— изучение основ теории экозащитных процессов, а также устройств аппаратов, применяемых для защиты окружающей среды;

— освоение методов оптимального выбора соответствующих экозащитных процессов и аппаратов, необходимых для решения конкретной практической задачи с оценкой эффективности их использования;

— изучение методов расчета параметров экозащитных процессов и аппаратов, а также получение навыков их проектирования;

— усвоение принципов разработки экозащитных систем, предназначенных для решения конкретных природоохранных задач на основе использования как традиционных, так и инновационных процессов и аппаратов;

— усвоение принципов оптимизации и оценки надежности разрабатываемых систем обеспечения безопасности.

На первом этапе изучают дисциплину "Химические и биологические методы обеспечения безопасности", а на втором — "Расчеты и проектирование систем обеспечения безопасности". Обе дисциплины включают перечисленные ниже основные разделы.

Процессы и аппараты для защиты атмосферы.

Процессы и аппараты защиты водной среды.

Процессы и аппараты для переработки и утилизации твердых отходов.

Методы и средства снижения энергетического воздействия на окружающую среду.

Основы расчета, конструирования и проектирования систем обеспечения безопасности.

Предлагаем следующую номенклатуру концепций и методов обеспечения безопасности, базирующихся на материалах смежных дисциплин по подготовке инженеров по техносферной безопасности и на разработках авторов:

— интегрирование основного процесса с процессами по переработке его отходов;

— снижение эффективности действия вредных факторов путем защиты расстоянием (изоляция, экранированием) или минимизацией времени пребывания в зоне воздействия радиации, электромагнитных излучений, вибрации, шума);

— подбор известных или разработка новых менее вредных технологий [1];

— использование различных свойств материалов для их эффективного комбинирования в устройствах по защите окружающей среды;

— модульный принцип формирования эффективного набора функций и производительности технологических линий;

— атрибутивные способы — мониторинг качества окружающей среды как источник постановки задач и показатель эффективности предложенных систем безопасности, обеспечение герметичности, дизайн и окрасивание изделий машиностроения и природоохранной техники с целью защиты от эрозии и создания привлекательного товарного имиджа;

— системные методы оценки качества технологических процессов, их оптимизация, определение надежности и способов ее повышения.

Приведенное выше содержание дисциплин включает проведение лекций, практических, лабораторных занятий, расчетно-графических работ и рефератов.

Относительно небольшое число лекционных часов определяет концептуальность изложения материалов. Поэтому значительная часть материалов рекомендована студентам для самостоятельной работы, которую стимулирует система модулей и балльной оценки знаний, много лет эффективно действующая в МГТУ "Станкин".

В первых лекциях показывают необходимость комплексного подхода к созданию проектов систем безопасности, включающих решение следующих вопросов: экономическая эффективность, атрибутивные, общие и специальные методы уменьшения воздействия вредных факторов на природную и техносферно-природную среды.

В лекционных, практических и лабораторных занятиях и для самостоятельной работы студентам предлагают уделить серьезное внимание изучению и овладению следующими методами и методиками работы: 1) мозговой штурм; 2) списки контрольных вопросов; 3) морфологический анализ Ф. Цвикки и его аналогов.

По мнению авторов, особенно интересен морфологический анализ Ф. Цвикки — построение таблиц, в которых перечисляют все элементы, составляющие объект, и указывают возможно большее число известных вариантов реализации этих элементов. Комбинируя варианты реализации элементов объекта, можно получить новые решения [2].

Так, на практических занятиях показана возможность использования на предприятии полифункциональности средств защиты для снижения уровня шума от внешних источников и наоборот — природной среды от производственного шума. Предложено установить в окнах современные стеклопакеты, которые обеспечивают хороший уровень освещенности за счет естественного дневного света и эффективную шумоизоляцию и теплоизоляцию.

Для устранения негативного свойства стеклопакетов на основе поливинилхлорида (возможность образования диоксинов при пожаре) рекомендовано заменить их стеклопакетами с переплетами из стекловолоконного материала (фаберглазкомпозиата), безопасного при эксплуатации, пожаре и переработке в качестве вторичного сырья. Степень звукоизоляции предложено дополнительно увеличивать ламинированием стеклопакета изнутри полиэтилентерефталатной пленкой, которая незначительно снижает его прозрачность



и повышает ударопрочность стекол. Соответственно снижается опасность воздействия ураганного ветра или взрывной волны при техногенной аварии. Исключение возможности образования осколков стекла повышает безопасность персонала предприятия в чрезвычайных ситуациях.

