

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОВЕТ** ДОНЕЦКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
**МОЛОДЫХ**  
**УЧЕНЫХ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
**ДОНБАСС БУДУЩЕГО**  
**ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ**  
**УЧЕНЫХ**

ПО МАТЕРИАЛАМ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
«ДОНБАСС БУДУЩЕГО ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ»  
24 ноября 2020 г.

Донецк 2020

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**ГОУВПО "ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ" (ДОННТУ)**



**ДОНБАСС БУДУЩЕГО ГЛАЗАМИ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

**Сборник материалов  
научно-технической конференции**

**24 ноября 2020г.**

г. Донецк, ДонНТУ – 2020

ББК 65.30

УДК 330.341 (477.61/62)

Донбасс будущего глазами молодых ученых, г. Донецк, 24 ноября 2020 г. – Донецк: ДонНТУ, 2020. – 218 с.

В сборнике представлены материалы научно-технической конференции “Донбасс будущего глазами молодых ученых”, состоявшейся 24 ноября 2020 г. в Донецке на базе Донецкого национального технического университета. Труды молодых ученых по вопросам приоритетных направлений научно-технического прогресса Донбасса представляют интерес для широкого круга исследователей, ученых, педагогов и специалистов различных отраслей науки и промышленности.

Редакционная коллегия:

Председатель СМУ ДонНТУ Е.С. Дубинка, члены СМУ ДонНТУ В.В. Мельникова, П.А. Гнитиев, М.С. Зорина, Ю.А. Шамрай, Д.В. Бажутин, Д.А. Логвиненко, М.П. Руденко

Рекомендовано к печати ученым советом ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» Министерства образования и науки ДНР. Протокол №6 от 25 декабря 2020 г.

Контактный адрес редакции

СМУ ДонНТУ, ул. Артема, 58, Донецк, 83001

Эл. почта: [smu.donntu@gmail.com](mailto:smu.donntu@gmail.com)

Интернет: <http://ysc.donntu.org>

© Донецкий национальный технический университет, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ошовская Е.В., Сидоров В.А., Шамрай Ю.А.</i> Разработка алгоритма посредством анализа событий из записей в агрегатном журнале.....	6
<i>Степанов Н.А., Онищенко С.А.</i> Теплотехника в пожарной безопасности.....	10
<i>Алтанец М.В., Онищенко С.А.</i> О применении знаний, полученных при изучении курса материаловедение при прогнозировании и ликвидации пожаров.....	14
<i>Андреев Д.А., Онищенко С.А.</i> К вопросу о конфигурации пожара.....	21
<i>Безрядин Б.Э., Онищенко С.А.</i> Пожароопасность соединений металлов.....	28
<i>Ботвиник А.А., Онищенко С.А.</i> Предотвращение распространения пожара методами материаловедения .....	33
<i>Волков В.А., Онищенко С.А.</i> Влияние пожара на материалы.....	41
<i>Головкин О.А., Онищенко С.А.</i> Разработка комплекса мероприятий по снижению потенциальной техногенной опасности объекта экономики.....	48
<i>Гончаров А.В., Онищенко С.А.</i> Огнегасящий полимерный композиционный материал.....	55
<i>Григорьев Б.А., Онищенко С.А.</i> Методы прогнозирования пожара, основанные на знании материаловедения.....	59
<i>Гурзу П.А., Онищенко С.А.</i> Исследование нового огнегасящего вещества.....	64
<i>Капля К.Б., Онищенко С.А.</i> Теплотехника в сфере пожарной безопасности систем отопления, вентиляции и теплопроводность.....	68
<i>Капустин М.Н., Онищенко С.А.</i> Примеры применения гидравлики в противопожарной безопасности.....	76
<i>Кравченко В.А., Онищенко С.А.</i> Теплотехника в сфере пожарной безопасности.....	83
<i>Макаров М.Ю., Онищенко С.А.</i> Результаты исследования процессов зажигания типичного лесного горючего материала.....	89
<i>Пасько Д.А., Онищенко С.А.</i> Строительные материалы для пассивной пожарной защиты.....	95
<i>Пинчук В.И., Онищенко С.А.</i> Материаловедение в сфере пожарной безопасности как база прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций.....	99
<i>Прихно В.И., Онищенко С.А.</i> Прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера на территории ДНР.....	104

<b>Рахманова Е.В., Онищенко С.А.</b> Применение теплотехники в сфере пожарной безопасности .....	111
<b>Родина Е.О., Онищенко С.А.</b> Виды строительных конструкций и их поведение в условиях пожара и аварии.....	117
<b>Саенко Н.А., Онищенко С.А.</b> Необходимость изучения материаловедения для успешной ликвидации чрезвычайных ситуаций.....	123
<b>Свичканёв А.И., Ошовская Е.В., Сидоров В.А.</b> Закономерности распространения вибраций в металлоконструкциях наклонного моста скипового подъёмника доменной печи.....	129
<b>Сомиков Р.А., Онищенко С.А.</b> Потери напора в пожарных рукавах.....	134
<b>Стоян Б.К., Онищенко С.А.</b> Вода для тушения пожаров. Пожарные струи.....	139
<b>Шепеленко Н.С., Руденко М.П.</b> Усовершенствование функционала приложений для владельцев домашних питомцев в целях улучшения коммуникации с новой аудиторией.....	145
<b>Росляков М.С., Жукова Н.В.</b> Анализ робастности сау распуска сухого брака с учетом основных стохастических возмущений.....	148
<b>Долгих Е.А., Суков С.Ф., Жукова Н.В.</b> Анализ робастности САУ доменного воздухонагревателя в режиме нагрева насадки.....	153
<b>Пишибис В.А., Жукова Н.В.</b> Исследование динамики дискретной реализации FUZZY-ПИД управления в лабораторной муфельной печи СНОЛ.....	158
<b>Анищенко М.Д.</b> Концепция использования систем видеонаблюдения для организации автоматизированной охраны.....	162
<b>Ашихмин В.Д., Тишин Р.А., Береговой Р.В., Матвеев С.С., Оверчук И.А., Мельникова В.В.</b> Внезапные прорывы метана из почвы подготовительных выработок в условиях шахт краснодонугля.....	166
<b>Ашихмин В.Д., Тишин Р.А., Плаксиенко О.В., Мустяца Т.Н., Оверчук И.А., Мельникова В.В.</b> Расчет минимально необходимого количества воздуха для последовательного проветривания двух подготовительных выработок обособленной струей воздуха.....	176
<b>Берестовая А.А.</b> Низкотемпературное горение в системах $MESO_4 - Fe_2(SO_4)_3 - NaO_2$ как метод синтеза суперпарамагнетиков.....	185
<b>Олейник Д.С., Жукова Н.В.</b> Сравнительный анализ динамики САУ влажности в условиях агломерационного производства.....	188
<b>Стальнов Д.С., Паслен В.В.</b> Обзор способов уменьшения отраженного радиосигнала за счет применения новых наноматериалов.....	194
<b>Светличный А.В., Близнюк А.С.</b> Применение программно-аппаратных комплексов для разработки управляющих программ.....	197
<b>Светличный А.В., Ларионов В.О.</b> Анализ влияния параметров линии электропитания на энергетические показатели электроприводов дренажных насосов.....	200

<i>Горовенко В.А., Михайлова Т.И.</i> Критерии оценки результативности товарной политики.....	205
<i>Ткачев М.Ю., Стребиж Н.В.</i> Борьба с преждевременным выходом из строя погружных огнеупорных стаканов для непрерывной разливки стали.....	209
<i>Хоришман П.В., Курган Е.Г.</i> Теоретические аспекты управления конкурентоспособностью предприятия.....	215

УДК 669.02.09

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСРЕДСТВОМ АНАЛИЗА СОБЫТИЙ ИЗ ЗАПИСЕЙ В АГРЕГАТНОМ ЖУРНАЛЕ

Ошовская Е.В., канд. техн. наук, доцент,  
Сидоров В.А., д-р техн. наук, проф.,  
Шамрай Ю.А., аспирант.

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
Кафедра «Механическое оборудование заводов чёрной металлургии»*

*Ошовская Е.В., Сидоров В.А., Шамрай Ю.А. Актуальность разбора структуры записей занесенных в агрегатный журнал обусловлена контролем технического состояния оборудования и облегчении в поддержания работоспособного состояния оборудования, снижению внеплановых остановок. Контроль технического состояния оборудования предполагает работу высококвалифицированных специалистов со знанием в области технической диагностики, способных правильно истолковать полученные данные.*

*Ключевые слова: агрегатный журнал, металлургическое оборудование, техническое состояние*

*Abstract: the relevance of parsing the structure of the records entered in the aggregate log is due to the control of the technical condition of the equipment and the facilitation of maintaining the operating condition of the equipment, reducing unplanned shutdowns. Monitoring the technical condition of the equipment involves the work of highly qualified specialists with knowledge in the field of technical diagnostics, capable of correctly interpreting the data obtained.*

*Key words: aggregate log, metallurgical equipment, technical condition*

### **Введение**

Агрегатный журнал предназначен для занесения событий, происшествий связанных с техническим состоянием и работоспособностью оборудования, также журнал используется для объема работ периодического технического осмотра и ремонтов.

Журнал следует вести для всего оборудования, которое обеспечивает технологический процесс. Ответственный за хранение и правильность ведения агрегатных журналов является мастер, за которыми закреплено оборудование. Записи об износе и обнаруженных дефектах, а также результаты осмотров (в том числе осмотров по графику) должны заноситься в агрегатный журнал в день осмотра или ревизии оборудования, а записи о выполненных ремонтных работах – не позднее чем в двухдневный срок после окончания ремонта. Все страницы агрегатного журнала должны быть пронумерованы. Левая сторона агрегатного журнала предназначены для записи о дефектах, обнаруженных при осмотрах и ревизиях оборудования, правая сторона – для записей о Ремонтных

воздействиях. Записи на левой и правой сторонах журнала должны быть взаимосвязаны. Записи в агрегатные журналы должны производиться четко и без помарок. Законченные агрегатные журналы должны храниться в архивах (подразделения или предприятия) в течение всего периода работы агрегата (машины, механизма).

№ п/п	Дата технического осмотра	Наименование узла	Результаты осмотра, краткая характеристика дефекта	Подпись лица производившего осмотр	Дата и вид ТОиР	Узлы и детали, измененные при ТОиР			Причина выхода из строя	Подпись представителя ремонтной службы структурного подразделения
						наименование	количество, шт.	срок службы, месяц		

Рисунок 1 – Вид агрегатного журнала

Основная часть

Существует международный стандарт ГОСТ 27.310-95 [1] в котором занесены основные положения для порядка проведения и принципы проведения анализа для последствий отказов, для всех видов технических объектов. Этот стандарт применяют с целью обоснования, оценки эффективности, а так же для контроля за реализацией принятых решений, которые направлены на усовершенствование конструкции, проверки технологии изготовления, проверки качества соблюдения правил эксплуатации, системы технического обслуживания и качества проведения ремонтных воздействий, обеспечивающих предупреждение возникновения и/или ослабление тяжести возможных последствий его отказов, так же на стадии разработки и производстве технических объектов в которых это требуется согласно документации. ГОСТ имеет ссылки на : ГОСТ 27.002-89 [2] Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения и ГОСТ 27.301-95 [3] Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. Согласно ГОСТУ анализ может подразделяться на: структурный, функциональный, комбинированный. Структурные согласно стандарту применяется для простых объектов относительно отказы, которых могут быть выявлены и устранены, а так же есть возможность проследить причины отказов. Функциональные методы применяются для сложных объектов, отказы которых являются зависимыми друг от друга и при устранении которых возникают трудности. Для трудных объектов, как правило, проводят комбинированные методы, сочетающие в себе элементы структурных и функциональных методов.



Темой отказов и анализов отказов занимались такие ученые как Седуш В.Я., Гребеник В.М., Ловчиновский Э.В. [4-6], каждый из которых имел свой подход для решения анализа отказов, классификации отказов и возможные решения для их устранения.

В работах Гребеника В.М., Цапко В.К. были сформулированы принципы для сбора и анализа отказов. Указаны классификаторы для машин, узлов, отказов и их возможных причин. Собраны таблицы с классификацией самих отказов их виды.

Седуш В.Я. имеет несколько работ связанных с темой отказов, диагностики и повышения эффективности работы оборудования. Он та же вводил классификаторы для отказов, так же есть таблица, где сгруппированы отказы для различного вида оборудования и возможные причины их появления. Так же в таблице представлены признаки их возникновения: такие как трещины, шумы и др.

Ловчиновский, Э.В. вел исследования касательно темы эксплуатации оборудования, у него так же есть работа связанная с анализом отказов в которой есть таблица с видами оборудования и возможными параметрами их выявления, такими как объемный КПД и др.

Плахтин, В.Д. [7], рассматривал вопрос отказов со стороны надежности, долговечности

Стратегия ликвидации последствий внезапных отказов приводит к значительным затратам по ликвидации последствий, что так же не находит своего отражения в записях. Результаты выполненных проверок, измерений так же должны отражаться в агрегатном журнале, может быть в виде приложений. Необходимо учёт производственной программы и причин простоя.

Основными элементами алгоритма анализа текущих событий по записям в агрегатном журнале должны быть следующие данные:

- точное определение даты, механизма, узла, отказавшей детали, что реализуется путём разработки электронного каталога;
- регламентация видов и объёмов визуального осмотра: в динамическом или статическом режиме, на холостом ходу или под нагрузкой, плановый, внеплановый, внезапное сообщение и др. – требуется разработка карт осмотра с критериями работоспособности узлов и признаков повреждений;
- фиксация результатов проверок, выполняемых при текущем или периодическом контроле, техническом диагностировании, во время ППР;
- объёмы, время проводимых ремонтов и проведенных замен, время простоя и последствия отказа.
- принимаемые решения и анализ их эффективности должны базироваться на моделях или сценариях развития неисправностей.

### **Вывод.**

Для того, что бы журнал работал в в режиме «советчика». Необходимо реализовать следующие операции:

- накопление данных;

- сортировка дата – узел, механизм;
- периодичность появления неисправностей с различением по видам;
- увеличение/уменьшение сроков замен или ремонтов;
- определение причин неисправностей;
- возможные сценарии развития повреждений и рекомендуемые ремонтные операции, их объёмы и сроки.

#### Список литературы

1. ГОСТ 27.310-95. БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.(2002)// Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов
2. ГОСТ 27.002-89 БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА Надежность в технике (ССНТ). Основные понятия. Термины и определения (2002)//межгосударственный стандарт надежность в технике. Основные понятия. Надежность в технике: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов
3. ГОСТ 27.301-95 БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА. Надежность в технике (ССНТ). Расчет надежности. Основные положения (2002)// Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов
4. Седуш В. Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин/ В. Я. Седуш,: Донецк:— К: "Вища школа", 1976. - 228с.
5. Гребеник, В.М. Повышение надежности металлургического оборудования/ В.М. Гребеник, А.В. Гордиенко, В.К // М.: Металлургия, 1988. - 688 с.
6. Ловчиновский, Э.В., Вагин, В.С. Эксплуатационные свойства металлургических машин/ Э.В.Ловчиновский , В.С.Вагин, // М.: Металлургия, 1986. - 160с.
7. Плахтин В.Д. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин / В.Д. Плахтин // М.: Металлургия, 1983. - 415с.

УДК 614.849

## ТЕПЛОТЕХНИКА В ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Степанов Н. А., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Степанов Н.А., Онищенко С.А. В статье рассматривается возможность применения знаний теплотехники в различных сферах пожарной безопасности. Польза их использования в предотвращении пожаров.*

*Ключевые слова: теплотехника, пожарная безопасность, теплофизика, теплопередача.*

*Abstract: the article discusses the possibility of applying the knowledge of heat engineering in various areas of fire safety. The benefits of their use in preventing fires.*

*Keywords: heat engineering, fire safety, thermal physics, heat transfer.*

### **Введение**

На первый взгляд теплотехника кажется второстепенной наукой обучения, по сравнению с такими дисциплинами, как пожарная тактика, подготовка газодымозащитника или государственный пожарный надзор. Однако на самом деле она является такой же важной наукой, как и все остальные.

Теплотехника – наука, изучающая методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых машин, аппаратов и устройств [1,2]. Теплота широко используется во всех областях хозяйственной деятельности человека и его нормального жизнеобеспечения. Изучение теоретических основ теплотехники необходимо для установления наиболее рациональных способов использования тепловой энергии, анализа экономичности рабочих процессов тепловых установок и создания новых, наиболее совершенных сооружений [3].

Любому техническому специалисту - инженеру, технику, механику и несомненно специалисту по пожарной безопасности необходимы знания основ этой науки, поскольку в настоящее время происходит процесс интенсивного и обширного внедрения сложнейших тепловых машин и установок различного назначения практически во всех сферах хозяйственной деятельности человека.

Невозможно представить жизнь современного человека без автомобилей, самолетов, сельскохозяйственной техники, тепловых электростанций, различных технологических сооружений и оборудования. Все эти сложнейшие техно-

логические устройства в той или иной мере используют в своем функционировании тепловые приспособления различной структуры [3]. Можно уверенно сказать, что научно-технический прогресс в ближайшем будущем позволит человеку использовать тепловую энергию все более эффективно. Поэтому знания, полученные при изучении теплотехники, будут полезны, как современному техническому специалисту, инженеру, так и специалисту по пожарной безопасности [3].

В процессе познания дисциплины, изучается энергия и законы ее превращения из одного вида в другой. Изучение основ термодинамики позволяет понимать принципы работы тепловых двигателей и других достаточно сложных механизмов. Немаловажным является и изучение взаимопревращения тепловой и механической энергии с помощью материальных тел, называемых рабочими телами, изучение свойств тела, обладающего выраженными упругими свойствами, позволяющими ему в значительной мере деформироваться под влиянием механической силы, термического воздействия или комбинированного термомеханического воздействия [4].

Изложение основного материала

Наблюдая за агрегатным состоянием различных тел, можно отметить, что наиболее подходящими рабочими телами для применения в различных тепловых устройствах являются газы или пары [2]. Именно они наиболее полно могут быть использованы в процессах преобразования теплоты в механическую работу, так как газы и пары легко деформируемы под влиянием внешних сил и им свойственны значительные коэффициенты объемного расширения.

Одним из основных понятий является понятие о термодинамической системе, представляющей собой совокупность тел, находящихся во взаимодействии, как между собой, так и с окружающей средой [5]. Простейшим примером термодинамической системы служит газ, расширяющийся, сжимающийся, уходящий или приходящий в горящем помещении.

Материальные тела, которые входят в термодинамическую систему, разделяют на источники тепла и рабочие тела, совершающие какую-либо работу под воздействием источника теплоты. Для определения конкретных физических условий, в которых находится термодинамическая система, используют ряд показателей, называемых параметрами состояния. В число основных параметров входят: абсолютная температура, абсолютное давление и удельный объем [4].

Генерированная различными способами теплота может либо непосредственно потребляться каким-либо технологическим процессом, либо перерабатываться в другие виды энергии. Цели и методы отраслей теплотехники многогранны и многообразны. Например, нагрев широко применяется в металлургии.

Нагрев до определенной температуры характерен для большинства процессов химической технологии, пищевой промышленности и пр. Подвод или отвод теплоты осуществляется в теплообменниках, автоклавах, сушильных установках, выпарных устройствах, дистилляторах, ректификационных колоннах, реакторах и т. п. с помощью теплоносителей. Конструктивные схемы теплообмен-

ников весьма разнообразны и зависят от их назначения, температур и вида теплоносителя.

Теплопередача изучает теплообмен между теплоносителями через разделяющие их пространство либо твёрдую стенку, через поверхность раздела между ними. В теплотехнических устройствах теплота может передаваться лучистым теплообменом, конвекцией, теплопроводностью [6].

Теплообмен конвекцией осуществляется в жидкостях, газах, сыпучих средах потоками вещества [6]. С помощью конвекции ведётся нагревание или охлаждение жидкостей или газов в различных теплотехнических устройствах, например, в воздухонагревателях.

Теплообмен теплопроводностью характерен для твёрдых тел. Теплота при этом переносится в результате микроскопического процесса обмена энергией между молекулами или атомами тела. В практической деятельности и в особенности на пожаре, процесс переноса теплоты от одного тела, объекта к другому телу, пространству или объекту происходит под совместными действиями перечисленных видов теплообмена [5].

Изучению подвергаются и такие понятия, как, например степень сухости пара или воздуха, степень влажности, насыщенность пара, расширение, отведенная и подведенная теплота, виды теплообмена, теплопроводность и много другое. Конечно же проводятся занятия по основам расчета теплообменных аппаратов, конвективного теплообмена, стационарного процесса теплопередачи и т.д.

Например, решение задачи по стационарному процессу теплопередачи [1]:

Плоская стенка толщиной  $\delta=50$  мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda=2$  Вт/(м·К) пропускает стационарный тепловой поток, имеющий  $q=3$  кВт/м<sup>2</sup>. Температура тепловоспринимающей поверхности стенки  $T_{w1}=100^{\circ}\text{C}$ . Определить термическое сопротивление теплопроводности стенки  $R_t$  и температуру теплоотдающей поверхности  $T_{w2}$ .

Решение:

Поверхностная плотность теплового потока:

$$q = \Delta T / R_t = (T_{w1} - T_{w2}) R_t, \text{ где } R_t = \delta / \lambda = 0,05 / 2 = 0,025 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт.}$$

$$T_{w1} - T_{w2} = q \cdot R_t, \text{ следовательно } T_{w2} = T_{w1} - q \cdot R_t = 100 - 3000 \cdot 0,025 = 25^{\circ}\text{C.}$$

Ответ:  $R_t = 0,025 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}; T_{w2} = 25^{\circ}\text{C. [1].$

**Выводы:** теплотехника – это одна из важнейших дисциплин, необходимая в будущей профессии как инженера, строителя, проектировщика, так и в работе специалиста по пожарной безопасности. Ведь именно она дает понятие таким вещам, как теплота, внутренняя энергия тела, теплопередача. Она основывает фундамент понимания человеком, как различные механизмы, сооружения или тела будут воздействовать на окружающие их предметы. Как предотвратить пожар, путем использования, например, на промышленном сооружение матери-

алов негорючих и не проводящих тепло. Как правильно сконструировать и соорудить что-либо так, чтобы избежать поломок, неисправностей и пожаров.

#### Список литературы

1. Бухамиров, В.В. Теоретические основы теплотехники в примерах и задачах./ В.В Бухамиров, Г.Н. Щербакова, А.В. Пекунова. // Учеб. Пособие/ ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2013 – 128с.
2. Ляшков, В. И. Теоретические основы теплотехники/ Ляшков, В. И: Учеб. пособие. 2-е изд., стер. М.: Изд-во Машиностроение-1, 2005 - 260 с.
3. Основы теплотехники» КГБПОУ «Каменский агротехнический техникум» - [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://k-a-t.ru>.
4. Баскаков, А. П. Теплотехника: Учеб. для вузов / А. П. Баскаков, ТЗ4 Б. В. Берг, О. К- Витт и др.; По д ред. А. П. Баска - кова. — 2- е изд., перераб. — М.: Энергоатомиздат, 1991.— 224 с: ил.
5. Вертинский, А.П.. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле Методические указания Конспект лекций /Составитель А.П. Вертинский. – Иркутск. 2015. 67 с.
6. Юдаев, Б.Н. Теплопередача. Учебник для вузов. М., «Высш. школа», 1973. 360с.

УДК 355.614

## **О ПРИМЕНЕНИИ ЗНАНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ И ЛИКВИДАЦИИ ПОЖАРОВ**

**Алтанец М.В., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882**

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Алтанец М.В., Онищенко С.А. В данной работе проанализирована система мониторингов, необходимая для учета, анализа, оценки и прогноза изменения состояния природной среды на различных уровнях, что позволяет принимать меры по достижению и сохранению стабильно равновесного состояния жизненной среды.*

*Ключевые слова: прогнозирование ЧС, природные процессы и явления, наводнения, пожары, землетрясения, прогнозирование обстановки.*

*Abstract: This paper analyzes the monitoring system necessary for accounting, analysis, assessment and forecasting of changes in the state of the natural environment at various levels, which allows taking measures to achieve and maintain a stable equilibrium state of the living environment.*

*Key words: forecasting emergency situations, natural processes and phenomena, floods, fires, earthquakes, forecasting the situation.*

### **Введение**

Прогнозирование ЧС обычно имеет цель установить возможный факт ее появления и возможные последствия. Для прогнозирования ЧС используют закономерности территориального распределения, и проявления во времени различных процессов и явлений, происходящих в живой и неживой природе. Методика прогнозирования заключается в определении вероятности аварий и катастроф путем выявления источников опасности; определения части оборудования, которое может вызвать опасные состояния; исключения из анализа маловероятных случаев. Обычно источником опасности являются источники энергии, процесс производства и условия его осуществления. Окончательно опасность можно оценить только после оценки ЧС.

### **Изложение основного материала**

Прогнозирование природных процессов и явлений возложено прежде всего на Главгидромет, но в прогнозировании ряда процессов и явлений участвуют научно-исследовательские учреждения других министерств и ведомств. Про-

гнозирование бурь, ураганов, смерчей осуществляется на основе изучения перемещения воздушных масс, обнаружения и определения маршрута движения циклона. Признаком, указывающим на приближение циклона является нарушение нормального суточного хода атмосферного давления и его падения. Признаками возможного шквала или смерча являются мощные кучево-дождевые облака. Смерч прогнозируют также путем обнаружения атмосферных радиопомех, так как обычно вокруг смерчей образуется электромагнитное поле строго определенного диапазона частот. Смерчи прекращают свое существование над лесами, возвышенностями, в городах. Это используется для прогнозирования смерчей. Прогнозирование ливней, затяжных дождей, заморозков и сильных снегопадов основывается на оценке облачного покрова, атмосферного давления, влажности, температуры воздуха, направления и силы ветра. Обычно такие прогнозы отличаются значительной точностью, и население оповещается о них по средствам массовой информации. Прогнозирование грозы, молнии, града возможно на основе анализа и оценки кучево-дождевых облаков, температуры воздуха на высотах 7-15 км. Если на этих высотах температура достигает -15-200С, то ожидается гроза, а при переохлаждении воды - и град.[1] Прогнозирование засухи делают на основе анализа и оценки результатов прогнозирования выпадения дождей, степени увлажнения почвы за счет таяния снега весной, учитывается особенность почвы, ландшафт и др. Прогнозирование наводнений основывается на анализе и оценке количества таящего снега весной, скорости его таяния, глубины промерзания грунта на полях, наличие заторов и зажоров на реках и т.д. Наводнения могут возникнуть и за счет затяжных или ливневых дождей, а также за счет аварий и катастроф на гидротехнических сооружениях. Прогнозирование лесных и торфяных пожаров основывается на оценке состояния погоды, прогнозирования засухи, степени посещаемости леса людьми и т.д. Так, при жаркой погоде, если дождей не бывает 15-18 дней, то лес становится настолько сухим, что любое неосторожное обращение с огнем вызывает пожар. Прогнозирование землетрясений. Республика Беларусь находится вне пояса сильных землетрясений. Магнитуда сейсмических волн от землетрясений, эпицентры которых находятся на расстоянии многих сотен и тысяч километров, на территории РБ не превышает 4 баллов по шкале Рихтера. РБ получает информацию прогнозирования землетрясений от других стран. Прогнозирование возможной радиационной обстановки Радиационная обстановка - это масштабы и степень радиоактивного заражения местности, оказывающие влияние на деятельность человека. Масштабы и степень радиоактивного заражения местности зависят в основном от количества, мощности и вида ядерных взрывов, времени, прошедшего после ядерного удара, и метеорологических условий. Большое влияние на масштабы, степень заражения и на положение радиоактивного следа оказывает направление и скорость ветра. Выявление радиационной обстановки может производиться по данным непосредственного измерения уровней радиации или методом прогнозирования масштабов возможного радиоактивного заражения. Прогнозирование - это определение вероятностных количественных и качественных характеристик радиационной обстановки на основе установлен-



ных зависимостей с использованием исходных данных о параметрах ядерных взрывов и информации о среднем ветре. Выявление радиационной обстановки методом прогнозирования включает сбор и обработку данных о ядерных взрывах (координаты, мощность, вид взрыва, время) и о параметрах среднего ветра (направление и скорость), а также нанесение района возможного заражения на карту, схему.

В результате прогнозирования определяются местоположение и размеры возможного радиоактивного заражения. Для определения параметров могут использоваться светотехнический, электромагнитный, сейсмический, акустический, радиолокационный и другие методы обнаружения и регистрации ядерных взрывов. Координаты ядерного взрыва могут быть определены путем засечки центра взрыва (эпицентра) с пунктов сопряженного наблюдения с помощью оптических приборов. Использование радиопеленгационной аппаратуры для регистрации электромагнитного импульса ядерного взрыва позволяет определить его координаты с высокой точностью и на значительных расстояниях. Мощность ядерного взрыва можно определить методом регистрации длительности свечения огненного шара, максимальной высоты подъема верхней кромки облака взрыва и его размеров. Вид ядерного взрыва можно установить путем определения высоты взрыва с помощью приборов засечки и последующего расчета приведенной высоты взрыва. Местоположение и размеры района возможного радиоактивного заражения местности и воздушного пространства определяются направлением, скоростью среднего ветра и временем, прошедшим после взрыва. Средний ветер рассчитывается графическим способом по данным зондирования атмосферы с помощью радиозондов, шар-пилотов, оптическими, акустическими, радиолокационными средствами. Данные о среднем ветре регулярно, с определенной периодичностью, сообщаются метеостанциями. Прогноз позволяет указать возможный район (зону) формирования радиоактивного следа на местности и определить границы района, в пределах которого с заданной вероятностью будет находиться реальный след облака ядерного взрыва. Достоверные данные о радиоактивном заражении, полученные органами разведки с помощью дозиметрических приборов, позволяют объективно оценить (уточнить) радиационную обстановку. Посты радиационного и химического наблюдения, звенья и группы радиационной и химической разведки устанавливаются начало радиоактивного заражения и сообщают уровни заражения в штаб ГО объекта, где они заносятся в специальный журнал и наносятся на карту. По нанесенным на карту уровням радиации проводятся границы заражения. Для прогнозирования возможной радиационной обстановки исходными данными являются: координаты местоположения АЭС или эпицентра ядерного взрыва; тип реактора, его энергетическая емкость или вид ядерного взрыва; время начала выброса радиоактивных веществ в атмосферу, или время ядерного взрыва; направление и скорость ветра; степень вертикальной устойчивости приземной атмосферы. При аварии на АЭС определяют показатели обстановки: размеры (длина, ширина, площадь) зон радиоактивного заражения и их расположение на местности; мощность гамма-излучения в любой точке следа радиоактивного

выброса в любой момент времени; дозу внешнего облучения людей в любой точке следа выброса; время начала радиоактивного загрязнения местности; количество людей, оказавшихся в зонах радиоактивного загрязнения. При оценке практической радиоактивной обстановки при ядерном взрыве уровни радиации приводят к одному времени после ядерного взрыва и определяют показатели: возможные дозы облучения; допустимую продолжительность пребывания людей на радиоактивно загрязненной местности; время начала преодоления участка заражения, начала работ и назначение количества смен при выполнении аварийно-спасательных и других неотложных работ; возможные радиационные потери работников, населения, личного состава формирований и др. Главная цель прогнозирования радиационной обстановки - выявление и оценка трудоспособности работников, военнослужащих, остального населения.

Оценка и прогнозирование химической обстановки. Под оценкой химической обстановки понимают определение масштаба и характера заражения отравляющими и опасными химическими веществами, анализ их влияния на деятельность объектов, сил ГО и населения. Исходными данными для оценки химической обстановки являются: тип ОВ (или ОХВ), район и время применения химического оружия (количество вылившегося вещества), метеоусловия и топографические условия местности, степень защищенности людей, укрытия техники и имущества. Метеорологические данные в штаб ГО регулярно поступают с метеостанций, а также постов радиационного и химического наблюдения. При выявлении химической обстановки, возникшей в результате применения противником ОВ, определяют: средства поражения, границы очагов химического поражения, площадь заражения и тип ОВ. На основе оценки данных определяют: глубину распространения зараженного воздуха, стойкость ОВ, время пребывания людей в средствах защиты кожи, возможные поражения людей, заражения сооружений, техники и имущества. Определение границ применения противником ОВ производится силами разведки или по данным информации вышестоящего штаба ГО. Глубина распространения зараженного воздуха определяется расстоянием от наветренной границы района применения химического оружия до границы распространения облака зараженного воздуха с поражающими концентрациями. Масштабы химического заражения определяются площадью облака химического поражения и зоны химического заражения, которая включает район (участок) местности, зараженный ОВ, а также зону распространения облака ОВ. Длительность химического заражения зависит от масштаба применения химического оружия, типа ОВ, характера и степени заражения, метеорологических условий и местности. Опасность химического заражения оценивается возможными потерями людей на площади очага химического поражения и зоны химического заражения. В зависимости от времени года, метеоусловий, типа применяемого ОВ, результаты применения ОВ будут различными. Неблагоприятная химическая обстановка может сложиться на определенной территории при авариях на технологических емкостях и хранилищах, при транспортировке СДЯВ (ОВ) железнодорожным, трубопроводным и другими видами транспорта, а также в случае разрушения химически опасных

объектов при стихийных бедствиях. Выброс СДЯВ в атмосферу может произойти в газообразном, парообразном или аэрозольном состоянии. Опасность поражения людей СДЯВ или ОВ требует быстрого выявления и оценки химической обстановки для организации аварийно-спасательных и других неотложных работ и учета ее влияния на производственные процессы и жизнедеятельность людей. Исходными данными для оценки химической обстановки при применении ОВ являются: тип ОВ, район и время применения химического оружия, метеоусловия, характер местности, степень защищенности людей. Для этого необходимо определить: границы очага химического поражения, площадь зоны заражения и тип ОВ; глубину распространения зараженного воздуха; стойкость ОВ на местности; время пребывания людей в средствах защиты; возможные потери в очаге химического поражения. Масштабы заражения СДЯВ в зависимости от их физических свойств и агрегатного состояния рассчитывают по первичному и вторичному облаку: для сжиженных газов - отдельно по первичному и вторичному облаку; для сжатых газов - только по первичному облаку; для ядовитых жидкостей, кипящих при температуре выше температуры окружающей среды, - только по вторичному облаку. Прогнозирование техногенных чрезвычайных ситуаций Прогнозирование техногенных ЧС - опережающее отражение вероятности появления и развития техногенных ЧС и их последствий на основе оценки риска возникновения пожаров, взрывов, аварий, катастроф.[2] Прогнозирование техногенных ЧС основано на оценке технического состояния оборудования, техники, оценке человеческого фактора и факторов окружающей среды. Известно, что технологическое оборудование имеет свой «жизненный цикл». Он обычно начинается с установки, наладки, иногда доработки технологического оборудования на предприятии. Люди, которые его будут обслуживать, как правило, нуждаются в обучении. С началом эксплуатации этого оборудования вероятность аварий значительна как по вине обслуживающего персонала, не имеющего опыта эксплуатации, так и из-за несовершенства самого оборудования. На этом этапе обычно на оборудовании устраняются недостатки, а обслуживающий персонал приобретает опыт его эксплуатации. Очевидно, что в середине «жизненного цикла» величина риска аварий и катастроф минимальна. В дальнейшем, по мере износа оборудования, величина риска в конце «жизненного цикла» растет. Для более точного прогнозирования величины риска и возможных причин ЧС используют методику прогнозирования, суть которой рассмотрим на примере того же технологического оборудования на предприятии. Она заключается в следующем. Прежде всего, выявляются источники опасности, оборудование, которое может вызвать опасные состояния, и исключают из анализа маловероятные случаи. Обычно источниками опасности являются источники энергии, процессы и условия эксплуатации оборудования. Источники энергии, представляющие опасность: топливо, взрывчатые вещества, заряженные конденсаторы, емкости под давлением, пружинные механизмы, подвесные устройства, газогенераторы, аккумуляторные батареи, приводные устройства, катапультированные предметы, нагревательные приборы, вращающиеся механизмы, электрические генераторы, статические электри-

ческие заряды, насосы, вентиляторы, воздуходувки и др. Процессы и условия, представляющие опасность: разгон, коррозия, нагрев, охлаждение, давление, влажность, радиация, загрязнения, химическая диссоциация, химическое замещение, механические удары, окисление, утечки, электрический пробой, пожары, взрывы и др. Прогнозирование ЧС экологического характера Прогнозирование ЧС экологического характера обычно проводят учреждения Министерства здравоохранения, Министерство сельского хозяйства и продовольствия и др. Экологическое прогнозирование - это научное предвидение возможного состояния природных экологических систем, определяемого естественными и антропогенными экологическими факторами. Чрезвычайные ситуации экологического характера выявляются и прогнозируются при проведении мониторинга окружающей среды государственными структурами. Для получения исходной информации, необходимой для оценки состояния природной среды, используют различные методики исследований. С помощью приборов обычно измеряют физические и химические параметры среды: величины и спектр шумов, температуру, характеристики электромагнитных полей, характеристики радиоактивного загрязнения среды, характеристики геофизических явлений, концентрации химических загрязнений воздуха, воды, почвы и др.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Для прогнозирования ЧС экологического характера измерения отдельных параметров приборами недостаточно[3]. Поэтому для прогнозирования, уточнения прогнозов широко используются и биоиндикаторы. В Республике Беларусь законодательно установлены допустимые нормы большинства экологических загрязнений, в частности, для химических загрязнений установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) и предельно допустимые выбросы (ПДВ) вредных веществ отдельными хозяйственными объектами. Прогнозирование биолого-социальных чрезвычайных ситуаций Для прогнозирования биолого-социальных ЧС обычно проводится биологический мониторинг государственными научно-исследовательскими учреждениями. Он включает: прогнозирование эпидемий, эпизоотий и эпифитотий. Прогнозирование эпидемий - определение вероятности возникновения, масштабов развития эпидемий и их последствий с целью разработки и обоснования мероприятий по предупреждению распространения инфекционных болезней среди населения, снижению общей инфекционной заболеваемости людей и ликвидации социально-экономических последствий, вызванных эпидемиями. Прогнозирование эпизоотий - определение вероятности возникновения, масштабов развития эпизоотий и их последствий с целью разработки и обоснования мероприятий по предупреждению распространения инфекционных болезней сельскохозяйственных животных, снижению их общей инфекционной заболеваемости и ликвидации социально-экономических последствий, вызванных эпизоотиями. Прогнозирование эпифитотий - определение вероятности возникновения, масштабов развития эпифитотий и их последствий, а также появления и размножения вредителей сельскохозяйственных структур с целью разработки и обоснования мероприятий по предупреждению распространения инфекционных болезней и вредителей сельскохозяйственных растений и ликвидации социально-

экономических последствий, вызванных эпифитотиями. Заключение Общая модель системы мониторинга отражает возможность развития следующих ЧС: природных, биолого-социальных, техногенных, экологических, ЧС в результате применения ядерного, бактериологического, химического и других специальных средств поражения. Непосредственное ведение наблюдений и сбор мониторинговой информации осуществляют отдельные министерства, ведомства и центральные органы управления. Организацию проведения мониторинга чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике осуществляют 11 органов государственного управления: Министерство по чрезвычайным ситуациям, Министерство транспорта и коммуникаций, Министерство энергетики, Белорусский государственный концерн по нефти и химии, Министерство промышленности, Министерство жилищно-коммунального хозяйства, Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды, Министерство здравоохранения, Национальная академия наук Беларуси, Министерство лесного хозяйства. Ведущей структурой является Комитет по гидрометеорологии. Комитет по гидрометеорологии контролирует: качество атмосферного воздуха, особенно в экологически опасных районах; качество поверхностных и подземных вод; степень загрязнения почв пестицидами и токсинами промышленного происхождения; радиационную обстановку в отдельных районах Республики Беларусь. Санитарно-эпидемиологическая служба Министерства здравоохранения контролирует: качество воздуха в пределах санитарно-защитных зон крупных предприятий, качество питьевой воды в местах водозабора и после очистки, выполнение санитарных мероприятий на различных объектах. Состояние погоды и большинство стихийных бедствий прогнозирует Гидрометеослужба Комитета по гидрометеорологии. Необходимую информацию служба получает от своих средств наблюдения, от Всемирной службы погоды, от аналогичных служб соседних государств. Международное сотрудничество координируется Международной Метеорологической организацией, входящей в структуру ООН. Таким образом, система мониторингов, необходимая для учета, анализа, оценки и прогноза изменения состояния природной среды на различных уровнях, позволяет принимать меры по достижению и сохранению стабильно равновесного состояния жизненной среды.

#### Список литературы

1. Выборов, С. Г. Коллекция горно-геологического музея Донецкого национального технического университета : справ. для студентов образоват. учреждений высш. проф. образования / С. Г. Выборов, В. И. Купенко, О. С. Крисак ; ГОУВПО "ДОННТУ". - Донецк : ДОННТУ, 2018. - 212 с. : ил. - Автограф.
2. Гнесин, Г. Г. Материаловеды : ученые, инженеры, изобретатели / Г. Г. Гнесин ; под ред. В. В. Скорохода ; Ин-т пробл. материаловедения им. И. Н. Францевича. - Киев : Логос, 2010. – 259 с. : ил. Калиниченко, З. Д. Стратегическое управление предприятием : учеб. пособие для вузов / З. Д. Калиниченко ; ДонНТУ. - Донецк : ДонНТУ, 2011. - 383 с. : ил.
3. Крюков, А. Ю. Компьютерная графика [<https://www.twirpx.com/file/1092164/>] : учеб. пособие для вузов / А. Ю. Крюков ; ГОУ ВПО "Перм. гос. техн. ун-т". – Электрон. дан. (1 файл: 3 Мб). - Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. - Систем. требования: Acrobat Reader.

УДК 6.67.01

## К ВОПРОСУ О КОНФИГУРАЦИИ ПОЖАРА

Андреев Д.А., студент,  
Онищенко С.А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: [serg-onis@mail.ru](mailto:serg-onis@mail.ru). Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Андреев Д.А., Онищенко С.А. Выделить факторы, влияющие на форму пожаров. Рассмотреть три главных формы зоны пожаров - круглую, угловую и прямоугольную. Найти способы прогнозирования площади пожаров и их ликвидации при помощи материаловедения.*

*Ключевые слова: Материаловедение, прогнозирование, пожар, горение, воспламенение, пожароопасность, факторы.*

*Annotation (purpose, practical value): Highlight factors influencing the shape of fires. Consider the three main forms of the fire zone - circular, angular and rectangular. Find ways to predict the area of fires and their elimination using materials science.*

*Keywords: Materials science, forecasting, fire, combustion, ignition, fire hazard, factors. Materials science, forecasting, fire, combustion, ignition, fire hazard, factors.*

### **Введение**

Материаловедение является междисциплинарной отраслью науки, которая изучает изменения свойств материалов как в твердом, так и в жидком состояниях, в зависимости от нескольких факторов. [2]

Прогнозирование – научно обоснованное предсказание вероятностного развития событий или явлений на будущее на основе статистических, социальных, экономических и других исследований.

Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб и вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Горение - сложный химический процесс, основой которого является быстро протекающая химическая реакция окисления с выделением большого количества тепла и света. Скорость горения зависит от наличия горючего вещества, окислителя, их определенной температуры и агрегатного состояния. [1]

Воспламенение – это начало пламенного горения под действием источника зажигания, при настоящем стандартном испытании характеризуется устойчивым пламенным горением. [3].

Степень и характер пожара зависят от ущерба, характеристик развития, пожарной безопасности объектов, метеорологических условий и других факторов.

Прогнозирование и оценка пожарной обстановки в зданиях выражается в определении основных параметров пожара во времени и пространстве.

При прогнозировании возможной оперативно-тактической ситуации при пожаре нужно обеспечить всестороннее изучение и анализ факторов, которые способствуют или препятствуют распространению пожара, и принять меры по его тушению.

Чтобы дать оценку пожару, необходимо учитывать достаточно большой список факторов, действующих в комплексе или отдельно друг от друга. Одним из таких факторов (параметров) является площадь пожара. Именно на основе него выбираются способы тушения очагов возгорания, особенности тактики, а также проводятся расчеты, в которых определяются необходимое количество сил и средств, требующихся для ликвидации горящих площадей.