Цель проведения практических занятий по указанным дисциплинам — практическое освоение теоретических основ экозащитных процессов, методик расчета аппаратов, конструирования и проектирования, необходимое для решения практических задач. Практические занятия состоят из теоретической и практической частей. Анализ основных задач, подлежащих усвоению на практическом занятии, осуществляют посредством предварительной теоретической подготовки студентов по заранее предложенным вопросам по изучаемой теме и последующем коллективном их обсуждении на занятии. Далее полученные знания студенты применяют для решения предложенной задачи по разработке технологической схемы, обеспечивающей техносферную безопасность.

Задание выполняют студенты по подгруппам из 4—5 человек. Затем представитель каждой подгруппы сообщает о результатах проделанной работы, критический анализ которой определяет уровень решения задач разработки технологической схемы и соответствующую оценку работы студентов. На практических занятиях проводится также оценка самостоятельной работы студентов — уровня выполнения расчетно-графических работ и рефератов.

Задачи изучения разделов указанных выше двух дисциплин по обеспечению защиты атмосферы и водной среды включают в себя практическое освоение теоретических основ очистки от механических примесей (механические методы); тонкодисперсных взвешенных частиц (физико-химические методы); минеральных и органических веществ (химические и биологические методы) [3, 4].

На практических занятиях изучают методики расчета аппаратов и параметров процессов очистки предприятиями выбросов в атмосферу и сбросов сточных вод.

Основная задача изучения разделов двух указанных дисциплин по методам утилизации твердых промышленных и бытовых отходов — усвоение студентами теории и практики производств по их переработке, складированию и захоронению.

Задачи изучения раздела дисциплины "Расчеты и проектирование систем обеспечения безопасности" по снижению негативного воздействия шума, электромагнитных излучений, радиоактивности связаны с адаптацией теоретических и практических методов к разработке эффективных проектов защиты от них природной и техносферной среды.

Контроль знаний у студентов на практических занятиях осуществляют в форме устного ответа на вопросы, в виде контрольных работ, а также тестов.

Контрольные работы включают в себя задания для нескольких вариантов по трем уровням сложности.

Уровень А — задания низшего уровня сложности, правильное выполнение которых соответствует оценке "удовлетворительно".

Уровень В — задания среднего уровня сложности, правильное выполнение которых соответствует оценке "хорошо".

Уровень С — задания наивысшего уровня сложности, правильное выполнение которых соответствует оценке "отлично".

Для проведения лабораторных работ на кафедре "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности" используют химическую лабораторию, лабораторию мониторинга, оснащенную современными приборами для аналитического определения уровней шума, вибрации, электромагнитного излучения, а также компьютерный класс с виртуальными лабораторными работами по дисциплине.

По разделам указанных двух дисциплин по защите от выбросов в атмосферу и сбросов в водную среду разработаны следующие лабораторные работы: "Очистка промышленных выбросов от туманов. Расчет туманоуловителей", "Мокрые способы очистки промышленных выбросов от пыли. Расчет скруббера Вентури", "Очистка промышленных выбросов от газообразных и парообразных выбросов. Расчет адсорбера", "Анализ механических методов очистки промышленных сточных вод. Расчет трубчатого отстойника", "Физико-химические методы очистки промышленных сточных вод. Расчет электрокоагулятора", "Биологические методы очистки промышленных сточных вод. Расчет метатенков".

По разделу дисциплины "Расчеты и проектирование систем обеспечения безопасности" о методах и средствах снижения энергетического воздействия разработаны следующие лабораторные занятия: "Анализ звукоизолирующих свойств конструкций", "Анализ виброизолирующих свойств конструкций".

Контроль знаний у студентов на лабораторных занятиях осуществляют проведением тестирования, устного ответа на вопросы к отчету студента о проделанной лабораторной работе.

При руководстве работой студентов над курсовыми проектами для обеспечения новизны в предлагаемых инженерных решениях выдвигается обязательное требование для получения высокой оценки — использование студентом в своем проекте новых патентных данных, как признанных характеристик инновационности технических разработок.

Список литературы

1. **Чмырь И. М., Букейханов Н. Р.** Специальные главы химии. Материалы и химические технологии для машиностроения: Учебное пособие. — М.: МГТУ "Станкин", 2001. — 94 с.
2. **Букейханов Н. Р., Чмырь И. М., Хайро Д. А., Сергеев В. Н.** Эвристические методы модернизации производств машиностроительных предприятий // Вестник МГТУ "Станкин". — 2010. — № 3. — С. 75—79.
3. **Гвоздкова С. И.** Процессы и аппараты очистки промышленных выбросов: Учебное пособие. — М.: МГТУ "Станкин", 2010. — 81 с.
4. **Букейханов Н. Р., Гвоздкова С. И., Чмырь И. М.** Процессы очистки производственных вод: Учебное пособие. — М.: МГТУ "Станкин", 2011. — 84 с.

Методика проведения занятий по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" на тему "Опасные производственные факторы и риск"

Рассмотрены такие понятия, как опасный производственный фактор, риск. Приведен метод качественного и количественного анализа возникновения происшествий с помощью моделирования их возникновения путем построения "дерева причин".

Ключевые слова: моделирование, "дерево причин", "дерево отказов", риск, опасный производственный фактор, происшествие, безопасность жизнедеятельности

Butrimova O. V. *Technique of carrying out of employment on discipline "Health and safety" on a theme "Dangerous production factors and risk"*

Such concepts, as dangerous production factor, risk, are considered. The method qualitative and quantitative analysis of origin of incidents by means of modeling of their origin by creation of "a tree of the reasons" is resulted.

Keywords: modeling, "a tree of the reasons", "a tree of failures", the risk, dangerous production factor, incident, health and safety

Понятие "опасный производственный фактор" (ОПФ) является ключевым в дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД).

К опасным производственным факторам относят негативные факторы производственной среды, способные привести к травмам или летальному исходу: высокие температуры (пожары, раскаленные предметы), избыточное давление во фронте ударной волны (взрывы), электрический ток, движущиеся машины, механизмы, части разрушающихся конструкций, падающие с высоты предметы и др.

Изучению опасных производственных факторов посвящается, как правило, несколько семинаров и лабораторных работ. Кроме того, на одном из занятий, при изучении ОПФ, можно подробнее остановиться на понятии риска, а также затронуть вопросы моделирования возникновения происшествий. Эти темы вызывают интерес студентов, позволяют им принимать активное участие в занятии. Кроме того, посредством этих тем демонстрируется связь дисциплин БЖД с такими разделами науки и предметами, как теория вероятностей,

прикладная математика, моделирование, надежность технических систем.

Что касается понятия риска, то здесь необходимо отметить такие его виды, как индивидуальный и коллективный риск, приемлемый (допустимый) риск, мотивированный (обоснованный) и немотивированный (необоснованный) риск.

Риск — количественная характеристика действия опасных факторов — определяется по следующей формуле:

$$R = (N_{\text{п}}/N_0) \leq R_{\text{доп}},$$

где R — риск; $N_{\text{п}}$ — число событий в год, приведших к происшествию; N_0 — общее число событий в год, которые могут вызвать происшествие; $R_{\text{доп}}$ — допустимый риск [1].

Вопросы, касающиеся величин рисков и допустимости понятия "приемлемый риск", являются дискуссионными, неоднозначными, поэтому аудиторию легко привлечь к их обсуждению.

Следующим вопросом является моделирование возникновения событий N_0 на производстве. Моделирование позволяет определить причины происшествия, и затем, зная причины, разработать комплекс мер по снижению вероятности его возникновения. Моделирование возникновения происшествий может осуществляться разными способами: с помощью имитационного моделирования, построения "дерева причин" и др.

"Дерево причин" ("дерево отказов") графически изображается в виде диаграммы, включает одно происшествие, которое размещается на диаграмме сверху А и соединяется с другими происшествиями Б, В, Г, Д с помощью соответствующих связей (рис. 1).

Анализ и построение "дерева причин" включает [2]:

1. Определение происшествия А.

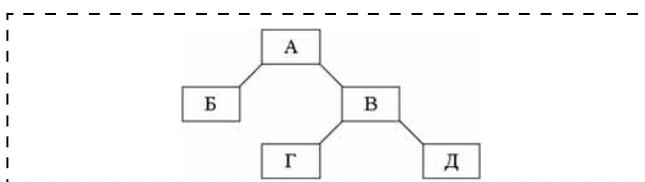


Рис. 1. Схема "дерева причин"



2. Изучение возможного поведения и предполагаемого режима работы изучаемой системы.

3. Определение непосредственных причин свершения происшествий Б и В.