То есть получается так, что площадь пожара – это тот показатель, от которого зависит, как быстро будут потушены зоны горения, какие силы и средства для этого придется применить. Но есть еще один параметр, который ложится в схему расчетов распределения этих самых сил и средств. Это форма площади пожара.

Какие бывают формы пожара – вопрос, который требует более детального разъяснения. Начинать надо с того, что форма сама зависит от нескольких факторов. А именно:

- места возникновения очага возгорания;
- вида материалов, которые горят;
- объемно-планировочной схемы здания или сооружения;
- архитектурных характеристик постройки;
- метеорологических условий, действующих во время чрезвычайной ситуации.

Это не полный список, но именно эти факторы учитываются при расчете.

Под пожарной ситуацией следует понимать масштабы и плотность пожаров в населенных пунктах, объектах и прилегающих лесах, влияющих на работу экономических объектов, жизнедеятельность населения, а также организацию и проведение спасательных и других неотложных операций.

При неоднородной пожарной нагрузке и ее неравномерном распределении горение будет распространяться с различной интенсивностью, как в направлении, так и по скорости, задача прогнозирования будет сложной.

При моделировании пожара основным параметром является площадь, которая зависит от его формы.

В инженерных расчетах, при прогнозировании ситуации во время пожара, площадь пожара определяется как комбинация простых геометрических фигур, предполагается, что пожарная нагрузка равномерна и равномерно распределена по комнате, линейное значение скорости одинаково во всех направлениях развития пожара.

Форма очага пожара зависит от места его возникновения, линейной скорости горения и времени развития.

Вначале проводится оценка и прогнозирование ситуации в камере горения (в помещениях), а затем они приступают к анализу ее возможной динамики с учетом влияния параметров концентрации и введения сил и средств.

Во всех случаях при тушении пожаров в зданиях прогнозируется три параметра распространения пожара:

- площадь пожара;
- температурный режим в объеме горящего помещения (помещений);
- газообмен при развитии пожара в помещении (помещениях).

### **Изложение основного материала**

При прогнозировании площади пожара в определенном здании главным параметром, определяющим ее величину во времени, является линейная скорость распространения пламени  $v_{л}$ , м/мин, которая является функцией пожарной нагрузки  $q_{п}$ , коэффициента условий газообмена  $K_{г}$  и высота здания  $h$ :

$$v_{л} = f(q_{п}, K_{г}, h)$$

В настоящее время в них используются средние значения величин  $v_{л}$ , которые получены в ходе математического и статистического анализа - описания пожаров.

При прогнозировании температуры следует иметь в виду, что в процессе свободного развития пожара могут происходить: повышение температуры, установившийся режим и снижение температуры.

Устойчивое состояние возникает, когда скорость потока выхлопных газов из камеры сгорания равна сумме скорости потока поступающего воздуха и продуктов сгорания. Такая ситуация возникает при установившемся расположении нейтральной зоны в объеме камеры горения - плоскости, в которой внутреннее избыточное давление равно атмосферному. Ниже нейтральной зоны давление ниже атмосферного, поэтому в эту часть помещения будет поступать внешний воздух. Над нейтральной зоной давление выше атмосферного. Это приводит к тому, что пламя и нагретые продукты сгорания будут распространяться, прежде всего, в той части камеры сгорания, которая расположена над нейтральной зоной. Поэтому при прогнозировании и оценке пожарной ситуации в отдельной комнате или здании важно определить местоположение нейтральной зоны визуально в данный момент времени или аналитически с учетом возможной динамики пожара.

Если в ограждающих конструкциях камеры горения имеется одно отверстие, нейтральная зона будет расположена приблизительно на высоте 1/3 отверстия. При прогнозировании развития пожара в здании необходимо учитывать, что основными способами распространения пламени в гражданских и промышленных зданиях могут быть внешние и внутренние поверхности горючих конструкций (стены, перегородки, потолки, крыши); отверстия и различные конструкции; лестничные клетки, лифтовые шахты (лифты), вентиляционные каналы. Последние два типа дорожек также являются основными путями распространения дыма при пожаре в здании.



Преобладающее направление распространения огня и дыма при пожаре по разным схемам будет зависеть от степени огнестойкости, назначения и этажности здания, а также от планировки и планировки помещений в них. Так, в одноэтажных зданиях первой степени огнестойкости преобладающее направление распространения огня будет горизонтальным на поверхности пожарной нагрузки.

В случае пожаров в многоэтажных зданиях с первой, второй и третьей степенями огнестойкости горизонтальное направление внутри конструкций с воздушными конструкциями также может считаться преобладающим направлением распространения огня, особенно с системой коридоров. Однако в этих зданиях пламя может распространяться в помещениях, расположенных выше и ниже относительно горения, через различные отверстия в стенах и потолках, через шахты лестничных клеток и лифтов, через вентиляцию.

Показатели, характеризующие развитие пожаров во времени от начала до полной ликвидации, называются параметрами развития пожара.

На начальной стадии развития пожара увеличение площади горения происходит при сжигании горючих материалов. Большинство пожаров на объектах с твердым горючим основанием характеризуются относительно медленным повышением температуры начальной стадии сгорания. Однако после достижения температуры 3000 °С органические материалы и вещества самовоспламеняются, и начинается этап более интенсивного развития пожаров.

Ориентировочно можно предположить, что время возникновения возгорания в зданиях до того, как оно полностью охватится пламенем, составляет:

- для зданий IV и V степени огнестойкости - 30 - 60 мин.
- для зданий III степени огнестойкости, высотой до 2-х этажей – 1 ч., высотой до 5 этажей – 1-1,5 часа
- для зданий II степени огнестойкости, высотой 5 этажей – 3 - 4 часа.

Для оценки ситуации и принятия решения о ликвидации пожара большое значение имеет качественное прогнозирование развития параметров пожара. Одним из них является зона сгорания (пожара), его периметр и скорость развития. Указанные параметры определяют ситуацию и лежат в основе расчета сил и средств, необходимых для ликвидации пожаров.

В зависимости от местоположения возгорания, конфигурации зданий и помещений, погодных условий выделяют три главных формы зоны пожаров - круглую, угловую и прямоугольную.

Круговая - это когда огонь распространяется во всех направлениях равномерно с одинаковой скоростью. В этом случае пламя не встречает серьезных препятствий. Обычно такие формы, кстати, принадлежащие к категории простых, появляются на больших, неограниченных территориях, где не работают суровые погодные условия. Например, на пшеничных полях в покое, внутри складов для хранения пиломатериалов и т.д.

Угловая.

Эта конфигурация появляется в двух случаях:

1. Когда конструкции из негорючих или слабо горючих материалов находятся на границе площадки с пожарной нагрузкой, например, на складе в самом углу комнаты. В этом случае огонь распространяется от границ (от стен).

2. На открытых площадках с ветреной погодой. Там, где дует ветер, там распространяется огонь. То есть движение пламени происходит в одном направлении, образуя угловую конфигурацию.

Более того, сама форма может иметь три варианта:

- острую, то есть меньше  $90^\circ$ ;
- тупую – больше  $90^\circ$ ;
- прямую —  $90^\circ$ .

Прямоугольный - обычно эта форма появляется в ограниченных областях. В то же время границы представляют собой сооружения, построенные из негорючих материалов. А поскольку здания и сооружения возводятся в форме прямоугольников, распространение огня происходит именно в этой форме. Отсюда и название.

В то же время огонь может распространяться в разных направлениях на разных скоростях. То есть на ветреной стороне быстрее, на подветренной стороне слабее. Или, альтернативно, одинаковая скорость во всех направлениях в спокойную погоду. Как правило, в зданиях с небольшой площадью центр воспламенения приобретает стадию возникновения.

Для прогнозирования возможной площади пожара за основу берется линейная скорость распространения горения. Распространение горения может широко варьироваться в зависимости от назначения зданий, сооружений, сооружений. Ориентировочно это может быть:

- для административных зданий – 1 – 1,5 м / мин.
- для жилых домов – 0,5 – 0,8 м / мин.
- для коридоров и галерей – 4 – 5 м / мин.
- для торговых предприятий – 0,5 – 1,2 м / мин.
- для школ и лечебных учреждений в зданиях I и II степени огнестойкости 0,6 – 1,0 м / мин., в зданиях III IV степени – 2,0 – 3,0 м / мин.

Площадь пожаров прогнозируется, как правило, на момент прибытия основных сил противодействия и в дальнейшем уточняется.

Площади возможного развития прогнозируются и в дальнейшем уточняются.

Области возможного развития пожара определяются следующими соотношениями:

- круглая форма –  $S_{\text{п}} = \pi \cdot R^2$
- угловая форма –  $S_{\text{п}} = 0,5 \cdot a \cdot R^2$
- прямоугольная форма –  $S_{\text{п}} = a \cdot v$ , где

R - радиус развития пожара

a - угловой размер сектора пожара в радианах

a,v - стороны прямоугольника при развитии пожара.

Кроме того, увеличение интенсивности горения, распространение огня и дыма, с развитием пожара в здании, может способствовать разрушению строительных конструкций.

Потеря несущей способности при пожаре может произойти под воздействием температуры или в результате уменьшения поперечного сечения конструкций из-за его выгорания.

При рассмотрении оценки фактической степени огнестойкости конструкций, при тушении пожара в здании могут быть приняты ошибочные решения. На практике были случаи, когда силы и средства были выведены с оккупированных позиций при отсутствии угрозы обрушения конструкций и не были введены в обращение, но не своевременно, если существует угроза обрушения, которая в некоторых случаях приводит к гибели персонала.

Руководитель тушения пожара, уделяя особое внимание нормативному пределу огнестойкости, иногда (с большим пределом огнестойкости) не выделяет силы и средства для защиты конструкций, которые на самом деле находятся в более сложных условиях, чем предписано стандартами, и могут потерять свою несущую способность.

При определении поведения здания в реальных условиях необходимо знать характерные признаки, предшествующие обрушению конструкций.

Разрушению железобетонных конструкций предшествует образование прогибов и трещин. Разрушению деревянных конструкций, защищенных слоем штукатурки, предшествует отслаивание штукатурки и т. д.

Различные динамические и статические временные нагрузки (падающие перекрывающие конструкции, ударная волна, вызванная взрывом, скопления персонала, большое количество воды и т. д.) также могут влиять на строительные конструкции.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

На основании факторов, определяющих процесс развития пожара в соответствии с различными схемами, можно сделать следующие выводы: наибольшая площадь пожара и зоны дыма возможны при развитии пожара в соответствии с первой и второй схемами, наименьшая - в соответствии с третьей. В этом случае общая площадь пожара в здании определяется как сумма площадей во всех горящих зданиях.

Как показывает практика тушения пожаров в зданиях после распространения огня в вертикальном направлении (вверх), огонь начинает распространяться по этажам. В этом случае характер распространения огня в комнатах этажей, как правило, будет односторонним или двусторонним. В некоторых случаях огонь может распространяться во всех направлениях (по кругу) или в любом углу. Но со временем распространение огня будет двусторонним или односторонним. В этом случае ширина фронта распространения пламени будет равна ширине помещения, в котором распространяется пламя.

### **Список литературы**

1. Гейдон, А. Спектроскопия и теория горения./ А Гейдон — М.: Издательство иностранной литературы, 1950. — 308 с.
2. [Горелик, С. С.](#), [Дашевский, В. Я.](#) Материаловедение полупроводников и диэлектриков. / С. С. Горелик, В. Я. Дашевский.- М., Металлургия, 1988. - 574 с.

3. Хитрин, Л.Н. Пожарная безопасность зданий и сооружений; Физика горения и взрыва./ Л.Н Хитрин,– М., 1957.

УДК 6.67.01

## ПОЖАРООПАСНОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Безрядин Б.Э., студент,  
Онищенко С.А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E.mail:serg-onis@mail.ru/ Тел.071-307-28-82

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г.Донецк*

*Безрядин Б.Э., Онищенко С.А. Статья даёт понять важность выбора материала и установки дополнительных защитных установок при планировке конструкций, строительстве в целях обеспечения максимального уровня пожарной безопасности здания/помещения/конструкции. Выбор материала зависит от его пожароопасных свойств, огнестойкости, сопротивлению горения и регламентируется ГОСТами и иными нормативно-правовыми*

*Ключевые слова: материаловедение, пожар, безопасность, задача, гидриды, водород, металл.*

*Annotation. The article makes it clear the importance of choosing the material and installing additional protective installations in the planning of structures, construction in order to ensure the maximum level of fire safety of the building/room/structure. The choice of material depends on its fire-hazard properties, fire resistance, and Gorenje resistance and is regulated by GOST And other legal regulations*

*Keyword: materials science, fire, safety, task, hydrides, hydrogen, metal.*

### Введение

Материаловедение именуют практическую науку о связи состава, структуры также качеств материалов. Заключение важных инженерных вопросов, связанных с экономией мануфактур, сокращением массы машин также устройств, повышением правильности, прочности и трудоспособности элементов также устройств во многом находится в зависимости от формирования материаловедения. Цель материаловедения— формирование закономерностей связи структуры также качеств использованных материалов с целью этого, для того чтобы преднамеренно оказывать воздействие в их присутствие переработке в изделия также эксплуатации, но кроме того сцелью формирования материалов с установленными сочетаниями параметров и прогнозирования срока службы материалов. Требование эксплуатации материалов выходили больше строгими на основании увеличения размера изготовления, засорения также увеличения агрессивности охватывающей среды. Стремительное вторжение человека в естественные процессы всколыхнуло внимание науки ко охране находящейся вокруг сфе-

ры, раскрытию второстепенных ресурсов. Решение данной «технически нейтральной» задачи средствами материаловедения содержит установленную финансовую также социальную направленность. Производства, объединенные с получением также переделкой металлов, их сплавов, гидридов металлов и металлоорганических соединений характеризуются увеличенной пожарной и взрывопожарной угрозой. При подборе безопасных условий выполнения научно-технических процессов, в которых обращаются указанные ранее материалы и материалы, очень важно принимать во внимание характерные черты их воспламенения, горения также тушения.

#### Результаты и обсуждение

Сгорание металлов, их сплавов, металлосодержащих элементов, в т.ч. металлоорганических элементов в соответствии с ГОСТ 27331-87 разделяются на 3 класса: - категория Д1 – сгорание легких металлов (алюминий, магний также их сплавы, кальций, титан), относительно «тяжелых» металлов (цирконий, ниобий, уран и др.); - категория Д2 – сгорание щелочных металлов (литий, натрий, калий и др.); - категория Д3 – (металлоорганические соединения: алюмо-, литий-, цинк-органика, гидриды алюминия, лития и др.). Любой с упомянутых металлов также их гидридов в нормальном пребывании показывает собою жесткое вещество, помимо металлоорганических сочетаний (МОС), показывающих собою жидкости. Из специфик металлов, какие располагают непосредственное расположение к их пожаровзрывоопасности и горению следует выделить соответствующее: - стремление к самовоспламенению при нормальных условиях (т.е. пирофорность); - умение взрываться в пребывании аэровзвеси; - взаимодействие горящих металлов с водою, определенными газовымиогнетушащими составами: хладонами (хлорфторуглеводороды), азотом (к примеру, магний) и др. Возможностью самовоспламеняться имеют щелочные металлы, микростружка, металлические порошки, обладающие неокисленную интенсивную плоскость, гидриды металлов, МОС (игра пожаров Д2, Д3). Более пожаровзрывоопасными металлами, сгорание которых совершается согласно классу Д1, представляются простые металлы в виде продуктов их обработки: порошков различной дисперсности, стружки. Металлы в варианте продуктов разнообразной конфигурации (листы, профили и т.п.) воспламенить фактически нереально, в случае если поддерживаются требование преобладания теплоотвода над теплоприходом. Гидриды металлов захватывают промежуточное положение между сплавами также базисными сочетаниями. Сопряжено это с тем, что при их разложении акцентируется тритий, то что возможно анализировать равно как аналогию хода отделения горючих газов при пиролизе органических материалов, сгорающих в газовой фазе [1]. При этом гидриды металлов существенно отличаются между собою согласно собственным физикохимическим свойствам, по части преспособлению горения а также воспламенения. Таким образом, гидриды титана, ниобия, тантала и т.д. считаются согласно сущности растворами водорода в сплаве также обладают изменяемый состав с металлическим типом взаимосвязи. Они горят в основном в перетлевающим порядке, пламенное сгорание водорода почти не имеется. В то же время литий-алюминий гидрид (ЛАГ), гидриды алюминия (ГА) а также лития (ГЛ) –

наглядно проявленные персональные объединения с гетерополярной (для ГЛ – наполовину ковалентной) связью, характеризующиеся наличием систем пламенного а также неоднородного горения [2]. ГА а также гидриды щелочных металлов выражают пирофорные качества, стремительно взаимодействуют с влагой атмосферы, при незначительном нагреве стремительно акцентируют водород а также из-за этого в пребывании аэровзвеси образуют смешанные напряженные консистенции с атмосферой. При завышенных температурах а также при горении вероятно взаимодействие азота с более интенсивными гидридами, к примеру, ГА. Незначительное разбавление азота воздухом способен послужить причиной к весьма «жесткому» взрыву аэровзвеси ГА, поэтому не для абсолютно всех гидридов металлов возможно применять элемент в свойстве защитной атмосферы. В Некоторых Случаях с целью этого требуется применять аргон. Подобным способом, вид горения металлов а также металлосодержащих элементов ликвидирует использование воды, водопенных средств тушения также ряда газовых огнегасящих составов, т.к. при контакте данных средств с горящими сплавами совершается их связь, приводящее к разгоранию.

В Российской Федерации также всемирной практике для тушения пожаров классов Д1, Д2, Д3 применяют огнетушащие порошковые составы специального назначения (ОПСН). При формировании рецептуры подобных составов предусматриваются соответствующее условия: - основное вещество, характеризующее данный состав (с 80 вплоть до 95% о.), не обязано включать в молекуле атом кислорода (не поддерживать сгорание) также не входить со сплавом в хим взаимодействие; - ОПСН обязаны располагать конкретный фракционный комплект (как принцип, в спектре 50-75 мкм); - ОПСН не должны слеживаться в ходе сохранения, то что добивается подключением в их состав антислеживающих гидрофобизирующих добавок, но кроме того владеть вблизи иных рабочих качеств в согласовании с общепризнанными промышленными условиями; На сегодняшний день более распространены с целью тушения пожаров классов Д1, Д2, Д3 ОПСН на базе хлоридов щелочных металлов (КСl – Россия и NaCl – Европа, США). В свойстве огнетушащих составов с целью тушения металлов имеется несколько жидкостных составов (к примеру, в базе борных эфиров), однако они никак не обнаружили широкого использования на практике пожаротушения. Главным принципом преимущества положительного итога при тушении металлосодержащих элементов (по классам Д1, Д2, Д3) считается формирование с поддержкой ОПСН защитного полного покрытия источника горения, мешающего доступу воздуха в участок горения. Подобное напыление обязано быть довольно крепким, иметь нужную толщину покрова порошка согласно целой плоскости источника горения, что достигается при конкретном удельном расходе порошка ( $\text{кг/м}^2$ ). Тушение металлов также металлосодержащих элементов обладает несколько особенным, присущих любой группе элементов согласно классам Д1, Д2, Д3 в т.ч.: - с целью тушения металлов согласно классу Д1 ОПСН обязан соответствовать аспектам, приведенным выше, при этом базу порошка составляет, в частности, хлорид калия с плотностью приблизительно  $1\text{г/см}^3$ ; - с целью тушения гидридов металлов (Д3) используется ОПСН с характеристиками, подобными для ОПСН, использу-

емого с целью тушения согласно классу Д1; - для металлоорганических элементов, представляющих жидкостями при простых обстоятельствах, ОПСН обязан иметь насыщенность, схожую к плотности данных элементов ( $\sim 0,7-0,8 \text{ г/см}^3$ ), то что гарантируется внедрением в состав порошка огнестойкой добавки с невысокой плотностью (перлит, вермикулит), собственно кроме того содействует адсорбции МОС также делает лучше безопасность тушения. При тушении натрия [3] появляется так именуемый «капиллярный» либо фитильный эффект горения за счет увеличения оксидных образований, прорастающих посредством слоя порошка, согласно каким жидкий элемент попадает и горит в виде фитиля. С целью избежания увеличения оксидов, как правило применяют специализированные добавки. Пожаростойкость металлов, а также металлосодержающих сочетаний ОПСН главным способом выделяется с тушения, к примеру, углеводородных ЛВЖ, ГЖ (класс пожаров Но, Во, Со) порошками единого направления. В случае тушения пожаров класса Д (Д1, Д2, Д3) главная цель при подаче ОПСН состоит в формировании на плоскости источника горения покрова порошкового возмещения, предпочтительно одинаковой возвышенности, то что добивается линией применения таким образом называемых успокоителей, сливаемых к выводящему аппарату (в выходе выводящего ствола) огнетушителей, порошковых машин. Применение насадка-успокоителя при подаче ОПСН следует при тушении порошков металлов также их гидридов, при этом почти предотвращается формирование аэрозвеси огнетушащего порошка. С целью тушения пожаров классов А, В, С используется распылительное приспособление вида «пистолет», при этом образовывается порошковое скопление над очагом горения, что содействует достижению тушения. ОПСН можно использовать с целью тушения радиоактивных металлов. При применении, например, огнегасящего состава в основании хлорида калия, существенно уменьшается выделение радиоактивных аэрозолей. Но применение порошкового пожаротушения также содержит собственные недочеты: - огнетушащий порошковый состав в отличие от воды никак не владеет охлаждающим влиянием. Надежное тушение можно достигнуть при остывании металлов вплоть до температуры ниже температуры их самовоспламенения. Но температура горящих металлов, равно как правило, существенно больше температуры самовоспламенения, по этой причине процедура тушения металлов также их гидридов носит продолжительный характер; - почти все без исключения издаваемые машины порошкового тушения имеют узкие промышленные способности также не могут гарантировать безопасное тушение в комнатах размером более  $300-600 \text{ м}^3$ . Предельная высота подачи ОПСН в зависимости от вида машины порошкового тушения также давления в емкости является 10-25 м, при данном наибольшее расстояние подачи порошка согласно горизонтали является 40-60 м, что считается в строю случаев неудовлетворительным с целью этого, чтобы гарантировать доставку порошка к участку загорания.