4. Определение перечня происшествий косвенного значения и установление соответствующих связей между происшествиями Г и Д.

5. Построение "дерева причин".

В ходе занятия студенты выбирают какое-либо происшествие и начинают высказывать предположения по поводу его причин. Аудитория, как правило, активно включается в работу. Особенно интересным может оказаться решение этой задачи на занятиях со студентами вечернего отделения. Многие из них работают на производстве и могут предложить рассмотреть происшествия, связанные с их сферой деятельности. Качественный анализ происшествий с помощью "дерева причин" оказывается в этом случае наиболее подробным. Например, один из студентов вечернего отделения МГТУ "Станкин", М. Ю. Челмодеев, являющийся сотрудником строительной организации, в своем инженерном дипломе разработал "дерево причин", где главным происшествием является обрыв троса подъемного механизма (рис. 2).

Если известны вероятности возникновения происшествий, можно провести количественный анализ их возникновения, рассчитать вероятность возникновения главного происшествия. В этом

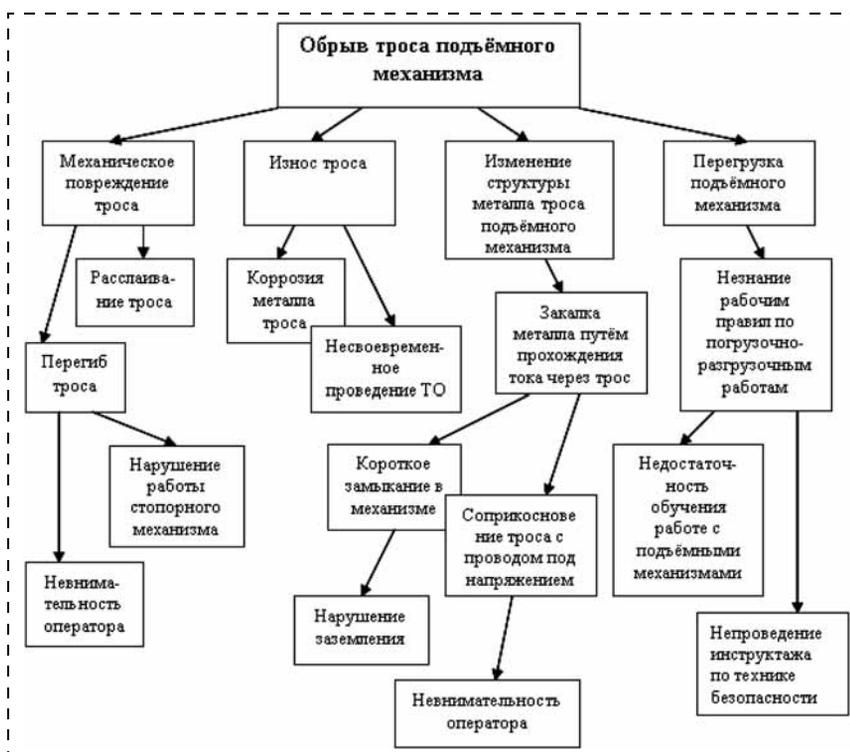


Рис. 2. "Дерево причин" происшествия "обрыв троса подъемного механизма"

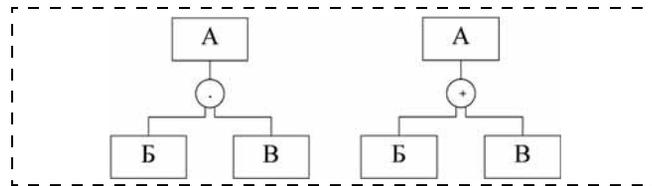


Рис. 3. Графическое обозначение логических функций "И" (слева) и "ИЛИ" (справа)

Причины происшествия и предупредительные мероприятия

Причины происшествия	Предупредительные мероприятия
Коррозия металла троса	Своевременная замена троса
Несвоевременное проведение ТО	Своевременное проведение ТО
Незнание рабочими требований безопасности по погрузочно-разгрузочным работам	Проведение инструктажа по технике безопасности, обучение персонала работе с подъемными механизмами
Перегиб троса	Ежедневный осмотр стопорного механизма
Расслаивание троса	Своевременная замена троса
Закалка металла путем прохождения тока через трос	Проверка заземления (проверка соединения металлической пластины и провода заземления подъемного механизма)

случае схема "дерева причин" должна быть построена с помощью логических функций "И" и "ИЛИ".