## **Выводы**

1. Несмотря на отмеченные недостатки порошкового пожаротушения самым универсальным, надежным и эффективным огнетушащим веществом для туше-



ния металлов и металлосодержащих материалов являются порошковые составы специального назначения.

2. Для тушения и предотвращения загораний металлов и гидридов металлов в технологическом оборудовании рекомендуется использовать аргон.

#### Список литературы

1. Габриэлян, С.Г., Габриэлян, Г.С. Рекомендации по тушению жидкого натрия и пирофорных алюмоорганических катализаторов/ С.Г. Габриэлян, Г.С. Габриэлян, / М.: Изд. ВНИИПО, 2000, 19 с.

2. Чибисов, А.Л. Определение безопасной удельной скорости выделения водорода в технологическом процессе// А.Л. Чибисов, Т.М. Смирнова, А.Д.Громов, Н.И. Акинин/ Водородное материаловедение и химия гидридов металлов: Сборник тезисов VIII международной конференции.-Украина, Ялта, 2003. С.356–357.

3. Чибисов, А.Л. Предельные условия и особенности воспламенения, горения и тушения различных металлов// А.Л. Чибисов, Е.А. Соина, С.Г. Габриэлян, Т.М. Смирнова, Г.С. Габриэлян / Водородное материаловедение и химия гидридов металлов: Сборник тезисов VII международной конференции.- Украина, Ялта, 2001.-С.416.

УДК 6.67.017

## ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА МЕТОДАМИ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Ботвиник А.А., студент,  
Онищенко С.А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: [serg-onis@mail.ru](mailto:serg-onis@mail.ru). Телефон:380713072882

ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г.Донецк

**Ботвиник А.А., Онищенко С.А. (цель, практическая значимость):**  
*Найти способы прогнозирования пожаров и их ликвидации при помощи материаловедения.*

**Ключевые слова:** *материаловедение, прогнозирование, ликвидация, пожар, процессы, физико-химические свойства, анализ, пожарная опасность, локализация, плотность, пожароопасность, взрывоопасность, горение, воспламенение.*

**Abstract (purpose, practical significance):** *To find ways of predicting fires and their elimination with the help of material science.*

**Keywords:** *materials science, forecasting, elimination, fire, processes, physical and chemical properties, analysis, fire hazard, localization, density, fire hazard, explosion hazard, Gorenje, igniting.*

### Введение

Масштабы и характер пожаров зависят от типа и степени ущерба, характеристик развития, пожарной безопасности объектов, метеорологических условий и других факторов.

Под пожарной ситуацией следует понимать масштабы и плотность пожаров в населенных пунктах, объектах и прилегающих лесах, влияющих на работу экономических объектов, жизнедеятельность населения, а также организацию и проведение спасательных и других неотложных операций. ,

Определение тушения пожара говорит само за себя. То есть основной задачей является предотвращение увеличения площади возгорания, тушение пожара и предотвращение его повторного возгорания. Следует понимать, что локализация и устранение - это две разные концепции, но они являются компонентами одного и того же процесса.

Предотвращение распространения огня достигается мерами, ограничивающими площадь, интенсивность и продолжительность горения: конструктивными и планировочными решениями, ограничением пожарной опасности строительных материалов, снижением технологического взрыва и пожарной опасно-

сти помещений и сооружений, доступностью первичных средств пожаротушения, систем сигнализации и оповещения.

Тушение пожара - это стадия тушения пожара, при которой происходят следующие процессы:

- охлаждение источника огня с помощью средств пожаротушения;
- с их помощью ослабляют сгорание горюче-смазочных материалов за счет разбавления последних;
- то же самое касается кислорода;
- изоляция горючих материалов из зоны горения с помощью огнетушащих средств или других устройств (одеял, ночных кошмаров, водяных завес и т. Д.);
- торможение химических реакций за счет использования огнетушащих средств.

### **Сущность материаловедения в сфере прогнозирования и ликвидации пожаров**

Предварительная оценка пожарной обстановки предназначена для выявления возможных очагов непрерывных пожаров и огненных бурь в случае их возникновения.

Непрерывный огонь - это мощный пожар, который охватывает более 90% сооружений.

Огненный шторм составляет более 100 гектаров и сопровождается мощным движением воздуха к центру.

В условиях эксплуатации в зонах пожаров и повреждений, а также в количестве противопоказаний, необходимых пожилым людям.

Пожарная безопасность производства определяется технологическими процессами, материалами, используемыми в производстве.

Все объекты делятся на пять категорий: А, В, С, D, D.

А - нефтеперерабатывающие заводы, химические предприятия, трубопроводы, склады нефтепродуктов.

Б - мастерские по приготовлению и транспортировке угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, мельница и т. Д.

В - лесопильные, деревообрабатывающие, столярные, лесные производства.

Г - металлопродукция, тепловые цеха, а также котельные.

Д - производство, связанное с хранением и переработкой негорючих материалов.

Чрезвычайно пожароопасная продукция категорий А и В, для объектов категорий В, D, D возможность возникновения пожаров практически зависит от степени огнестойкости зданий, образование непрерывных пожаров - от плотности застройки.

Предварительная оценка пожарной ситуации имеет смысл выяснить возможные варианты возникновения непрерывных пожаров и пожарных штормов в случаях их возникновения.

Непрерывный пожар - это мощный пожар, который охватил более 90% оборудования.

Огненная буря - это особый тип непрерывного пожара, который охватывает всю территорию объекта или площадь более 100 гектаров и сопровождается мощным движением воздуха к центру.

В условиях эксплуатации определяются зоны непрерывных пожаров, длина фронта пожара в очагах поражения и количество сил огня, необходимых для ликвидации пожара.

Пожарная безопасность производства определяется технологическим процессом, используемыми в производстве материалами.

Для обеспечения пожарной безопасности процесса все объекты делятся на пять категорий: А, В, V, G, D.

А - нефтеперерабатывающие заводы, химические предприятия, трубопроводы, склады нефтепродуктов.

Б - мастерские по приготовлению и транспортировке угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, мельница и т. Д.

В - лесопильные, деревообрабатывающие, столярные, лесные производства.

Г - металлопродукция, тепловые цеха, котлы.

Д - производство, связанное с хранением и переработкой негорючих материалов.

Наибольшая опасность в пожизненном отношении к производству категорий А и В, для объектов категорий V, G, D, отношения возможны в зависимости от степени огнестойкости. Предварительная оценка пожарной ситуации предназначена для выявления возможных очагов непрерывных пожаров и огненных бурь в случае их возникновения.

Непрерывный огонь - это мощный огонь, который охватил более 90% сооружений.

Огненная буря - это особый тип непрерывного пожара, который охватывает всю территорию объекта или площадь более 100 гектаров и сопровождается мощным движением воздуха к центру.

В рабочей среде определяются зоны непрерывных пожаров, длина фронта пожара в очагах поражения и количество сил огня, необходимых для ликвидации пожара.

Пожарная безопасность производства определяется технологическим процессом, применяемым при производстве материалов.

По данным пожарной безопасности технологического процесса все объекты разделены на пять категорий: А, В, С, G, D.

А - нефтеперерабатывающие заводы, химические предприятия, трубопроводы, склады нефтепродуктов.

Б - мастерские по приготовлению и транспортировке угольной пыли, древесной муки, сахарной пудры, мельница и т. Д.

В - лесопильные, деревообрабатывающие, столярные, лесные.

Г - металлопродукция, тепловые цеха, а также котельные.

Д - производство, связанное с хранением и переработкой негорючих материалов.

Наиболее опасна с точки зрения пожароопасности производства категорий А и В, а также для объектов категорий В, D, D, возможность возникновения пожаров практически зависит от степени огнестойкости зданий, формирования непрерывного образования. пожары по плотности зданий.

Плотность застройки влияет

за распространение огня и рассчитывается по формуле:

$P = \text{общая площадь объекта} / \text{площадь под зданиями} 100\%$ .

До 7% плотности застройки, пожары практически не распространяются, от 7 до 20% - происходят отдельные пожары, более 20% - возможны случаи непрерывных пожаров [3].

Категории взрывоопасной и пожарной опасности помещений и зданий определяются на наиболее неблагоприятный период для пожара или взрыва на основе типа горючих веществ и материалов в помещениях или технологических установках, их количества и свойств пожароопасности, а также характеристика технологических процессов.

При анализе и прогнозировании пожарной опасности зданий и сооружений могут использоваться сценарии проектирования, основанные на соответствии временных параметров развития и распространения опасных факторов пожара, процесса эвакуации персонала и военных действий пожарных подразделений, а также пожара. боевые расчеты.

Меры, принимаемые для предотвращения лесных и торфяных пожаров, важны для выявления, прогнозирования и оценки пожарной ситуации. Для организации охраны лесов и торфяных массивов разрабатываются прогнозы пожарной обстановки на весенне-летний и осенний периоды. Прогнозные данные систематически обновляются и дополняются и служат основой для комплекса защитных мер. Исходными данными для прогноза являются: информация о наличии горючих материалов и их свойствах, информация о погодных условиях, о характере объекта, наличии водных источников и т. Д. Основными факторами, влияющими на интенсивность распространения пожара, являются воздух, влажность и скорость ветра. Эти оценки пожарной обстановки служат основой для превентивных противопожарных мероприятий, основными из которых являются: строительство водоемов, создание противопожарных барьеров в наиболее опасных зонах, поддержание в установленном порядке защитных полос и противопожарных участков, строительство пожарных сооружений. - борьба с дорогами, подготовка средств связи и пожаротушения, пожаротушения.

Во всех случаях при тушении пожаров в зданиях прогнозируются три параметра развития пожара:

- температурные условия в объеме камеры сгорания;
- газообмен при возникновении пожара в помещении (ах).

Обрушение строительных конструкций может способствовать увеличению интенсивности горения, распространению огня и дыма, с развитием пожара в здании.

При определении поведения строительных конструкций в реальных условиях необходимо знать характерные признаки, предшествующие обрушению конструкций.

Например, разрушению железобетонных конструкций обычно предшествует образование прогибов и трещин.

Основным условием пожарной безопасности является устранение контакта источника воспламенения с горючей средой, т.е.

Прогнозирование и оценка ситуации при авариях с пожарами

Основным повреждающим фактором пожаров является тепловой эффект от теплового излучения пламени.

Тепловой эффект определяется плотностью потока поглощенного излучения  $q$  влажностью ( $\text{кВт} / \text{м}^2$ ) и временем теплового излучения  $\tau$  (с).

Плотность потока поглощенного излучения  $q_{\text{dec}}$  связана с плотностью потока  $q$  падающего излучения соотношением  $q_{\text{diff}} = \epsilon q_{\text{rad}}$  [2]

Физико-химические свойства и процессы при прогнозировании и ликвидации пожаров.

Давление паров Пары сжиженных нефтяных газов обладают значительной эластичностью (давлением), которая увеличивается с повышением температуры. Жидкая углеводородная фаза характеризуется высоким коэффициентом объемного расширения; он может быть охлажден до температуры замерзания. Паровая фаза имеет плотность, значительно превышающую плотность воздуха, имеет медленную диффузию, способна накапливаться в низких местах и скважинах, особенно при отрицательных температурах воздуха, в отличие от других газов, имеет низкую температуру воспламенения и низкие пределы взрываемости (воспламеняемости) в воздух, может образовывать конденсат при низких температурах воздуха или при повышении давления.

Сжиженные углеводородные газы в закрытых емкостях и газопроводах находятся под давлением, что соответствует давлению паров при заданной температуре. Давление в сосудах изменяется пропорционально температуре.

Обеспечение герметичности сосудов, газопроводов, клапанов и регулирующих клапанов, а также их соединений является условием полной безопасности и бесперебойного хранения, наполнения и транспортировки сжиженных газов. При заполнении резервуаров сверхдопустимыми сжиженными газами возможно повышение давления, что приводит к аварии, поэтому резервуары и цилиндры не полностью заполняются, а оставляют некоторый объем, занятый парами сжиженного газа. Степень наполнения резервуаров и баллонов берется в зависимости от марки газа, разницы его температуры при наполнении и при последующем хранении. При разнице температур до  $40^\circ \text{C}$  степень наполнения предполагается равной 85%, а при большей разнице она должна соответственно уменьшаться.

Конденсация. Нагрев жидкой фазы вызывает ее испарение, увеличение массы насыщенных паров при одновременном повышении их температуры и давления (упругости). Когда паровая фаза охлаждается, возникает обратный процесс - конденсация. В связи с периодическим понижением и повышением тем-

пературы окружающей среды (воздух, земля) в течение дня и года, а также в результате выделения паровой фазы в резервуарах и баллонах, заполненных сжиженными углеводородными газами, происходит процесс тепломассопереноса между жидкой и паровой фазами происходит непрерывно. Это более интенсивно, если жидкая и паровая фазы находятся в разных температурных условиях (например, подземные резервуары групповых установок зимой находятся в зоне более высоких температур, чем газопроводы, выходящие из земли). В установках сжиженного газа, установленных без учета процесса конденсации в паровой фазе, подача газа нарушается и происходят аварии.

Чтобы предотвратить эти нарушения, необходимо разместить резервуары и трубопроводы насыщенных паров в одной температурной зоне, чтобы обеспечить возможность беспрепятственного потока конденсата из газопроводов обратно в резервуар. Конденсация, создаваемая в трубопроводе с паровой фазой перед компрессорами, представляет значительную опасность. Для предотвращения попадания конденсата в компрессоры обязательно устанавливать конденсатоотводчики на всасывающих трубопроводах углеводородной смеси. Насыщенные пары конденсируются при понижении температуры или повышении давления, поэтому их нельзя транспортировать по трубопроводам без постоянного отвода конденсата или дополнительного нагрева.

Для предотвращения образования конденсата входы в здания должны быть наружными, подвальными, изолированными. Подземные газопроводы от резервуарных установок с искусственным испарением, оснащенных дегазификационными нагревателями, должны прокладываться ниже глубины замерзания или с тепловым спутником, обеспечивающим положительную температуру сжиженного газа.

Охлаждающее действие сжиженных газов. Зимой сжиженные углеводороды можно охлаждать до температур ниже температуры кипения и сохранять свойства жидкости. Это связано с тем, что пропан затвердевает при  $-189^{\circ}\text{C}$ , а н-бутан - при  $-135^{\circ}\text{C}$ . Переохлажденные жидкости при испарении сжиженных углеводородов сопровождаются отводом тепла из окружающей среды, что служит дополнительной причиной глубокого обморожения. Одной из особенностей сжиженных углеводородных газов является значительное снижение температуры при испарении жидкой фазы летом.

Опасность пожара и взрыва. Пожароопасность сжиженных газов характеризуется следующими свойствами: высокая температура сгорания, значительное выделение тепла при сгорании газовой смеси, низкие пределы воспламеняемости (взрывоопасность) и температура воспламенения паровой фазы, необходимость большого количества воздуха при сгорании.

Пределы концентрации воспламеняемости понимаются как минимальное (нижний предел) и максимальное (верхний предел) содержание горючих газов в воздухе, выше которого невозможно их воспламенение какими-либо источниками огня. Пределы воспламеняемости выражены в процентах по объему при нормальных условиях газовой смеси. С увеличением температуры газовой смеси пределы воспламеняемости расширяются.

При сжигании углеводородных газов в больших количествах образуются продукты сгорания, которые содержат мало кислорода, необходимого для дыхания человека. Сжиженные углеводородные газы тяжелее воздуха и в случае утечек распространяются по земле, заполняя низкие места (ямы, колодцы, ямы и другие подземные коммуникации). Таким образом, газ может распространяться на значительные расстояния (до нескольких сотен метров).

Большую опасность представляют газовые хранилища в наземных резервуарах и баллонах. В случае пожаров в случае воспламенения газа характерны быстрое развитие пожара, высокая интенсивность тепловыделения, возможность взрыва баллонов и резервуаров, низкая эффективность обычных средств пожаротушения.

Зачастую пожару предшествует взрыв, вызванный воспламенением и сгоранием газозвушной смеси в ограниченном объеме: производственное помещение, подвал, канал, колодец, резервуар, печь котла или печи. В этом случае сгорание сопровождается нагревом и расширением газа, что приводит к быстрому увеличению давления, что влечет за собой разрушение строительных конструкций.

Для подачи газа по ГОСТ 20448-90 «Сжиженные углеводородные углеводородные газы для бытового потребления» используются несколько видов сжиженных углеводородных газов: СПБТЗ - смесь зимнего пропана и бутана, зима, СПБТЛ - смесь летнего технического пропана и бутана, а также БТ. - промышленный бутан.

Сжиженные углеводородные углеводородные газы образуют взрывоопасные смеси с воздухом при концентрации пара в объемных процентах от 1,5 до 9,5%.

Взрывоопасность газоперерабатывающего производства определяется не только объемами и свойствами циркулирующих веществ, но в значительной степени характером и особенностями технологических процессов [1].

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Особое внимание следует уделить вопросам прогнозирования, поскольку своевременное принятие необходимых мер по защите населения и других мероприятий будет зависеть от правильности оценки этой чрезвычайной ситуации.

Тушение пожара - это процесс, конечной целью которого является полное прекращение горения. Зачастую это достигается за счет использования большого количества сил и средств. Поэтому руководство пожарной охраны сначала оценивает ситуацию, проводит разведку, а уже потом выбирает тактику тушения пожаров. И, как показывает практика, это основная часть успеха.

### **Список литературы**

1. Бобков, С. А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / С. А. Бобков, А. В. Бабурин, П. В. Комраков; Учеб.пособие :Академия ГПС МЧС России, 2014. – 210 с.



2. Кошмаров Ю. А.. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю. А. Кошмаров С. В. Пузач, В. В. Андреев и др.; Учеб. пособие : Академия ГПС МЧС России, 2012. – 126 с
3. Подгрушный, А.В. Академия Методические указания к решению тактических задач по теме: Основы прогнозирования обстановки на пожаре. Локализация и ликвидация пожаров/ А.В. Подгрушный, Захаревский Б.Б., Денисов А.Н., Сверчков Ю.М.; ГПС МЧС России, 2005

УДК 620.22

## ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА МАТЕРИАЛЫ

**Волков В. А., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон: 380713072882**

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г.Донецк*

***Волков В.А., Онищенко С.А. Цель исследования – раскрыть сущность применения материаловедения при ликвидации чрезвычайных ситуациях. В статье выявлены основные материалы изучаемые материаловедением в высших учебных заведениях, раскрыта сущность влияния пожара на металлы, сплавы, стали, полимеры и пластмассы. В результате исследования выделены и охарактеризованы основные понятия и свойства материалов.***

***Ключевые слова: Материаловедение, ЧС, стали, сплавы, металлы, полимеры, пластмассы.***

***Abstract: The purpose of the study is to reveal the essence of the application of materials science in emergency situations. The article identifies the main materials studied in materials science in higher educational institutions, reveals the essence of the impact of fire on metals, alloys, steels, polymers and plastics. As a result of the research, the main concepts and properties of materials are identified and characterized.***

***Keywords: materials Science, emergency situations, steels, alloys, metals, polymers, plastics.***

### **Введение**

Материаловедение – это наука о материалах, из которых изготавливается все вокруг нас, и основы знаний об их назначении и свойствах необходимы в любых видах профессиональной деятельности, эксплуатирующих машины, механизмы, станки, инструменты и изделия для правильного рационального использования[2].

Все мы знаем, что основное направление науки «Материаловедения» заключается в создании более легких, прочных, экологических и экономически выгодных материалов. В свою очередь, металлические материалы делятся на черные и цветные. К черным относятся железо и сплавы на его основе — стали и чугуны. Все остальные металлы относятся к цветным. Чистые металлы обладают низкими механическими свойствами по сравнению со сплавами, и поэтому их применение ограничивается теми случаями, когда необходимо использовать их специальные свойства (например, магнитные или электрические).

Наибольшее применение в технике приобрели черные металлы. На основе железа изготавливают более 90% всей металлопродукции. Однако цветные металлы обладают целым рядом ценных физико-химических свойств, которые делают их незаменимыми. Из цветных металлов наибольшее промышленное значение имеют алюминий, медь, магний, титан. Кроме металлических, в промышленности значительное место занимают различные неметаллические материалы — пластмассы, керамика, резина.

### **Изложение основного материала**

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определенной территории, субъекте хозяйствования или на водном объекте, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

При пожарах, катастрофах и чрезвычайных ситуациях материалы обладают комплексом свойств и по разному ведут себя. Все без исключения конструкционные материалы возможно разбить в соответствующие категории [1]:

- металлические материалы - по отношению к ним относят материалы и сплавы, которые подразделяют на темные (железо и его сплавы) и цветные (все другие сплавы и сплавы на их основании);
- неметаллические материалы (резина, пластмассы, стекло, дерево и т.д.);
- композиционные материалы (могут быть в основе систем металл - металл, металл-неметалл, неметалл-неметалл).

В современном мире чаще применяются сплавы, чем чистейшие металлы. Самыми известными сплавами считаются стали и сплавы железа с углеродом (содержание углерода меньше 2,14%, в противоположном случае сплав называется чугуном) и различные алюминиевые сплавы.

#### Стали изучаемые материаловедением:

Кислородом начинают продувать расплавленный чугун в мартеновской печи, после этого происходит окисление части углерода. Потом сталь разливают в изложницы, где происходит ее остывание. Чаще всего при остывании в сталь внедряют различные раскислители, марганец, ведь они объединяют газы и делают процесс остывания спокойным. Именно так происходит производство стали[2].

По содержанию углерода стали распределяются на 3 вида [3]:

- малоуглеродистые - содержание углерода находится во пределе с 0,09% вплоть до 0,22%;
- среднеуглеродистые - с содержание углерода с 0,25 вплоть до 0,5%;
- высокоуглеродистые - они содержат углерода с 0,6 вплоть до 1,2%.

Для производства важных приборов для всего мира используются высокоуглеродистые стали, среднеуглеродистые в большинстве случаев применяют

при машиностроении. Стали, в которых кроме обычных примесей находятся легирующие добавки, называются легированными.

Основным методом получения стальных продуктов является горячая прокатка. Этим методом получают разнообразные профили: листы, стержни, трубы.

Содержание углерода оказывает значительное воздействие на механические характеристики сталей. Твердость стали возрастет если содержание углерода станет больше, но при этом пластичность будет ниже.

Важной чертой сталей является умение улучшать свои физико-механические свойства и, в частности, прочность после термической и механической обработки.

Алюминиевые сплавы:

По своим свойствам алюминий имеет невысокую прочность, из-за этого его редко используют в сооружениях. Благодаря алюминию создаются различные сплавы, которые уже на его основе и используются в строительстве. Литейные сплавы применяются только с целью производства фасонных отливок. Большого доверия в строительстве и производстве достиг силумин-сплав алюминия с кремнием [3].

Сплавы, обрабатываемые под давлением, делят на две группы [2]:

- Деформируемые в отсутствие дальнейшей тепловой обработки: сплавы алюминия с магнием и сплавы алюминия с марганцем;
- Деформируемые с следующей термообработкой: сплавы алюминия с медью, магнием, кремнием и марганцем, высокородные сплавы алюминия цинком, магнием, кремнием и марганцем.

На самом деле, когда у алюминия малая плотности, предел прочности не меняется и он остается таким же прочным как и был. По моему мнению это одно из достоинств алюминия. Многие сплавы в основе которых лежит алюминий имеют устойчивость к коррозии. Надежность сохраняется только при высоких температурах и не формирует искр при ударе.

Однако, как любой строительный материал, алюминий имеет свои недочеты. К самым главным недочетам относится огромный коэффициент температурного расширения и низкий модуль упругости.

Металлы:

Металлы имеют кристаллическую структуру. Атомы металлов находятся в беспорядочном движении, только когда они принимают растопленное состояние, кристаллическая решетка у металлов образуется после того как растопленные металлы переходят в твердое состояние[2].

Вид металла полностью зависит строения решетки и расположения в ней атомов.

У железа она кубическая (рисунок 1), а у алюминия гексагональная (рисунок 2).

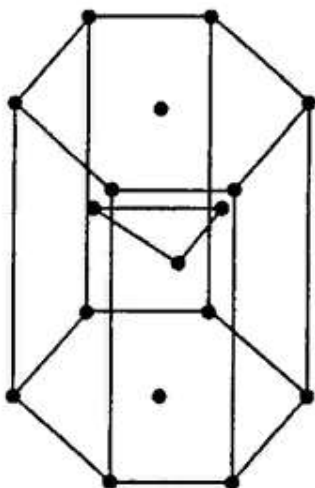


Рисунок 1. Кубический тип  
кристаллической решётки

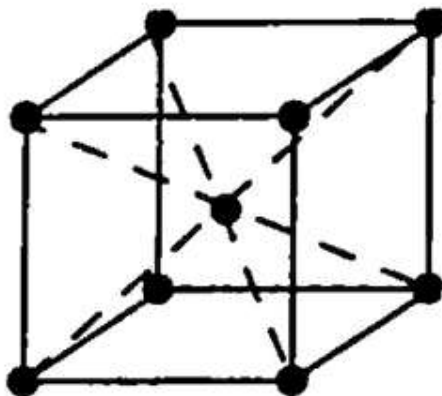


Рисунок 2. Гексагональный тип  
кристаллической решётки.

Почти во всех металлах и сплавах существуют точечные дефекты. К точечным дефектам принадлежат вакансии и межузельные атомы.

Хотелось отметить основные факторы действующие на сплавы и уяснить поведение металла при пожаре [1]:

Внешние факторы:

- факторы пожара: температура, время, тушение, агрессивность среды;
- эксплуатационные: область применения, нагрузка;
- негативные движения: физические, теплоперенос, тепловое деформирование;
- отрицательные последствия: ухудшение механических свойств, необратимые деформации, разрушение материала;

Внутренние факторы:

- технология изготовления: химический состав, физико-механические качества, структура.

Если металл нагреть то атомы начнут свое перемещение намного быстрее, данные перемещения приводят к увеличению расстояний между атомами и ослабеванию связей [1]. Термическое увеличение нагретых тел характерный признак повышения расстояния между атомами. Обычно с увеличением температуры, растет и число дефектов, которые оказывают огромное свойство улучшения металла. При достижении температуры плавления количество дефектов, увеличение межатомных расстояний и ослабление взаимосвязей достигает такого рода уровня, что металл переходит в жидкое состояние[2].

Окружающая среда действует очень специфично на металлы. При повышении температуры окружающей среды металла сокращается прочность и упругость, чем ниже температура металла, тем при более низкой температуры произойдет сокращение прочности[3].

Размягчение металла приводит к деформации и разрушению строительной конструкции (чаще всего несущей), а следовательно и всего здания в целом.

Когда температура слишком велика для увеличения сохранения свойства металла используют такие методы [1]:

- Выбирают изделия из металлов, более прочных к влиянию нагрева, предпочтение отдаётся сталям вместо алюминиевых сплавов;
- Используют низколегированные стали вместо простых;
- Изготавливают изделия, более устойчивые к нагреву;
- Защищают внешнюю поверхность металлических изделий путём нанесения антипиренов, или обмазывают конструкцию слоем бетона.

Для изобретения свойств огнезащиты металлов и сплавов требуется в дальнейшем изучать металл, его свойства, химическое и физическое влияние на него, а также его огнестойкость.

Полимеры и пластмассы:

Пластмассы – это композиционные материалы, в которых в качестве вяжущего вещества используют полимерные смолы[2].

По отношению к нагреванию пластмассы разделяют на термопластичные и термореактивные. Термопластичные материалы (полиэтилен, поливинилхлорид, полистирол и др.) при согревании размягчаются и обретают пластичность, а при охлаждении отвердевают. С этих материалов возможно отливать, вытягивать и прессовать различные изделия. Недочетом данных пластмасс являются небольшая прочность и теплостойкость.

Термопластичность – способность полимера менять при нагревании форму и удерживать ее при охлаждении. Характерна для молекул линейной структуры [2].

Термопласты:

- Полиэтилен. При нагреве до 50...60 °С полиэтилен уменьшает свои прочностные характеристики, но при этом сохраняет эластичность до минус 60...70 °С. Полиэтилен хорошо сваривается и легко перерабатывается в изделия. Из него производят пленки (прозрачные и непрозрачные), трубы, электроизоляцию. Вспененный полиэтилен в виде листов и труб используется для целей термоизоляции и герметизирующих прокладок.
- Полипропилен. Отличается от полиэтилена большей твердостью, крепостью и теплостойкостью (температура размягчения около 170 °С), но переход в непрочное состояние происходит уже при минус 10...20 °С. Плотность полипропилена 920...930 кг/м<sup>3</sup>; прочность при растяжении 25...30 МПа; относительное удлинение при разрыве 200...800%.
- Полистирол. Прозрачный полимер плотностью 1050...1080 кг/м<sup>3</sup> ; при комнатной температуре жесткий и непрочный, а при нагрева-

нии до 80... 100 °С размягчающийся. Прочность при растяжении (при 20 °С) 35...50 МПа.

- Поливинилацетат. При нагреве выше 130... 150 °С разлагается с выделением уксусной кислоты. Положительное качество поливинилацетата – высокая адгезия к каменным материалам, стеклу, древесине. На его основе делают клеи, вододисперсионные краски, моющиеся обои.
- Поливинилхлорид. Самый распространенный в строительстве полимер. Жар текучести поливинилхлорида 180...200 °С, однако уже при нагревании больше 160 °С он начинает разлагаться с выделением HCl. В строительстве поливинилхлорид применяют для изготовления материалов для полов (различные виды линолеума, плитки), труб, погонажных изделий (поручни, плинтусы, сайдинг и т. п.) и облицовочных декоративных пленок и пенопластов [3].

Термореактивность – это свойство характерно для полимеров с пространственной структурой, переработка которых в изделия сопровождается необратимой химической реакцией, приводит к образованию нерастворимого материала. К группе термореактивных пластмасс относятся пресспорошки, волокниты и слоистые пластики. Они отличаются отсутствием хладотекучести под нагрузкой, более высокой теплостойкостью, малым изменением качеств в ходе эксплуатации. Термореактивные пластмассы перерабатывают в детали (изделия) преимущественно методом прессования[1].

Полимеры – высокомолекулярные химические соединения[2].

По отношению к нагреванию полимеры подразделяют на термопластичные и термореактивные. Термореактивные полимеры образуются при повышенной температуре и сохраняют свою структуру и твердое состояние при последующем повторном нагревании вплоть до температуры разложения. Термопластичные полимеры способны обратимо размягчаться, плавиться и затвердевать при соответствующем изменении температуры.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Только за 2019 год в Донецкой Народной Республике по официальной статистике Министерства по делам гражданской обороны чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий при пожарах погибло около 151 человека. Данные показатели заставляют задуматься о дальнейшей борьбе с огнем, а также изучении качеств материалов в целом.

Анализ гибели людей на пожарах показал, что главной причиной, вызвавшей смерть, является отравление оксидом углерода. Это связано прежде всего с тем, что оксид углерода выделяется в больших количествах при термическом разложении и горении практически всех материалов органического происхождения. Кроме того, оксид углерода приблизительно в 300 раз активнее, чем кислород взаимодействует с гемоглобином крови.

Совершенствование производства, выпуск современных машиностроительных конструкций, машин невозможны без дальнейшего развития производ-

ства металлических сплавов, которые в настоящее время являются основными материалами машиностроения. В зависимости от назначения к сплавам предъявляются различные требования. Получение тех или иных свойств определяется внутренним строением сплавов. В свою очередь строение зависит от характера предварительной обработки. Поэтому между всеми характеристиками существуют определенные связи: между составом и строением и между строением и свойствами.

Я думаю, что материаловедение как наука - дает понять каждому кто знаком с ней, либо же изучает ее, как ведут себя материалы, которые нас окружают при пожарах, катастрофах, стихийных бедствиях и чрезвычайных ситуациях.

#### Список литературы

1. Демёхин, В. Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре./ В. Н. Демёхин, И. Л. Мосалков, Г. Ф. Плюсика, Б. Б. Серков, А. Ю. Фролов, Е. Т. Шурин/ Учебник.- М.: Академия ГПС МЧС России. 2003.- 653 с, ил.
2. Картонова, Л. В., Кечин, В.А. Основы материаловедения: учеб. пособие / Л. В. Картонова, В. А. Кечин ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир, 2014. – 179 с.
3. Кушнер, В.С. материаловедение: учебное пособие для студентов вузов/ В.С. Кушнер, А.С. Верещака, А.Г. Схиртладзе; под ред. В.С. Кушнера. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. – 232 с.



УДК 378.014.15

## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПО- ТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА ЭКОНОМИКИ

Головко О. А., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам граждан-  
данской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихий-  
ных бедствий Донецкой Народной Республики г.Донецк*

*Головко О.А., Онищенко С.А. В данной статье рассматривается про-  
блема промышленных аварий на экономических объектах. Были приняты  
меры по снижению риска несчастных случаев на объектах, что позволит  
снизить негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.*

*Ключевые слова: техногенная опасность, потенциально опасные объ-  
екты, меры по предупреждению техногенных чрезвычайных ситуаций.*

*This article discusses the problem of the occurrence of industrial accidents at  
economic facilities. Measures have been taken to reduce the risks of an accident at  
the facilities, which will reduce the negative impact on the environment and human  
health.*

*Keywords: man-made danger, potentially dangerous objects, measures to pre-  
vent a man-made emergency*

### **Введение**

Одной из основных целей снижения аварийности в экономических вопросах является разработка комплекса мер по снижению потенциальных производственных рисков для организации.

Природная среда человека всегда была источником средств к существованию, и его деятельность долгое время не ощущалась всерьез. По мере развития промышленного производства человек начал проникать глубоко в природу и все больше и больше поглощать ее, не слишком заботясь о последствиях своей деятельности. Наша цивилизация усердно работала, загрязняя природную среду выбросами вредных материалов из сельского хозяйства, коммунального хозяйства, транспорта и промышленных отходов. Загрязнение окружающей среды приобрело глобальный характер и поставило человечество на грань экологической катастрофы.

Сам человек в процессе своей деятельности оказывает постоянное влияние на эту среду, что создает технологические и человеческие риски. Он воздействует на человека различными способами и может быть механическим, физическим, химическим и физиологическим.

**В целом технологические риски возникают из-за:**

- Производство отходов при эксплуатации технических систем;
- Образования отходов при эксплуатации технических систем;
- Неправильной эксплуатации технических систем;
- Дефектов, имеющихся в технических системах;
- Каких-либо неисправностей в технических системах.

Все технические неисправности системы, помимо нарушения их режимов работы, могут привести к аварийным ситуациям, которые происходят в ограниченном пространстве в течение короткого периода времени и автоматически. Это может произойти в случае повреждения зданий, сооружений, стихийных бедствий, взрывов и несчастных случаев.

Результатом воздействия болезненных факторов является гибель людей, очаговое разрушение природной среды и технологической оболочки.

Показатели качества воды резко ухудшаются из-за теплового загрязнения.

Промышленные стоки изменяют систему температуры поверхностных вод, и основными источниками этого загрязнения являются целлюлозно-бумажная промышленность, сталепрокатные заводы и электростанции. Основным глобальным ресурсом питьевой воды являются подземные воды, качество которых во многом зависит от деятельности человека.

Источниками загрязнения являются:

- Токсичные разливы;
- Аквариумы и пруды.
- Колодцы и колодцы.
- санитарные полигоны и фильтрационные поля;
- Канализация.
- подземные трубопроводы;
- Удобрения и пестициды.
- Кладбища и захоронения.
- Извлечение промышленных и других отходов.

**Типы техногенных катастроф**

Техногенные катастрофы можно разделить на следующие типы [1]:

**По субъективному отношению:**

Вызвано внешними факторами;

Из-за халатности персонала;

Вызвано неожиданными и нежелательными последствиями систематической работы технологических систем.

**По объекту:**

- «Транспорт» (крушение самолета, крушение поезда, авария и т. д.)
- «Промышленные» (взрывы и утечки токсичных веществ на химических или пищевых заводах, проникновение в трубопроводы или аварии на атомных электростанциях)

### **В месте происхождения:**

Несчастные случаи в научно-исследовательских учреждениях (в производственных компаниях), занимающихся разработкой, изготовлением, переработкой, хранением и транспортировкой бактериальных агентов, препаратов или других биологических материалов с их выпуском;

- аварии на ядерных установках инженерно-исследовательских центров с радиоактивным загрязнением территории;
- аварии на химически опасных объектах с выбросами (разливами и утечками) в ОС СДЯВ;
- аварии на атомных электростанциях с разрушением производственных объектов и радиоактивным загрязнением территории;
- инциденты связи с водой, которые привели к большому количеству человеческих жертв и загрязнению портов, прибрежных земель и внутренних водоемов токсичными веществами;
- железнодорожные столкновения или отклонения (поезда в метро), которые привели к коллективному поражению людей, массовым повреждениям рельсов или разрушению сооружений в колониях.
- авиакатастрофы, которые привели к гибели большого числа людей и требуют проведения поисково-спасательных операций;
- аварии на трубопроводах, которые привели к выбрасыванию большого количества транспортируемых материалов и загрязнению окружающей среды.

### **Пожары на предприятиях**

**Пожар** - неконтролируемое горение, наносящее материальный ущерб, жизни и здоровью граждан, а также интересам общества и государства. Причину пожаров на промышленных предприятиях можно разделить на две группы. Первое - это нарушение противопожарной системы, равнодушное противопожарное управление или нарушение правил пожарной безопасности, а второе - нарушение пожарной безопасности при проектировании и строительстве зданий. Пожары могут возникать во время взрыва в производственных помещениях или оборудовании из-за утечек, случайных пожаров и взрывоопасных сред размером с промышленные здания.

Опасности во время пожара. Первое - это повышение температуры в зоне горения. Это может вызвать термические ожоги на поверхности кожи людей и внутренних органов, а также вызвать потерю способности противостоять конструкциям и зданиям. Вторым фактором является попадание большого количества вредных продуктов сгорания в рабочую зону, что в большинстве случаев приводит к сильному отравлению людей.

**Взрыв** [1] - это быстро развивающийся физический или химический процесс, который происходит с большим выделением энергии в небольшом объеме за короткое время и приводит к ударам, вибрации и тепловому воздействию на окружающую среду из-за быстрого расширение продуктов взрыва. Взрыв в твердой среде вызывает разрушение и разрушение. При химических взрывах вещества могут быть твердыми, жидкими, газообразными, а также аэрозолями для горючих веществ в воздухе.

Взрыв материала часто связан со свободным выбросом потенциальной энергии сжатых газов из закрытых объемов машин и аппаратов; прочность на разрыв сжатого или сжиженного газа зависит от внутреннего давления этого

### **Аварии с выбросом (угрозой выброса) биологически опасных веществ БОВ**

Биологически опасные вещества BOV - вещества, которые могут вызывать массовые инфекционные заболевания у людей и животных при употреблении в небольших количествах. DIA включает патогенные микробы и бактерии, которые вызывают много особенно серьезных инфекционных заболеваний: чума, холера, оспа, сибирская язва и т.д.

#### **Катастрофы на гидротехнических сооружениях.**

Риск затопления в низких районах возникает, когда разрушаются плотины, плотины и водные станции. Непосредственной опасностью является быстрое и сильное течение воды, вызывающее повреждения, наводнения и разрушения зданий и сооружений. Жертвы происходят среди жителей, и многие из них разрушаются с высокой скоростью, и все несет большое количество проточной воды на своем пути.

Высота и скорость разрушающей волны зависят от размера разрушаемого гидротехнического сооружения и разницы в высоте в верхнем и нижнем водоемах. Для низких регионов скорость проникновения волн колеблется от 3 до 25 км / ч, в горных районах достигает 100 км / ч.

В случае аварии на плотине используются все средства оповещения населения: сирена, телевизор, телефон и громкоговоритель. После получения сигнала вы должны немедленно эвакуироваться до ближайших возвышений. Будьте в безопасном месте, пока вода не упадет, или получите сообщение о том, что опасность миновала.

При возвращении на прежние места, обратите внимание на подвесные кабели. Не ешьте пищу, которая вступает в контакт с потоками воды. Не берите воду из открытых колодцев. Прежде чем войти в дом, вы должны внимательно осмотреть его и убедиться, что нет опасности его разрушения. Перед входом в здание обязательно проверьте его. Не используйте спички, возможно, газ. Сделайте все возможное, чтобы высушить здание, полы и стены и удалить любые влажные загрязнения.

#### **Авария с выбросом (угроза выброса) радиоактивного материала (ВР).**

Воздействие радиации ведет к гибели живых существ. В результате лучевой терапии развивается лучевая болезнь, которая нарушает генетику организма. Возникновение радиации связано с работой учреждений, использующих радиоактивные материалы, а также с авариями на ядерных установках и с деятельностью организаций по обработке и удалению радиоактивных отходов.

**Основными видами деятельности, осуществляемыми административными органами и полномочиями единой государственной системы, являются[3]:**

а) в распорядке дня:

- изучать состояние окружающей среды, прогнозировать чрезвычайные ситуации и оценивать риск чрезвычайных ситуаций и его возможные последствия;
- собирать, обрабатывать и обмениваться информацией в установленном порядке в области защиты людей и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности;
- Разработка и внедрение целевых научно-технических программ и процедур для предотвращения аварийных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности. - планировать процедуры работы административных органов и полномочий единой государственной системы, организовывать подготовку и представление их деятельности;
- подготовить население к экстренным действиям, в том числе при получении аварийных предупредительных знаков;
- пропаганда знаний в области защиты людей и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности;
- управление созданием, размещением, хранением и пополнением запасов материальных ресурсов для реагирования на чрезвычайные ситуации;
- проведение в пределах своих полномочий государственной экспертизы генеральных планов застройки городских и сельских населенных пунктов, проектной документации на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт, техническое переоснащение объектов производственного и иного назначения, хозяйственная деятельность которых при определенных обстоятельствах может повлечь возникновение чрезвычайной ситуации, надзора и контроля в сфере защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности;
- осуществлять необходимые виды страхования в пределах своих полномочий; принять меры для подготовки к эвакуации жителей и материальных и культурных ценностей в безопасные районы, а также депонировать и вернуть их в места постоянного проживания или хранения, а также поддержать жизнь населения в ситуациях чрезвычайным ситуациям;
- готовить статистические отчеты о чрезвычайных ситуациях, участвовать в расследовании причин аварий и катастроф, а также разрабатывать меры по устранению причин этих аварий и катастроф;
- б) в режиме повышенной готовности:
  - усиление контроля за состоянием окружающей среды, прогнозирование возникновения чрезвычайных ситуаций и их последствий;
  - введение при необходимости круглосуточного дежурства руководителей и должностных лиц органов управления и сил Единой государственной системы на стационарных пунктах управления;
  - непрерывный сбор, обработка и передача органам управления и силам Единой государственной системы данных о прогнозируемых чрезвычайных ситуациях, информирование населения о приемах и способах защиты от них;
  - принятие оперативных мер по предупреждению возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, снижению размеров ущерба и потерь в случае их воз-

никновения, а также повышению устойчивости и безопасности функционирования организаций в чрезвычайных ситуациях;

- уточнение планов действий (взаимодействия) по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и иных документов;

- приведение при необходимости сил и средств Единой государственной системы в готовность к реагированию на чрезвычайные ситуации, формирование оперативных групп и организация выдвижения их в предполагаемые районы действий;

- восполнение при необходимости резервов материальных ресурсов, созданных для ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- проведение при необходимости эвакуационных мероприятий;

в) в режиме чрезвычайной ситуации:

- непрерывный контроль за состоянием окружающей среды, прогнозирование развития возникших чрезвычайных ситуаций и их последствий;

- оповещение руководителей органов государственной власти, органов местного самоуправления и организаций, а также населения о возникших чрезвычайных ситуациях; - мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций;

- обеспечению действий сил и средств Единой государственной системы, поддержанию общественного порядка в ходе их проведения, а также привлечению при необходимости в установленном порядке общественных организаций и населения к ликвидации возникших чрезвычайных ситуаций;

- непрерывный сбор, анализ и обмен информацией об обстановке в зоне чрезвычайной ситуации и в ходе проведения работ по ее ликвидации;

- организация и поддержание непрерывного взаимодействия органов государственной власти, органов местного самоуправления и организаций по вопросам ликвидации чрезвычайных ситуаций и их последствий;

- проведение мероприятий по жизнеобеспечению населения в чрезвычайных ситуациях.