Допустим, имеются три происшествия — два из них причины (Б и В) и одно — следствие (А).

Логическая функция "И": для возникновения происшествия А должны произойти оба происшествия — Б и В (рис. 3). Вероятность происшествия А вычисляется по следующей формуле: $P(A) = P(B) \cdot P(V)$, где $P(A)$, $P(B)$, $P(V)$ — соответственно вероятности происшествий А, Б, В.

Логическая функция "ИЛИ": для возникновения происшествия А должны произойти хотя бы одно из происшествий — Б или В (см. рис. 3). Вероятность происшествия А: $P(A) = P(B) + P(V) - P(B) \cdot P(V)$.

Шаг за шагом вычисляются вероятности наступления всех происшествий, начиная с самого низкого уровня. Результатом является вычисление вероятности наступления происшествия А.

После определения причин происшествия, можно построить таблицу, состоящую из двух столбцов: "Причины происшествия" и "Предупредительные мероприятия" [1]. В примере

с обрывом троса причины и предупредительные мероприятия приведены в таблице.

В заключение можно упомянуть о существовании экспертных систем оценки техногенного риска, которые представляют собой программные продукты, включающие в себя модуль экспертных оценок факторов опасности, базу знаний, базу данных по опасным объектам, модуль имитационного моделирования и др. [3]. Такие экспертные системы помогают намного быстрее оценить ситуацию и даже разработать комплексы

мероприятий, направленных на снижение техногенного риска.

Список литературы

1. **Безопасность** жизнедеятельности: учеб. для вузов / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков и др.; под общ. ред. С. В. Белова. — М.: Высш. шк., 2001. — 485 с.
2. **Звенигородский Ю. Г., Шварцбург Л. Э.** Причинность и условия возникновения производственных инцидентов: учеб. пособие. — М.: ГОУ ВПО МГТУ "Станкин", 2009. — 90 с.
3. **Белов П. Г.** Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: учеб. пособие для вузов. — М.: Издательский центр "Академия", 2003. — 512 с.

УДК 628.5

Н. Р. Букейханов, д-р хим. наук, проф., **С. И. Гвоздкова**, канд. техн. наук, доц.,
И. М. Чмырь, канд. хим. наук, доц., МГТУ "СТАНКИН"
E-mail: bukeihanov2010@yandex.ru

Результаты изучения мнения студентов-экономистов о курсе лекций "Безопасность жизнедеятельности"

Анализ и обобщение результатов анкетирования среди студентов-экономистов для оценки уровня понимания современных проблем безопасности молодежной аудиторией.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, анкетирование, дисциплина, методика, лекции

Bukeikhanov N. R., Gvozdikova S. I., Chmyr I. N. *Opinion economics students about course of lectures "Life safety"*

Analysis and generalization questionnaires results in which economics students to assess the level of understanding of contemporary safety problems for young auditorium.

Keywords: life safety, questionnaires, discipline, methodology, lectures

Для оценки уровня понимания современных проблем безопасности молодежной аудиторией на первой лекции по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" (далее БЖД) среди студентов 4-го курса экономического факультета до начала изложения материалов курса лекций было проведено анкетирование, в котором студентам следовало ответить на вопрос "с какими видами опасностей они хотели бы ознакомиться в курсе лекций и на практических занятиях".

На последней (13-й лекции) студенты письменно ответили на вопрос "как по их мнению нужно проводить занятия по этой дисциплине".

Анализ и обобщение результатов анкетирования (см. таблицу) показал, что их можно разделить на две части: 1) связанную с содержанием предмета, и 2) связанную с методикой проведения занятий.

Мнения студентов по содержанию дисциплины

Студенты-экономисты должны в обязательном порядке наряду с вопросами, включенными в программу дисциплины, соответствующую требованиям государственного образовательного стандарта, изучать вопросы безопасности бизнеса — обеспечение информационной безопасности, охраны помещений и территории предприятия. Они отмечают, что отдельные разделы безопасности бизнеса освещаются в дисциплинах учебных планов экономического факультета, но в недостаточном объеме. Соответственно студенты предлагают или увеличить объем часов по дисциплине "БЖД", или выделить "Безопасность бизнеса" в отдельную дисциплину.