### **Вывод**

Чрезвычайные ситуации техногенного характера являются одной из главных причин загрязнения окружающей среды и могут нанести непоправимый вред как среде так и здоровью человека. Именно поэтому необходимо как можно больше внимания уделять мероприятиям по предупреждению и ликвидации ЧС техногенного характера, улучшать модернизировать системы безопасности на потенциально опасных объектах экономики, использовать оборудование с минимальным процентом риска, использовать передовые технологии, обучать граждан и сотрудников предприятия действиям при возникновении опасности. Все эти мероприятия могут существенно снизить вероятность возникновения аварии, что может предотвратить чрезвычайную ситуацию.

Список литературы

1. Википедия — свободная энциклопедия [Электронный ресурс]: режим доступа - <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
2. Закон “О гражданской обороне” №07-ІНС от 13.02.2015 [Электронный ресурс]: режим доступа - <https://gisnra-dnr.ru/nra/0002-07-ihc-20150213/>
3. Закон “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” № 11-ІНС от 20.02.2015[Электронный ресурс]: режим доступа - <https://gisnra-dnr.ru/nra/0002-11-ihc-20150220/>
4. МЧС ДНР офиц. сайт. [Электронный ресурс]: режим доступа. – <http://dnmchs.ru/>
5. Постановление № 5-11 от 09.04.2015 г. “Об утверждении Положения о Единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций”; [Электронный ресурс]: режим доступа. – <https://gisnra-dnr.ru/nra/0003-5-11-2015-04-09/>

УДК 620.181.4

## ОГНЕГАСЯЩИЙ ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Гончаров А. В., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г.Донецк*

*Гончаров А.В., Онищенко С.А. В статье рассмотрен полимерный материал относящийся к средствам пожаротушения. Также описан способ получения огнегасящего композиционного материала. Указаны перспективы использования данного полимера.*

*Ключевые слова: композиционный материал, микрокапсула, компонент, средство.*

*Annotation. The article discusses a polymer material related to fire extinguishing means. Also described is a method for producing a fire-extinguishing composite material. The prospects for using this polymer are indicated.*

*Key words: composite material, microcapsule, component, agent.*

**Введение:** Описан огнегасящий композиционный материал, изготовленный из композиции, отверждаемой при комнатной температуре, включающей низкомолекулярный диметилсилоксановый каучук СКТН в качестве связующего, катализатор холодного отверждения силоксанового каучука; окислитель перхлората аммония, сухие объемные микрокапсулы с сердцевиной огнетушащего агента, заключенного в полимерную оболочку, отличающийся тем, что в качестве катализатора горения используют ферроцен при следующем соотношении компонентов композиции, масс.%.Н: низкомолекулярный диметилсилоксановый Каучук СКТН -17, перхлорат аммония - 18, микрокапсул с огнетушащим веществом-65 , отвердитель этилсиликатный-32 - 0,1-1, катализатор холодного отверждения силоксанового каучука-дибутилоловадилауринат-0,05-0,5, катализатор горения ферроценовый-0,05-2 [2]. Описан также способ получения огнетушащего композиционного материала.

Изложение основного материала исследования

Как известно, полимерные материалы, наряду с целым комплексом технически ценных, иногда уникальных функциональных свойств, обладают таким существенным недостатком, как их горючесть. Наиболее распространенным методом снижения горючести материалов является введение в полимерную матрицу различных антипирогенных веществ, обычно содержащих фосфор и



галлогены . Однако это техническое решение не решает проблему предотвращения горючести полимеров. В данной работе было выбрано новое направление: микрокапсулирование жидких летучих антипиренов (фреонов) и их использование в этом виде в качестве огнетушащих наполнителей полимерных матриц. Настоящее изобретение относится к огнетушащим средствам, в том числе порошкообразным микрокапсулированным огнетушащим средствам, содержащим огнетушащий агент в виде микрокапсул. Композиционное огнетушащее средство, содержащее огнетушащее средство в виде микрокапсул, предназначенное для тушения пожаров без участия человека в труднодоступных пожароопасных местах. Микрокапсулированный огнетушащий агент содержит микрокапсулу, состоящую из сферической полимерной оболочки и сердцевины огнетушащей жидкости, при этом оболочка содержит дополнительный наружный слой, имеющий максимальный коэффициент поглощения лучистой энергии для этого вида покрытия. ОГПСМ по своей функции сочетает в себе характеристики автономных автоматических инерционных систем пожаротушения с одной стороны, и негорючих веществ с другой [3]. Основным преимуществом предлагаемой системы является возможность активного подавления источника возгорания (как на поверхности, так и внутри объекта) и ликвидации пожара на начальном этапе. ОГПСМ работает независимо от систем сигнализации, автоматического управления системами пожаротушения, аварийных отключений электроэнергии, "человеческого фактора" и др. Впервые предложенный материал, который является не только пассивным и трудносгораемым, но и реактивным, реагирующим на повышение температуры или воздействие огня путем немедленного (неинерционного) выброса в окружающую среду мощного газифицирующего огнетушителя (например), что приводит к быстрому (обычно за несколько десятков секунд) тушению пожара. Недостатком вышеуказанного изобретения, содержащего поливинилацетатный дибутилфталатный полимер и насыщенный алифатический углеводород, содержащий галоген (фреон) класса хладагента, является использование компонента, образующего токсичные отходы. Также возможно изготовление микрокапсулы, имеющую сердцевину огнетушащей жидкости, расположенную внутри сферической полимерной оболочки, выполненной из пространственно сшитого полимера. Наиболее близким аналогом в качестве прототипа является противопожарный композит, содержащий микрокапсулы, оболочка которых выполнена из полимочевины, а сердцевина - из углерода [3]. Этот недостаток можно рассматривать как недостаточную эффективность тушения и количество компонентов, образующих токсичные отходы. Технический результат изобретения заключается в получении противопожарного композиционного материала, устраняющего недостатки опытного образца. В то же время заявленный новый материал обладает более высокой эффективностью закалки, заключающейся в использовании уменьшенного количества перхлората аммония (по сравнению с известными аналогами), а для этого горения скорости, стабильности и полноты сгорания первого вещества ферроцена входит в структуру и, в силу правил физико-механических свойств, требуется широкое предельное время отверждения отвердителя. Технический

результат обеспечивается тем, что использование пониженного содержания компонентов, а также совместное использование компонентов-перхлората аммония, ферроцена и этилсиликата - 32 наряду с дибутилоловадилаурином, обеспечивает заданные физико-механические свойства[1]. Также достигается тем, что заявленный огнетушащий композиционный материал выполнен из отверждаемых при комнатной температуре композиций, содержащих в качестве связующего низкомолекулярный диметилсилоксановый Каучук СКТН, катализатор холодного отверждения силиконового каучука, окислитель, перхлорат аммония, сухие объемные микрокапсулы с сердцевинной огнетушащего агента, заключенного в полимерную оболочку, и катализатор горения ферроцена при следующем соотношении компонентов композиции, масс.%. Н: низкомолекулярный диметилсилоксановый Каучук СКТН - 17; перхлорат аммония - 18; микрокапсул с огнетушащим веществом- 65. [2] В другом аспекте настоящего изобретения представлен способ изготовления противопожарных композиционных материалов, включающий следующие стадии а) получение порошка сухих сыпучих капсул огнетушащего агента путем сушки их водной дисперсии; б) подготовка окислителя перхлората аммония путем сушки и измельчения его в сепараторы (можно добавить любую текучую добавку); в) подготовка связующего путем смешивания диметилсилоксанового каучука с катализатором холодного отверждения, измельченным катализатором горения и отвердителем; г) смешивание связующего с стадии б) с окислителем из стадии в). ОГПКМ может быть изготовлен в виде пасты холодного отверждения для покрытия и заполнения объемов, пластин различных размеров и толщин, изделий разных форм, покрытие ткани. Его физико-механические характеристики могут варьироваться от твердых и прочных композиционных материалов до высокоэластичных. Отдельные стендовые и натурные испытания ОГПКМ проводились на макетах авиационных транспортных отсеков, элементах электровозов (железнодорожного транспорта), кабельных путях, кабелях, проводах и прочем электрооборудовании, контейнерах с пожароопасными продуктами или документами на бумаге. Все испытания показали высокую эффективность ОГПКМ, тушение пожаров в течение нескольких десятков секунд или отсутствие горения, а также сохранность объектов в контейнерах, защищенных ОГПКМ в пожарных условиях.

Выводы и перспективы дальнейших исследований

Таким образом, предлагаемая композиция содержит пониженное количество перхлората аммония, что обеспечивает пониженное количество токсичного хлористого водорода в продуктах сгорания композита. Для регулировки скорости, полноты и стабильности горения композицию наносят на ферроцен. Для получения требуемых физико-механических свойств и времени отверждения в широком диапазоне вместо готового катализатора холодного отверждения была использована система из двух отдельных компонентов- отвердителя ( этилсиликат- 32) и ускорителя холодного отверждения -(дибутилоловадилаурином). В заключении можно отметить, что применение огнетушащих композиционных материалов весьма перспективно (особенно если они создаются преднамерен-

но). В целом результаты проведенного исследования свидетельствуют о перспективах более широкого применения композиционных материалов при ликвидации пожаров и их тушении без участия людей в сложных пожароопасных местах.

#### Список литературы

1. Мэттьюз, Ф. Композитные материалы. Механика и технология./ Ф. Мэттьюз, Р.Ролингс. – Москва: Техносфера, 2004. – 408 с.
2. Поиск патентов и изобретений РФ и СССР [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Электрон. дан.- Москва, 2012. - Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/263/2631865.html> – Дата обращения: 12.04.2020. - Загл. с экрана.
3. Сафин, В.Н. Композиционные материалы [Текст лекций] - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. - 36 с.: ил.

УДК 620.22 , 614.842.3

## МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОЖАРА, ОСНОВАННЫЕ НА ЗНАНИИ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Григорьев Б. А., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Григорьев Б.А., Онищенко С.А. В статье проанализировано применение знаний свойств традиционных и вновь создаваемых материалов, особенностей их поведения при обычных температурах, а также при повышенных температурах в условиях пожара,*

*Ключевые слова: Материаловедение, пожарная тактика, тушение, пожар, огнестойкость, материал, тушение пожара, обеспечение, предотвращение, ликвидация*

*Annotation. The article analyzes the application of knowledge of the properties of traditional and newly created materials, their behavior at normal temperatures, as well as at elevated temperatures in fire conditions,*

*Keywords: materials Science, fire tactics, extinguishing, fire, fire resistance, material, fire extinguishing, provision, prevention, elimination*

**Введение.** Материаловедение и технология материалов является наукой о строении, свойствах и технологии создания материалов. Эта область знаний относится к числу основополагающих инженерных дисциплин, поскольку изготовление традиционных и разработка новых материалов, изучение их свойств и способы их обработки являются основой

современного производства. Достаточный уровень знаний в области материаловедения и технологии материалов является важнейшим показателем образованности инженера. Знание свойств традиционных и вновь создаваемых материалов, особенностей их поведения при обычных температурах, а также при повышенных температурах в условиях пожара, необходимо при проектировании и безопасной эксплуатации различных объектов[2].

Свойства материалов делятся на физические, химические, механические, технологические и специальные. Ежедневно в России происходило 432 пожара, в которых погибало 32 человека, а 33 гражданина получали травмы. Материальные потери в расчете на 1 день составляют: 106 построек (зданий или сооружений) и 22 единицы техники, а общий финансовый ущерб исчислялся суммой 31,8 миллионов рублей [1,3].

**Изложение основного материала.** Обеспечение пожарной безопасности при всей важности предупреждения пожаров невозможно без тушения пожа-

ров оперативными подразделениями, организация применения которых является предметом изучения пожарной тактики.

На сегодняшний день очень актуальны знания, умения и навыки, полученные при изучении курса материаловедения в целях предотвращения и ликвидации пожаров. Они необходимы при разработке документов предварительного планирования действий по тушению пожаров и организации действий пожарного подразделения по тушению пожаров.

Под пожаром понимают неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства. Пожар представляет собой совокупность физико-химических процессов, основным из которых является горение.

Можно выделить следующие виды пожаров:

- на открытом пространстве - распространяющиеся, не распространяющиеся (локальные) и массовые;

- в ограждениях - открытые и закрытые [4].

При развитии пожара в помещении различают три стадии: начальную, основную и конечную. Начальная стадия продолжается от начала горения до охвата пламенем всего помещения. В начале второй, основной, стадии пожара при наличии достаточного притока воздуха увеличивается скорость выгорания горючих веществ, теплота пожара, растет температура газовой среды. Пожар чаще всего является регулируемым нагрузкой. Возникший перепад давления по высоте помещения способствует проникновению кислорода воздуха и вытеснению продуктов горения - газообмену на пожаре. Через некоторое время прекращается изменение параметров процессов тепло- и газообмена, температура достигает максимального значения (500-900С). На этой стадии выгорает 80-90 % пожарной нагрузки. Конечная стадия. При свободном развитии пожара горючие материалы постепенно выгорают, и пожар переходит в стадию затухания. Пожар считается локализованным, когда площадь пожара перестала расти, отсутствует угроза людям и животным и имеющихся сил и средств достаточно для ликвидации пожара. Пожар считается ликвидированным, когда горение прекращено во всех формах. Параметры пожара - числовые показатели, характеризующие основные явления, сопровождающие пожар. Современные научные методы прогнозирования ОФП основываются на математическом моделировании, т. е. на математических моделях пожара. Математическая модель пожара описывает в самом общем виде изменение параметров состояния среды в помещении в течение времени, а также изменение параметров состояния ограждающих конструкций этого помещения и различных элементов технологического оборудования. Основные уравнения, из которых состоит математическая модель пожара, вытекают из фундаментальных законов природы – первого закона термодинамики, закона сохранения массы и закона сохранения импульса. Эти уравнения отражают и увязывают всю совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных процессов, присущих пожару, таких, как тепловыделение в результате горения, дымовыделение в пламенной зоне, изменение оптических свойств газовой среды, выделение и распространение токсичных газов,

газообмен помещения с окружающей средой и со смежными помещениями, теплообмен и нагревание ограждающих конструкций, снижение концентрации кислорода в помещении.

Методы прогнозирования опасных факторов пожаров (ОФП различают в зависимости от вида математической модели пожара. Математические модели пожара в помещении условно делятся на три класса (три вида): интегральные, зонные, полевые (дифференциальные)[4].

Интегральная модель пожара позволяет получить информацию, т. е. сделать прогноз о средних значениях параметров состояния среды в помещении для любого момента развития пожара. При этом для того чтобы сопоставлять (сравнивать) средние (т. е. среднеобъемные) параметры среды с их предельными значениями в рабочей зоне, используются формулы, полученные на основе экспериментальных исследований пространственного распределения температур, концентраций продуктов горения, оптической плотности дыма и т. д. Зонная модель позволяет получить информацию о размерах характерных пространственных зон, возникающих при пожаре в помещении, и средних параметрах состояния среды в этих зонах.

В качестве характерных пространственных зон можно выделить, например, в начальной стадии пожара припотолочную область пространства, область восходящего над очагом горения потока нагретых газов и область незадымленной холодной части пространства. Полевая (дифференциальная) модель позволяет рассчитать для любого момента развития пожара значения всех локальных параметров состояния во всех точках пространства внутри помещения [4].

Перечисленные модели отличаются друг от друга объемом той информации, которую они могут дать о состоянии газовой среды в помещении и взаимодействующих с нею конструкций на разных этапах (стадиях) пожара. В этом отношении наиболее детальные сведения можно получить с помощью полевой модели. В математическом отношении три вышеназванных вида моделей пожара характеризуются разным уровнем сложности.

Интегральная модель пожара в своей основе представлена системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Искомыми функциями выступают среднеобъемные параметры состояния среды, независимым аргументом является время  $t$ . Основу зонной модели пожара в общем случае составляет совокупность нескольких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Параметры состояния среды в каждой зоне являются искомыми функциями, а независимым аргументом – время  $t$ . Искомыми функциями являются также координаты, определяющие положение границ характерных зон. Наиболее сложной в математическом отношении является полевая модель. Ее основу составляет система уравнений в частных производных, описывающих пространственно-временное распределение температур и скоростей газовой среды в помещении, концентраций компонентов этой среды (кислород, оксид и диоксид углерода и т. д.), давлений и плотностей. Эти уравнения включают реологический закон Стокса, закон теплопроводности Фурье, закон диффузии, закон радиационного переноса и т. п. В более общем случае к этой системе уравнений добавляется

дифференциальное уравнение теплопроводности, описывающее процесс нагревания ограждающих конструкций. Искомыми функциями в этой модели являются плотность и температура среды, скорость движения газа, концентрации компонентов газовой среды, оптическая плотность дыма (натуральный показатель ослабления света в дисперсной среде) и т. д. Независимыми аргументами являются координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и время  $t$ . Следует подчеркнуть, что основные дифференциальные уравнения всех названных математических моделей пожара вытекают из неопровержимых фундаментальных законов природы. В связи с этим уместно указать, что основные дифференциальные уравнения интегральной модели пожара можно получить, например, из уравнений полевой (дифференциальной) модели путем интегрирования последних по объему помещения. Следовательно, в принципе, результаты вычислений искомых функций, с которыми оперирует та или иная модель пожара, должны были бы иметь одинаковую степень достоверности. Однако адекватность результатов расчетов реальному пожару определяется не только системой основных (базовых) уравнений каждой модели пожара. Дело в том, что в каждой модели привлекаются дополнительные функциональные зависимости для вычисления тех или иных физических величин, содержащихся в математическом описании пожара. Например, в полевой модели могут привлекаться различные дополнительные уравнения для вычисления коэффициентов турбулентного переноса энергии, импульса и компонентов газовой среды. В интегральной и зонной моделях могут использоваться различные формулы для вычисления тепловых потоков в ограждающие конструкции. Поэтому при оценке достоверности результатов прогнозирования необходимо прежде всего учитывать уровень научных разработок вопросов, определяющих содержание дополнительных функциональных зависимостей. Чтобы сделать научно обоснованный прогноз, обращаются к той или иной модели пожара. Выбор модели определяется целью (задачами) прогноза [4]. Путем решения системы дифференциальных уравнений, которые составляют основу выбранной математической модели, устанавливают конкретный характер динамики ОФП. Следует отметить, что даже при использовании интегральной модели пожара получить аналитическое решение присущей этой модели системы обыкновенных дифференциальных уравнений в общем случае невозможно. В силу сказанного реализация вышеназванных методов прогнозирования возможна лишь путем численного решения системы дифференциальных уравнений, присущих выбранной модели пожара. Это численное решение можно выполнить только с помощью современных компьютеров. Именно поэтому разработка и реализация математических моделей пожара началась сравнительно недавно [4].

При пожаре в зоне горения выделяется теплота. Внутри зоны горения теплота расходуется на нагрев горючей системы, способствует продолжению процесса горения, а в окружающей среде тепловые потоки воздействуют на горючие материалы, конструкции и при определенных условиях могут вызвать воспламенение их или деформацию.

Тушение пожара заключается в том, чтобы конкретными действиями добиться такого понижения температуры в зоне реакции, при которой горение прекратится. Абсолютный предел такой температуры называется температурой потухания.

В процессе тушения пожара условия потухания создаются:

1. охлаждением зоны горения или горящего вещества;
2. изоляцией реагирующих веществ от зоны горения;
3. разбавлением реагирующих веществ;
4. химическим торможением реакции горения.

Вид и характер выполнения действий в определенной последовательности, направленных на создание условия прекращения горения, называют способом тушения пожара. Способы тушения пожаров по принципу, на котором основано условие прекращения горения, подразделяются на четыре группы:

- способы, основанные на принципе охлаждения зоны горения или горящего вещества: охлаждение зоны горения до температуры ниже температуры самовоспламенения или понизить температуру горящего вещества ниже температуры воспламенения;

- способы, основанные на принципе изоляции реагирующих веществ от зоны горения: изоляция очага горения от кислорода воздуха (для большинства горючих материалов при концентрации кислорода менее 14% процесс горения прекращается; механическое сбивание пламени с очага горения; создание огнепреграждения на пути распространения пламени; изоляция горючих веществ от зоны горения;

- способы, основанные на принципе разбавления реагирующих веществ: разбавление реагирующих веществ негорючими веществами;

- способы, основанные на принципе химического торможения реакции горения: торможение (ингибирование) скорости горения (замедление реакции окисления).

**Выводы.** Знания, приобретённые при изучении курса Материаловеденье являются достаточно весомыми для применения их на практике предотвращения и ликвидации пожара.

Знания, умения и навыки, полученные при изучении курса Материаловеденье, будут полезными при разработке документов предварительного планирования действий по тушению пожаров и организации действий ПП по тушению пожаров. Обеспечение пожарной безопасности при всей важности предупреждения пожаров невозможно без тушения пожаров оперативными подразделениями, организация применения которых является предметом изучения курса Материаловеденье

#### Список литературы

1. Губанов, В. М. Чрезвычайные ситуации социального характера и защита от них: учеб. пособие / В. М. Губанов, Л. А. Михайлов, В. П. Соломин. – Москва : Дрофа, 2007. – 285 с.
2. Материаловедение: учеб. для студентов вузов / В. С. Кушнер, А. С. Верещака, А. Г. Схиртладзе, Д. А. Негров, О. Ю. Бургонова.; под ред. В. С. Кушнера. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. – 232 с.
3. Министерство энергетики Российской Федерации : офиц. сайт. – Электрон. дан. – Москва, 2008-2019. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1343>
4. Пожарная тактика : Основы тушения пожаров : учеб. пособие / В. В. Терещнев, А. В. Подгрушный. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. – 322 с.



УДК 378.178

## ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОГО ОГНЕГАСЯЩЕГО ВЕЩЕСТВА

Гурзу П. А., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Гурзу П.А., Онищенко С.А. Особую актуальность сегодня обретают вопросы, связанные с инновационными технологиями пожарной безопасности. Термин «пожарная безопасность» подразумевает комплекс мер, включающих возможность пожара, а в случае его возникновения — устранение негативного влияния опасных факторов пожара не только на сооружения и материальные ценности, но и на людей и сотрудников, находящихся на защищаемых территориях. В современных условиях следует находить наиболее эффективные, экономически целесообразные и технически обоснованные способы и средства предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом. Мы рассмотрим о новом газовом огнетушащем веществе, которое решает весь комплекс этих задач и вопросов.*

*Ключевые слова: Новек 1230, пожаротушение, огнетушащее вещество, охлаждение.*

*Abstract. Issues related to innovative fire safety technologies are of particular relevance today. The term "fire safety" implies a set of measures that exclude the possibility of fire, and in case of its occurrence — the elimination of the negative impact of fire hazards not only on structures and material values, but also on people and employees located in protected areas. In modern conditions, it is necessary to find the most effective, economically feasible and technically sound ways and means to prevent fires and eliminate them with minimal damage. We will consider a new gas extinguishing agent that solves the entire complex of these problems and issues.*

*Key words: Novec 1230, firefighting, fire extinguishing agent, cooling.*

### Введение

Газовые системы пожаротушения придуманы давно. Но раньше в них использовался опасный для человека углекислый газ, затем – вредные для окружающей среды хладоны. В 1993 году, когда хладон 114 был запрещен, сотрудники американской компании 3М, которая специализируется на разработке систем противопожарной безопасности, приступили к поиску нового вещества, безопасного для окружающей среды и человека. Новек 1230 был представлен

публике лишь в 2004 году. Но ждать его появления 11 лет, безусловно, стоило. Его называют самым чистым газом в истории человечества. Безопасный для окружающей среды, человека, техники и документов, этот газ выполняет свою работу идеально.

### **Изложение основного материала**

По некоторым данным, 67% аварий, произошедших в различное время на российских и зарубежных химических и нефтехимических промышленных предприятиях, было вызвано неисправностью оборудования, контрольно-измерительных приборов и систем автоматического управления процессами, а 17% аварий — неимением систем предотвращения пожаров и противопожарной защиты. Из этого следует, что около 84% аварий можно было предотвратить [1].

Применение данного вещества имеет широкий спектр из-за своих уникальных свойств. Те, кто хотя бы раз сталкивался с последствиями тушения возгорания, даже небольшого, непременно оценят преимущества сухой воды.

Производство этого химического соединения является несложным и недолгим процессом. Вода и кремний на высокой скорости смешиваются в течение 1,5 минуты, после чего оно уже готово к применению.

По итогам опыта: сухая вода к простой воде имеет такое же отношение как мел к муке. Основным свойством являются то, что это прозрачные жидкости без вкуса. А вот дальше все сходства заканчиваются. Формула Новек 1230  $\text{CF-CF-C(O)CF(CF)}$  на химическую формулу воды не сильно похожа, окислителем в этом случае является фтор (в воде — кислород).

В состав сухой воды входит: углерод, фтор и кислород. На самом деле она не является настоящей жидкостью. Это вещество представляет собой порошок с уникальными свойствами.

В состав сухой воды входит 95% простой воды, но при этом на вид оно напоминает сахарную пудру. Каждую частичку порошка покрывает уникальная оболочка, состоящая из диоксида кремния. Соединение молекул кислорода и кремния в этом веществе является очень устойчивым. Диоксид кремния предотвращает растекание и соединение капель воды между собой. Частички этого вещества очень маленькие. Их размер не превышает 1 микрона.

Данное вещество считается чистым газом, который способен предотвратить возгорание, и не испортит технику, документы и так далее. Надо отметить, что в процессе тушения пожара данным газом уровень кислорода остается неизменным. Это способствует быстрой эвакуации людей из помещения.

Добавим, что сухая вода имеет слабовыраженный запах, а еще он весит почти в полтора раза больше при сравнении с обычной водой [1].

Принцип работы систем газового пожаротушения с применением Новек 1230 основан на охлаждении с отводом тепла из очага возгорания.

Новек 1230 обладает удивительным свойством — температура кипения Новек 1230 составляет 49°C, (а замерзания – 180°C) поглощая тепло из области источника возгорания. Такое свойство незаменимо на первоначальной стадии возникновения пожара, ведь даже минимальная концентрация газа в окружаю-

щей среде дает возможность моментально отводить тепло. Под действием ультрафиолетовых лучей сухая вода распадается.

В структуре молекулы этого огнетушащего вещества отсутствует водород, в связи с чем Новек 1230 обладает рядом уникальных характеристик (нулевой электрической проводимостью, точкой кипения  $+49^{\circ}\text{C}$ , а замерзания  $-180^{\circ}\text{C}$ , отсутствием намокания веществ и материалов), вследствие которого удается эффективно бороться с пожаром. Это огнетушащее вещество не проводит электрический ток, т.е. оно является диэлектриком, поскольку его диэлектрическая проницаемость составляет всего 2,3 единицы.

К преимуществам газа Новек 1230 можно отнести:

1. 100 % защищенность для людей. Этот газ считается совершенно нетоксичным, при этом выпуск этого газового огнетушащего вещества не уменьшает концентрацию кислорода в атмосфере.
2. Обеспечение сохранности ценностей, книг, произведений искусства после использования «Новек 1230».
3. Быстрый этап разрушения в окружающей среде (не более 5 дней).
4. Нулевой потенциал озоноразрушения.
5. Отсутствие коррозионных свойств.
6. Токонепроводимость.
7. Простоту монтажа, а также простоту дальнейшей эксплуатации.
8. Защищенность для окружающей среды. Это огнетушащее вещество не разрушает озоновый слой.
9. Моментальную ликвидацию пожара [2].

Данное вещество не побуждает коррозии металлических поверхностей, молниеносно испаряется. Сухая вода обладает высокой эффективностью тушения пожара — время, нужное для ликвидации огня, не превышающее 10–20 секунд. Подобные предпочтительные характерные черты обеспечивают применение газового огнетушащего вещества Новек 1230 в установках газового пожаротушения.

В конструкциях газового пожаротушения сухая вода помещается в специальные баллоны. В случае срабатывания устройства при возникновении пожара газ перемещается по трубопроводам и через насадки освобождается в помещение.

Следует принять во внимание высокую эффективность, которую демонстрирует сухая вода, так как пожаротушение очага возгорания класса А занимает всего 10 секунд. А также следует принять во внимание то, что габариты установки, необходимой для контроля помещения, гораздо компактнее, а количество баллонов значительно меньше. Рабочее давление всего 25бар, вместо необходимых для газовой системы 250 – 300бар. Это упрощает и удешевляет как монтаж, так и дальнейшее обслуживание.

Некоторые ученые рассчитывают, что Новек 1230 может стать панацеей в борьбе с глобальным потеплением. Эта идея возникла благодаря ее уникальному свойству впитывать различные газы. Так как парниковый эффект связывают с выделением в атмосферу различных химических соединений, то сухую воду можно использовать для их абсорбирования [2].

По настоящее время сих пор еще не разработана технология, которая позволила бы внедрить эту идею в жизнь.

Новек 1230 хранят в открытой таре не более пяти суток, поскольку оно легко разрушается в окружающей среде. Сухую воду очень важно держать в герметичных специальных баллонах при низком давлении. Сухая вода во время хранения в баллонах под давлением переходит в жидкое состояние, а при распылении – в газообразное. В домашних условиях такое вещество невозможно приготовить.

### **Возможности применения сухой воды**

Исходя из того, что вода хорошо впитывает газы, а сухая вода – в несколько раз лучше, ученые решили разработать способы безопасного хранения газового топлива для автомобилей, которые работают на метане. Гидрат метана – один из видов альтернативного топлива, который будет безопаснее, удобнее в транспортировке и хранении.

Технологии производства, разработанные на основе использования сухой воды, могут ускорить и удешевить процесс выпуска продуктов и товаров. При этом будут сохраняться природные ресурсы.

Обращая вероятно небезопасные жидкости в порошок, сухая вода осуществит их хранение и транспортировку более удобной. А порошкообразная форма уменьшит риск попадания вредных элементов в атмосферу.

**Английский учёный доктор Бен Картер из Университета Ливерпуля**, высказал предположение, что в смесь можно добавить вещество, способное превратить воду в гель. В таком случае ее можно будет использовать не один раз, как сухую, а несколько.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Из этой статьи можно сделать вывод о том, что изучение курса материаловедения необходимо для полного понимания процессов и изменений, которые происходят с материалами в условиях пожара или аварии и для успешной борьбы с ними.

### **Список литературы**

1. Буланов, К. В. Безопасное пожаротушение в нефтехимической промышленности. Революционная альтернатива хладонам // Control Engineering. Россия . Февраль - 2014. Вып. №1, с.21.
2. Петрянов, И.В. Самое необыкновенное вещество в мире // Химия и жизнь. 2007. №1, с.18.

УДК 614.8+699.8(075.8)

## ТЕПЛОТЕХНИКА В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

Капля К. Б., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г.Донецк*

*Капля К.Б., Онищенко С.А. В природе и технике очень часто осуществляются основные процессы распространения тепла (теплопроводность, конвекция и тепловое излучение).*

*В энергетике процессы теплообмена часто происходят между различными теплоносителями, разделенными твердой поверхностью. Процесс теплопередачи от горящего теплоносителя (нагрев) к холодному (нагретому) через разделяющую их стенку называется теплопередачей. Процесс теплопередачи осуществляется различными примитивными процессами теплопередачи, которые происходят одновременно. В случае протекания процесса теплообмена между поверхностью и газом теплоносителя следует учитывать тепловое излучение. Внутреннее теплоснабжение и отопление зданий осуществляется от централизованных и автономных источников тепла, индивидуальных теплогенераторов, печей, каминов и приборов централизованного теплоснабжения.*

*Ключевые слова: Отопление, вентиляция, теплопроводность, технологический процесс, теплогенератор, температура*

*In nature and technology, the main processes of heat propagation (thermal conduction, convection and thermal radiation) are very often carried out.*

*In power engineering, heat transfer processes often occur between different heat carriers separated by a solid surface. The process of heat transfer from a burning coolant (heating) to a cold (heated) through the wall separating them is called heat transfer. The heat transfer process is carried out by various primitive heat transfer processes that occur simultaneously. In the case of a heat transfer process between the surface and the coolant gas, heat radiation should be taken into account. Internal heat supply and heating of buildings is carried out from centralized and autonomous heat sources, individual heat generators, stoves, fireplaces and district heating devices.*

*Key words: Heating, ventilation, thermal conductivity, technological process, heat generator, temperature.*

## **Введение**

В природе и технике очень часто осуществляются основные процессы распространения тепла (теплопроводность, конвекция и тепловое излучение).

В энергетике процессы теплообмена часто происходят между различными теплоносителями, разделенными твердой поверхностью. Процесс теплопередачи от горящего теплоносителя (нагрев) к холодному (нагретому) через разделяющую их стенку называется теплопередачей. Процесс теплопередачи осуществляется различными примитивными процессами теплопередачи, которые происходят одновременно. В случае протекания процесса теплообмена между поверхностью и газом теплоносителя следует учитывать тепловое излучение. Внутреннее теплоснабжение и отопление зданий осуществляется от централизованных и автономных источников тепла, индивидуальных теплогенераторов, печей, каминов и приборов централизованного теплоснабжения.

Для обеспечения нормируемых параметров микроклимата в помещениях жилых, общественных и административных зданий и чистоты воздуха в рабочей зоне производственных и складских зданий применяются общие системы вентиляции, кондиционирования и кондиционирования воздуха для групп помещений, расположенных на разных этажах.

## **Изложение основного материала**

Отопление-это искусственное отопление помещений с целью уменьшения теплопотерь в них и поддержания температуры воздуха, соответствующей условиям теплового комфорта для людей или требованиям технологического процесса.

Проекты отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны включать технические решения, обеспечивающие взрывопожарную и пожаробезопасность систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Проекты должны включать в себя количество рабочих для эксплуатации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Горячие поверхности отопительного и вентиляционного оборудования, трубопроводов и воздухопроводов, расположенных в помещениях, где они создают опасность воспламенения газов, паров, аэрозолей или пыли, следует изолировать при условии, что температура на поверхности теплоизоляционной конструкции не менее чем на 20% ниже температуры самовоспламенения.

Системы отопления классифицируются по ряду характеристик. В зависимости от расположения теплогенератора относительно отапливаемого помещения различают местные и центральные системы отопления.

Локальные системы отопления - это устройства, в которых теплогенератор и отопительное оборудование конструктивно объединены и размещены в отапливаемом помещении. В местных системах отопления, как правило, нет тепловых труб. К ним относятся печи, а также газовое и электрическое отопление (при размещении газовых отопительных приборов и электронагревательных приборов непосредственно в отапливаемых помещениях). Диапазон локальных систем ограничен одним или несколькими небольшими смежными помещениями. Для больших помещений иногда предусмотрено несколько систем отопления.

Системы центрального отопления - это системы, в которых теплогенератор расположен в отдельном помещении, а в отапливаемых помещениях только отопительные приборы соединены между собой разветвленной системой тепловых труб. Центральная система с одним или несколькими теплогенераторами (котел или группа котлов) может отапливать одно здание с большим количеством помещений, несколько зданий, городской округ или город в целом. Системы центрального отопления классифицируются по типу и параметрам теплоносителя, способу его движения, схеме прокладки магистральных труб и преобладающему типу теплопередачи отопительных приборов (конвективные, лучистые, конвективно-лучистые отопительные приборы) [1].

Для зданий в помещениях с расчетной температурой наружного воздуха минус  $40^{\circ}\text{C}$  и ниже допускается использование воды с добавками, препятствующими ее замерзанию. Не используйте взрывоопасные и пожароопасные вещества в качестве добавок, которые могут вызвать выбросы в случае аварии, превышающие ПДК в воздухе помещения. Отопление локальное отопление одного или нескольких помещений площадью 5% и менее от общей площади отапливаемой площади здания, для которого требования к отоплению отличаются от требований к основным помещениям, как правило, должно проектироваться в соответствии с требованиями к основным зданиям, если это не нарушает безопасность помещений, в помещениях категорий А и в, как правило, должно проектироваться воздушное отопление. Допускается использование других систем, а также систем водяного или парового отопления с локальными отопительными установками, за исключением помещений, в которых хранятся или используются вещества, образующие взрывоопасные смеси при контакте с водой или водяным паром, или вещества, способные воспламениться или взрываться при взаимодействии с водой. Трубы отопительной системы должны прокладываться открыто, скрытая прокладка должна быть оправдана. При прокладке скрытых труб люки следует ковать в местах складывания стыков и арматуры. Транзитные трубы для систем отопления не должны прокладываться через навесы, электроустановки, галереи или пешеходные туннели. На чердаке допускается устанавливать расширительные баки систем отопления с теплоизоляцией из негорючих материалов. Расстояние (на свету) от поверхности трубопроводов, нагревательных приборов и воздухонагревателей с температурой теплоносителя выше  $105^{\circ}\text{C}$  до поверхности конструкции из горючих материалов должно быть взято не менее 100 мм. На меньшем расстоянии должна быть обеспечена теплоизоляция поверхности этой конструкции из негорючих материалов. Герметизация зазоров и отверстий в местах укладки труб должна быть обеспечена негорючими материалами, обеспечивающими нормированный предел огнестойкости поверхностей. Расположение или пересечение отопительных труб в одном канале с трубопроводами горючих жидкостей, паров и газов с температурой вспышки пара  $170^{\circ}\text{C}$  и менее или агрессивных паров и газов не допускается [2].

Отопительное оборудование и арматура в помещениях категорий А, В, С отопительное оборудование систем водяного и парового отопления должно

быть оборудовано гладкой поверхностью, позволяющей легко производить очистку. Отопительные приборы в помещениях категорий А, В и С должны располагаться на расстоянии (при освещении) не менее 100 мм от поверхности стены. Запрещается размещать отопительные приборы в нишах. Расположение приборов лучистого отопления с температурой поверхности выше 150 ° С должно быть предусмотрено в верхней части помещения. В помещениях для наполнения и хранения баллонов сжатым или сжиженным газом, а также на складах категорий А, В, С и хранения горючих материалов или в местах, предназначенных в цехах для хранения горючих материалов, отопительные приборы должны быть защищены экранами из негорючих материалов, обеспечивающими им доступ для очистки. Экраны должны устанавливаться на расстоянии не менее 100 мм (на свету) от нагревательных приборов. Конвекторы с крышкой не должны быть защищены экранами. Если температура, категория и группа взрывоопасной смеси легковоспламеняющихся газов, паров, аэрозолей, пыли и воздуха не соответствуют техническим требованиям взрывозащищенных вентиляторов, то должны быть предусмотрены эжекционные устройства. В системах с эжекционными установками вентиляторы, воздуходувки или компрессоры должны быть оборудованы обычной конструкцией, если они работают на наружном воздухе. Устройство систем вентиляции, кондиционирования и теплоснабжения помещений категорий А и В, а также рекуперации теплоты воздуха в этих помещениях с использованием тепла воздуха из помещений других категорий, расположенных в помещениях для вентиляционного оборудования, должно приниматься в обычном исполнении при наличии взрывозащищенных обратных клапанов. \* Для очистки взрывоопасной смеси пыли и воздуха от легковоспламеняющихся веществ следует использовать пылеуловители и пылевые фильтры.:

а) для химической чистки-во взрывозащищенном исполнении, как правило, с устройствами для непрерывного удаления собранной пыли;

б) для влажной уборки (в том числе пенной)-обычно во взрывозащищенном исполнении; при техническом обосновании допускается в обычном исполнении.

Оборудование, отличное от воздушных и воздушных тепловых завес, независимо от того, рециркулируется оно или нет, не должно размещаться в обслуживаемых помещениях:

а) склады категорий А, В и С;

б) жилые, общественные и административные здания, за исключением помещений с расходом воздуха 10 тыс. м<sup>3</sup> / ч и менее. В обслуживаемых ими помещениях могут располагаться устройства аварийной вентиляции и системы местного забора. Устройства для питания систем вентиляции и кондиционирования воздуха не должны размещаться в помещениях, где не допускается рециркуляция воздуха. Оборудование комнатных систем категорий А и В, а также оборудование местных систем выпуска взрывоопасных смесей не должно размещаться в подвалах. Пылеуловители для сухой очистки от взрывоопасной пыли должны располагаться вне промышленных зданий открыто на расстоянии не



менее 10 м от стен или в отдельных зданиях, как правило, вместе с вентиляторами. Пылеуловители для сухой очистки взрывоопасных пылевоздушных смесей без устройств непрерывного удаления захваченной пыли при расходе воздуха 15 тыс. тонн. м<sup>3</sup> / ч и менее, а также масса пыли в контейнерах и емкостях вместимостью 60 кг и менее, а также с оборудованием для непрерывного удаления захваченной пыли, могут размещаться вместе с вентиляторами в отдельных помещениях для проветривания помещений промышленных зданий (кроме подвалов). Пылеуловители для сухой очистки смеси пыли и пожароопасного воздуха следует размещать: [3] Одним из современных способов обогрева помещения является кабельная система "теплый пол". Самое главное-это монтаж, который должен выполняться только компетентными специалистами. Первый запуск также осуществляется только специалистом по установке. Кроме того, рекомендуется подождать не менее 3 недель с момента начала установки. Это необходимо для того, чтобы стяжка пола высохла естественным путем. Такой подход предотвращает появление трещин, которые могут привести к обрыву кабеля или снижению теплопередачи. Требования безопасности при эксплуатации отопительных приборов, например "теплый пол", устанавливают запреты на изменение длины нагревательной части кабеля и подключение его концов непосредственно к электрической сети. Перед подключением к сети отсоедините кабель. Нельзя прокладывать кабельную систему отопления под мебелью. Чтобы подключить его к источнику питания, используйте специальный термостат. Соблюдайте наиболее оптимальный температурный режим, который указан в инструкции. Обычно она колеблется от + 20 до + 30 С. С. Не нарушайте целостность системы: не забивайте гвозди, не завинчивайте шурупы, не сверлите. продукты горения существующего пожара попадают по рециркуляционным каналам вокруг здания и создают новые очаги возгорания.

Теплопроводность-это передача энергии от более нагретых частей тела к менее нагретым за счет теплового движения и взаимодействия микрочастиц. Согласно Основному закону теплопередачи (закону Фурье), количество передаваемой энергии определяется как плотность теплового потока, пропорциональная градиенту температуры. Величина, характеризующая теплопроводные свойства материала и входящая в виде коэффициента пропорциональности в закон Фурье, называется коэффициентом теплопроводности, который зависит от химической природы среды и ее состояния. Он показывает, сколько тепла проходит через единицу теплообменной поверхности в единицу времени, когда температура падает на один градус на единицу длины нормальной для изотермической поверхности. она играет важную роль при определении пределов огнестойкости строительных конструкций при пожаре (см. огнестойкость строительной конструкции), а также при решении теплотехнических и теплотехнических задач по предупреждению пожара и защите личного состава подразделений пожарной охраны при тушении пожара. Явление теплопроводности в веществах представляет собой процесс распределения тепловой энергии при прямом Кулоновском (электромагнитном) взаимодействии отдельных частиц тела с различными температурами (кинетической энергией). Теплопроводность обу-

словлена обменом энергией между микрочастицами вещества. С самого начала процесса горения начинает распространяться тепло, которое может происходить за счет проводимости, излучения и конвекции. Тепло также передается, и Горенье распространяется в огне. Теплопередача по теплопроводности осуществляется при различных температурах различных частей тела (материала, конструкции) или различных тел, находящихся в контакте. Поэтому такой способ теплопередачи еще называют контактным. Тепло передается непосредственно от нагретых частей тела к менее нагретым, от нагретых тел к менее нагретым. Электрическое железо, оставленное под напряжением на горючей основе, горящие угли или части конструкций, упавшие на горючие материалы во время пожара, являются примерами возникновения или распространения пожаров в результате контактного теплообмена. При анализе причин возникновения пожаров иногда необходимо учитывать теплопроводность материалов, что может быть связано с определенными версиями причины возникновения пожара или с условиями его развития. Теплопроводность различных материалов различна и обычно напрямую связана с их насыпным весом. Металлы обладают самой высокой теплопроводностью. Волокнистые и пористые материалы имеют низкую теплопроводность, а газы, особенно воздух, очень низкие. С повышением температуры или влажности теплопроводность материалов и веществ незначительно возрастает.