По мнению авторов настоящей статьи, эти предложения целесообразно реализовать для студентов всех факультетов университета, поскольку при рыночных отношениях все выпускники университета — будущие руководители или ответственные исполнители — должны уметь решать такого типа задачи. Значительное влияние на совершение действий, приводящих как к появлению опасных и вредных факторов, так и к низкой эффективности защиты от них, оказывает психологическое состояние человека в бытовых ситуациях, а специалиста — на работе. Поэтому студенты полагают, что основы владения приемами обеспечения психологической устойчивости (управление эмоциями) также должны быть включены в курс "БЖД".

Студенты также предлагают ввести в штатное расписание университета должность психолога. Аргументы студентов заключаются в том, что в таком сложном молодежном коллективе, часто подвергающемся стрессовым нагрузкам (сочетание требований учебы, зачетов и экзаменов с актуальными для молодежи проблемами — решение финансовых, личных, карьерных проблем) со-



**Результаты анкетирования студентов 4 курса
экономического факультета МГТУ "Станкин"
по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности"**

№ п/п	Наименование опасности по анкетам студентов	Доля студентов, отметивших опасность из списка графы 2, %	Наличие в курсе лекций обсуждения опасностей по графе 2	
			относительно подробно	упоминание
1	2	3	4	5
1	Экологическая	77,3	+	—
2	Опасность ЭМП, радиация	77,3	+	—
3	Природные катаклизмы	77,3	нет	
4	Международный терроризм	59,1	нет	+
5	Биологическая	59,1	нет	+
6	Авто-, авиакатастрофы	59,1	нет	
7	Усиление военного противостояния в локальных и межнациональных конфликтах	45,5	нет	+
8	Усиление криминогенной обстановки	40,9	нет	
9	Условия труда	27,3	нет	+
10	Психологические расстройства (фобии)	27,3	нет	
11	Производственные травмы, вибрация, шумы	27,3	+	—
12	Экономическая	18,2	нет	
13	Обрушение зданий	18,2	нет	+
14	Продовольственная	18,2	нет	+
15	Алкогольная зависимость	18,2	нет	+
16	Наркотическая зависимость	18,2	нет	+
17	Космическая	13,6	нет	
18	Химическая	13,6	+	—
19	Политическая	9,1	нет	
20	СПИД	9,1	нет	
21	Поражение электротоком	9,1	+	—
22	Информационная (утечка информации, промышленный шпионаж)	9,1	нет	
23	Этническая	4,5	нет	
24	Культурная деградация	4,5	нет	
25	Курение	4,5	нет	

веты квалифицированного психолога могли бы помочь формированию будущего специалиста.

**Мнения студентов
по методике преподавания дисциплины**

Студентами было отмечено, что для эффективного использования лекционного времени в начале лекционного курса следует обеспечить студентов напечатанными тезисами лекций (механизм реализации — раздача студентам электронного варианта тезисов лекций и определение краткого срока их распечатки). Наличие напечатанных тезисов лекций позволяет и студентам, и преподавателю сэкономить время (сокращение времени диктовки и записи лекций) использовать для более подробного обсуждения материалов лекций.

Целесообразно, кроме обязательных тем по учебной программе, составить список тем для самостоятельной работы студентов, представляющих практический интерес для будущих специалистов по экономике, например, таких как:

- обеспечение безопасности бизнеса;
- освоение приемов обеспечения психологической устойчивости и т. д.;
- приемы снижения зависимости от Интернета, компьютерных игр, агрессивной рекламы, негативного воздействия гиподинамии, уменьшения опасности стать жертвой террористических актов и т. п.

Студентам экономического факультета необходимы не только практические, но и лабораторные занятия для освоения ими навыков владения средствами индивидуальной и коллективной защиты и т. п. Необходимо создать:

возможности знакомства студентов с деятельностью МЧС, в том числе с современным оборудованием и технологиями, с тренировками специалистов-спасателей по предотвращению и ликвидации последствий чрезвычайных происшествий;

условия для участия студентов в работе научных и практических конференций, выставок, посвященных проблемам БЖД;

специализированную аудиторию, оснащенную современной аппаратурой, позволяющей более наглядно демонстрировать материалы дисциплины.

В состав практических и лабораторных занятий целесообразно вводить деловые игры, тесты и т. п.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

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

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

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

Телефон главного редактора (812) 670-9376, e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Дизайнер *Т. Н. Погорелова.*

Технический редактор *Е. М. Патрушева.* Корректор *Т. В. Пчелкина*

Сдано в набор 9.12.11. Подписано в печать 25.01.12. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ212.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солошнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солошнз". 105120, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д. 5/7, стр. 2, офис 2.