В то же время перенос энергии в газах происходит за счет диффузии молекул (атомов) и обмена энергией между ними в процессе осаждения. В жидкостях и диэлектриках тепловая энергия (энергия атомных колебаний) передается при распространении упругих волн. В металлах передача энергии осуществляется главным образом путем обмена энергией между свободными электронами и передачи энергии от свободных электронов к атомам решетки. роль упругих колебаний кристаллической решетки здесь вторична. Аналитическая теория теплопроводности игнорирует молекулярную структуру вещества и рассматривает его как непрерывную среду. Такой подход справедлив, если размеры объектов исследования достаточно велики по сравнению с размерами молекул и расстоянием между ними.

Следует отметить, что в жидкостях и газах можно достичь чистой теплопроводности при соблюдении условий, исключающих передачу тепла конвекцией.

Воздействие лучистого тепла под прямым углом на облучаемую поверхность (при прочих равных условиях) сильнее. Гладкие и полированные поверхности хорошо отражают тепловые лучи, а шероховатые темные поверхности обладают способностью их поглощать.

Как известно, тепловое излучение пожаров иногда достигает большой силы, что приводит к возгоранию зданий, расположенных от горящего объекта на расстоянии десятков метров.

Следующий пример показывает, насколько интенсивным может быть излучение во время пожара.

На целлюлозном предприятии при демонтаже старых коммуникаций искры от операций газовой резки были занесены в небольшое противопожарное по-

мещение, где навалом хранилось около 400 кг отходов целлулоида площадь этого помещения составляла 25 м<sup>2</sup>. Он имел одну дверь и три широких оконных проема, выходящих на территорию предприятия. Окна были заколочены досками. Целлулоид сильно горел от попадавших в него искр. Двери и дощатая обшивка оконных рам были разрушены, над складом образовалась пламя высотой до 15-20 м, которое продолжалось около 5 минут. Рядом со складским комплексом находились производственные здания, вспомогательные сооружения, различные сооружения, объекты и т.д. Под воздействием лучистого тепла все топливо в радиусе 47 м загорелось. Образовалось несколько изолированных очагов горения. Пожар был потушен в считанные минуты пожарной командой объекта с помощью рабочих, но результаты облучения сохранились в виде сгоревших и обгоревших частей зданий, отдельных предметов и материалов. Так, почти полностью сгорел деревянный сарай, расположенный на расстоянии 14 м от магазина целлулоида. Хозяйственные колонны, расположенные в 22 м от склада и в 17 м от сарая, горели с высоты 0,5 м от Земли. Столб линии электропередачи, расположенный в 33 м от склада, горел со стороны, обращенной к складу, начиная с высоты 1,3 м т.п. в диапазоне от 3,5 до 5,5 м высота колонны, степень горения была больше.

Входная дверь подстанции, которая была открыта во время пожара на расстоянии 30 м от горящего склада, была слегка обожжена и сильно разбухла масляной краской, оконные стекла треснули, а концы деревянных балок, выступающих из стены башни этой подстанции, обгорели. Также были обнаружены свесы крыш двух зданий с дегтярными крышами расположенных на расстоянии 35 и 47 м от пламени кроме того, в результате пожара, произошедшего в промышленном здании, было обнаружено строение Горенье на чердаке здания. Полы были железобетонными, и не было никаких открытых отверстий или отверстий, которые могли бы быть тропами огня. Предполагалось наличие второго самостоятельного пожара в результате умышленных действий. Однако более тщательный осмотр места пожара потребовал исключения этой версии. Оказалось, что на чердаке, на расстоянии 45 см, от сгоревшего стеллажа, находился металлический воздуховод диаметром 0,8 м. В процессе тушения он был разобран. Во время пожара промышленные отложения в воздуховоде интенсивно горели, заставляя его нагреваться. Деревянная подставка воспламенилась под воздействием теплового излучения с поверхности тепловой трубы. Основная закономерность распространения Горенье при пожарах заключается в том, что конвективный теплообмен наиболее распространен при пожарах. Конвекция-движение более нагретых частиц-происходит в газах и жидкостях. Она образуется за счет разности объемных масс при изменении температуры отдельных частей жидкости или газа. Объемы такой среды, которая по каким-то причинам нагревается, движутся вверх (если нет течений или препятствий, отвлекающих конвекцию), уступая место менее нагретым, а значит, и более тяжелым частям среды [4].

## **Выводы**

Следует помнить, что большее количество жертв при пожаре связано с паникой и потерей времени. Быстрое распространение дыма токсичными веществами приводит к удушью. Все важные документы всегда должны храниться в отдельной папке в доступном месте.

Прежде всего, необходимо принять меры по спасению детей. Обычно от страха они начинают прятаться под кроватями, в шкафах, тумбах. Закройте горящее здание влажной тканью или носовым платком, чтобы защитить дыхательную систему, и слегка наклонитесь к полу. В случае сильного задымления ориентируйтесь по расположению дверей и окон, идите вдоль стен.

Пожароопасность систем отопления и кондиционирования воздуха заключается в возможности воспламенения органической пыли, осевшей на трубах и оребренных поверхностях нагревателей, а также распространения продуктов горения уже существующего пожара по рециркуляционным каналам по всему зданию и создания новых очагов возгорания.

## **Список литературы**

1. Абрамович, Б. Г. Интенсификация теплообмена излучением с помощью покрытий / Б.Г. Абрамович, В.Л. Гольдштейн. - М.: Энергия, 2019. - 256 с
2. Автономные и специальные системы кондиционирования воздуха. Теория, оборудование, проектирование, исп. - Москва: Наука, 2015. - 460 с.
3. Адрианов, В. Н. Основы радиационного и сложного теплообмена / В.Н. Адрианов. - М.: Энергия, 2014. - 464 с
4. Александров, А. А. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики / А.А. Александров, К.А. Орлов, В.Ф. Очков. - М.: МЭИ, 2019. - 232 с.

УДК 621.22.018.2:621.004.5

## ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИКИ В ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Капустин М. Н., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г.Донецк*

*Капустин М.Н., Онищенко С.А. Целью данной статьи является освещение применения гидравлики в противопожарной безопасности и определении ее значимости в пожарном деле. В статье рассматриваются гидравлические принципы на примере струйных аппаратов, центробежных насосов и струй. В результате определено, что опираясь на строгие математические законы, гидравлика разрабатывает практические расчетные зависимости, которые можно легко и просто использовать для расчета гидравлических машин и механизмов, расчета движения и покоя жидкости.*

*Ключевые слова: гидравлика, струйные аппараты, струи, уравнение Бернулли, центробежные насосы.*

*Annotation. The purpose of this article is to highlight the use of hydraulics in fire safety and determine its significance in the fire business. The article deals with hydraulic principles on the example of jet apparatuses, centrifugal pumps and jets. As a result, it is determined that based on strict mathematical laws, hydraulics develops practical calculation dependencies that can be easily and simply used for calculating hydraulic machines and mechanisms, calculating the movement and rest of the fluid.*

*Key words: hydraulics, jet devices, the jet, Bernoulli's equation, centrifugal pumps.*

### **Введение**

В борьбе с неконтролируемым процессом горения, который сопровождается уничтожением материальных ценностей и создает опасность для жизни людей, человечество издавна использует воду. Поэтому особо актуальными являются вопросы противопожарного водоснабжения при борьбе с этой грозной стихией. В решении данных вопросов не обойтись без такой науки как гидравлика.

Гидравлика – наука, изучающая законы равновесия и движения жидкостей и разрабатывающая способы приложения этих законов к решению практических инженерных задач.

Знание законов гидравлики необходимо при экспертизе проектов и обследовании систем противопожарного водоснабжения, автоматических установок пожаротушения, систем аварийного слива легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, при определении радиуса действия струй, применяемых в пожарном деле, и их реакции, для правильной эксплуатации и выбора типов пожарных насосов и так далее. Гидравлика является одной из фундаментальных дисциплин, знание которой необходимо специалисту противопожарной безопасности. [1]

Новые задачи, которые ставятся перед специалистами по противопожарному водоснабжению в связи с развитием и структурными изменениями хозяйства ДНР, должны решаться с использованием всех достижений научно-технического прогресса.

### 1. Струйные аппараты

Применение некоторых приборов и устройств в пожарной практике основано на знании уравнения Бернулли. Приведем пример применения уравнения Бернулли в этой области.

Струйные аппараты нашли широкое применение в различных областях техники. Они представляют собой устройство, которое позволяет подсасывать и поднимать на определенную высоту жидкость порошок или другую рабочую среду. Достоинством струйных аппаратов является простота их устройства и безопасность в работе, что в какой-то мере искупает их недостаток – низкий коэффициент полезного действия, составляющий 25%. В пожарной технике широко используются водоструйные аппараты, в которых рабочей средой, подводимой к аппарату, является вода, а эжектируемой – порошок, пенообразователь или вода (у гидроэлеваторов).

Принципиальное устройство водоструйного аппарата показано на рисунке 1. Он состоит из следующих основных элементов: рабочего насадка – 1; приемной камеры – 2; камеры смешения – 3; диффузора – 4.

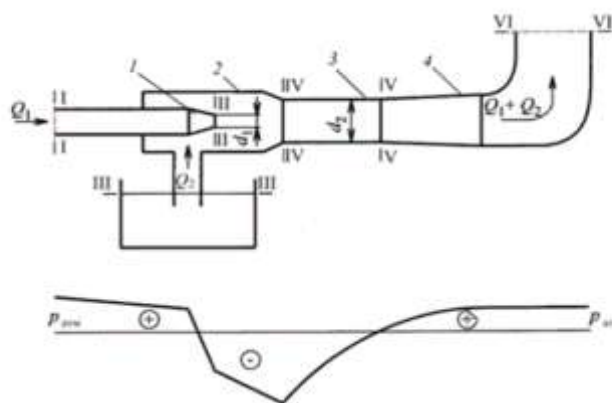


Рис. 1. Схема водоструйного аппарата и примерное распределение давления по его длине

Принцип действия аппарата состоит в следующем: рабочая жидкость с расходом воды  $Q_1$  проходит через насадок, на выходе из которого в результате

увеличения скорости давления падает и в приемной камере образуется разрежение, за счет которого создается подсосываемый поток Q2.

Максимальное значение разрежения наблюдается на входе в камеру смешения. В диффузоре давление увеличивается. Струйный аппарат рассчитывается с использованием уравнений Бернулли для сечений I-I и II-II, III-III и IV-IV, V-V и VI-VI.

Для сечений I-I и II-II уравнение Бернулли имеет вид

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2}. \quad (1.1)$$

В сечении I-I давление всегда избыточное, а в сечении II-II – вакуум. Тогда соотношение (1.1) переписывается в виде

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2}. \quad (1.2)$$

С учетом уравнения неразрывности потока жидкости

$$Q_1 = V_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = V_2 \frac{\pi d_2^2}{4},$$

$$h_{\max} = Q_1^2 \frac{16}{\pi^2 2g} \left( \frac{\alpha_2}{d_2^4} - \frac{\alpha_1}{d_1^4} \right) - \frac{p_1}{\rho g} + h_{1-2}. \quad (1.3)$$

Аналогичные соотношения получаются при использовании уравнения Бернулли для сочетания III-III и IV-IV, V-V и VI-VI. Такая система уравнений позволяет связать между собой рабочие и геометрические параметры эжектора. [2]

## 2. Центробежные насосы

Еще одним примером применения гидравлики в противопожарной безопасности являются насосы. Насосы являются одной из самых распространенных разновидностей гидравлических машин. Они применяются для подачи воды на пожаротушение автономными, мотопомпами, для подачи воды и огнетушащих средств в установках пожаротушения, в системах смазки, топливоподачи и гидропривода пожарных автомобилей и для многих других целей.

Насосы подразделяются на две основные группы: объемные и динамические. Объемными называются насосы, в которых жидкость перемещается путем периодического изменения объема камеры, попеременно сообщающейся со входом и выходом насоса. Динамическими называются насосы, в которых под воздействием гидродинамических сил перемещается с камерой жидкость, постоянно сообщающейся со входом и выходом насоса. К ним относятся струйные и лопастные насосы, а к лопастным, в свою очередь, относятся центробежные.

Центробежный насос — это устройство для подачи воды и огнетушащих средств к месту тушения. Пожарные центробежные насосы устанавливаются на

пожарную технику – пожарные автоцистерны, мотопомпы, насосные станции и другие устройства. Наибольшее распространение получили пожарные насосы консольного типа правого вращения. Пожарные центробежные насосы классифицируются по давлению: нормального давления высокого давления комбинированного давления Нормального давления – пожарные насосы, создающие на выходе давление до 2,0 МПа (20 кгс/см<sup>2</sup>). Высокого давления – пожарные насосы, создающие на выходе давление свыше 2,0 МПа (20 кгс/см<sup>2</sup>) до 5,0 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>). Комбинированные – пожарные насосы, состоящие из последовательно соединенных насосов нормального и высокого давления, имеющих общий привод.

Центробежные насосы классифицируются

- по числу рабочих колес: одно-; двух- и многоступенчатые;
- по расположению вала: горизонтальные, вертикальные, наклонные;
- по развиваемому напору: нормального до – 100м, высокого – 300м и более; комбинированные насосы одновременно подают воду под нормальным и высоким напором;
- по расположению на пожарных автомобилях: переднее, среднее, заднее.

Рассмотрим подробнее принцип действия центробежного насоса. В корпусе насоса установлено и свободно вращается колесо. При вращении, лопатки колеса воздействуют на жидкость и сообщают ей энергию, увеличивая давление и скорость. Проточную часть корпуса насоса выполняют в виде спирали. В корпусе насоса предусмотрена плоская съемная площадка “зуб”, с помощью которой вода с колеса насоса снимается и направляется в диффузор. В результате вращения колеса насоса, на входе во всасывающем канале возникает вакуум (разряжение), а на выходе в диффузоре – манометрическое (избыточное) давление. Во всасывающей полости крышки колеса предусмотрены разделители потока, препятствующие его закручиванию. Так же подводную часть канала при входе в колесо насоса рекомендуется выполнять в виде конфузора, увеличивающего скорость потока на входе на 15-20% . Выходную часть спирального отвода корпуса выполняют в виде диффузора с углом конусности 8°. Поперечные сечения диффузора выполняют круговыми. Можно выполнять сечения отличными от круговых, в этом случае соотношения площадей и длин выбирают по аналогии к диффузору с круговыми поперечными сечениями. Выполнение указанных рекомендаций препятствует образованию турбулентного режима движения жидкости, позволяет снизить гидравлические потери в насосах и повысить КПД. Для предотвращения перетока жидкости из напорной полости во всасывающую, между корпусом и колесом насоса предусмотрены щелевые уплотнения. Конструкция щелевых уплотнений допускает незначительный переток жидкости между полостями, в том числе и в закрытую полость между колесом и корпусом насоса со стороны подшипниковых опор. Для снятия давления, в данной закрытой полости, в колесе насоса предусмотрены сквозные отверстия, направленные в полость всасывания. Количество отверстий равно количеству лопаток колеса. Для образования смеси воды и пены, на



насосе предусмотрен пеносмеситель. Через пеносмеситель часть воды, из напорного коллектора, направляется во всасывающую полость крышки насоса, совместно с пенообразователем. Пенообразователь может подаваться в насос, как через трубопроводы из емкости пожарного автомобиля, так и из посторонней емкости через гибкий гофрированный шланг. Дозирование (пропорциональное соотношение) пены и воды производится через отверстия различного диаметра дозирующего диска пеносмесителя. Для регулирования подачи воды или пенной смеси на пожарные рукава или другие потребители, установлены запорные вентили. При необходимости, на насосе может быть установлен вентиль с пневматическим приводом для подсоединения устройств, требующих дистанционного включения, таких как: лафетный ствол, питательные гребенки пеногенераторов аэродромных пожарных автомобилей и т.д. [3]

Основными величинами, характеризующими работу центробежных насосов, являются:

- а) производительность насоса или расхода воды  $Q$ ;
- б) напор воды, развиваемый насосом или высота подъема  $H$ ;
- в) число оборотов насоса  $n$ ;
- г) мощность насоса  $N$ ;
- д) коэффициент полезного действия насоса  $\eta$ ;
- е) высота всасывания  $H_v$ .

Производительность насосов в пожарном деле измеряется, как в л/сек, так и в л/мин и в  $m^3$ /час.

Полная высота подъема  $H$  составляется из суммы следующих величин:

- а) геометрических высот всасывания  $H_{vg}$  и нагнетания  $H_{ng}$ .
- б) потерь напора во всасывающем и нагнетательном трубопроводах  $h_v$  и  $h_n$ . [4]

$$H = H_{vg} + H_{ng} + h_v + h_n \quad (2.1)$$

### 3. Пожарные струи.

В заключение приведу струи, применяемые в пожарном деле как еще один пример применения гидравлики в противопожарной безопасности.

В зависимости от выбора средства пожаротушения в пожарном деле применяются водяные и газовые струи.

*Водяные струи* применяются при тушении пожаров «чистой» водой или водой с растворенными в ней пенообразующими веществами. Наиболее часто, особенно при тушении наружных пожаров применяются сплошные водяные струи. Сплошная водяная струя отличается своей компактностью, сплошностью, большой дальностью полета и сильным динамическим действием. Однако тушение многих пожаров сплошными струями, например пожаров резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями, недостаточно эффективно. В этих случаях применяются распыленные водяные струи. Такие струи применяются также для защиты пожарных от огня.

*Газовые струи* применяются для тушения пожаров газами или паром. Для этого создаются специальные установки газового или парового пожаротушения.

Сплошная масса жидкости, вытекающая из отверстия или насадка, по мере движения ее в воздухе постепенно распадается на отдельные капли. Причиной распада струи является взаимодействие жидкости на поверхности струи с окружающим ее воздухом и наличие турбулентных пульсаций внутри струи.

Для получения сплошной дальнобойной струи необходимо чтобы:

- струя обладала достаточно большой энергией движения, т. е. достаточно большим скоростным напором  $\frac{v^2}{2g}$ ; (3.1)

- струя сохраняла компактность на большом расстоянии.

Для удовлетворения первого условия, т. е. для предания струе большей скорости, обычно трубопровод, по которому подают воду, заканчивают суживающим устройством – стволом с насадком. В насадке происходит преобразование потенциальной энергии давления в энергию движения.

Дальность полета струи, ее форма, степень раздробленности и компактность в большой мере зависят от формы насадков. Насадок считается хорошего качества, если преобразование потенциальной энергии в кинетическую энергию движения струи происходит с наименьшими потерями. Однако для полной оценки качества насадка этого требования недостаточно. Для сохранения компактности струи на большом расстоянии необходимо, чтобы в насадке и при подходе к нему снизились турбулентные пульсации внутри движущейся жидкости, ускоряющие распад струи. Поэтому внутренняя поверхность насадков должна быть гладкой; не следует допускать резких неплавных переходов сечений.

Распыленная струя представляет собой массу отдельно летящих капель. Отдельно летящая капля жидкости находится под действием силы тяжести, сил сопротивления воздуха и капиллярных сил, которые вследствие кривизны капли создают внутри ее некоторое избыточное давление. Это избыточное явление определяется по формуле Лапласа

$$p = \frac{2\alpha}{R} \quad (3.2)$$

Где  $R$  – радиус капли;

$\alpha$  – коэффициент поверхностного натяжения.

Практически наибольшее распространение нашли три способа распыленных струй: центробежный, пневматический и механический.

При центробежном способе вода, проходящая через распылитель или форсунку, приобретает вращательное движение вокруг оси, вследствие чего возникают центробежные силы, которые и способствуют распылению струи. В пожарном деле такие распылители применяются в ручных стволах, в спринклерных и дренчерных системах.

При пневматическом способе распыливание струи достигается принудительной подачей воздуха или пара в выходное сечение водяной струи. Воздух или пар подается либо под давлением, либо, используя энергию самой струи, путем подсосывания (эжектирования) воздуха.

При механическом способе дробление струи происходит вследствие удара ее о преграду.

Струя газа в воздухе относится к группе так называемых свободных или затопленных струй, т. е. струй, распространяющихся в пространстве, заполненном средой тех же физических свойств, что и вещество струи.

Вследствие турбулентности струи происходит обмен частицами между массой основной струи и окружающей ее газовой среды. Поэтому близлежащие слои окружающей газовой среды также вовлекаются в движение, а на границе струи скорость частиц по мере движения струи падает. Таким образом, струю можно разбить на два участка – начальный участок, длина которого ограничивается ядром постоянных скоростей, и основной участок. [3]

### **Вывод**

Исходя из изложенного материала, можно сделать вывод, что фундаментом гидравлики являются точные, математически строгие основные законы, полученные в гидромеханике. Опираясь на эти законы, гидравлика разрабатывает практические расчетные зависимости, которые можно легко и просто использовать для расчета гидравлических машин и механизмов, расчета движения и покоя жидкости.

### **Список литературы**

1. Коханский, В.Н. Справочник руководителя тушения пожара / В.Н. Коханский [и др.]; под общ. ред. В.Н. Коханского. – Минск: Полымя, 1988. – 116 с.
2. Тарасов-Агалаков, Н.А. Практическая гидравлика в пожарном деле / Н.А. Тарасов-Агалаков. – М.: Министерство коммунального хозяйства РСФСР, 1989 г. – 264 с.
3. Тербнев, В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В.В. Тербнев. – М.: Пожкнига, 2004 г. – 256 с.

УДК 621.1.016

## ТЕПЛОТЕХНИКА В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Кравченко В. А., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Кравченко В.А., Онищенко С.А. Данная статья посвящена теплотехнике в сфере пожарной безопасности, ее различным проявлениям и аспектам. В ней раскрываются основные задачи пожарной безопасности, как способа регулирования теплотехники и теплотехнического производства.*

*Ключевые слова: теплотехника, пожарная безопасность, пожар, тепловая энергия.*

*Annotation: This article is devoted to heat engineering in the field of fire safety, its various manifestations and aspects. It reveals the main tasks of fire safety as a way of regulating heat engineering and heat engineering production.*

*Keywords: heating engineering, fire safety, fire, heat energy*

### **Введение**

Данная статья посвящена теплотехнике в сфере пожарной безопасности. Эта проблема достаточно актуальна в современном мире, поскольку отрасли производства непрерывно развиваются, требуя должного внимания и контроля в сфере пожарной безопасности. Ей посвящены целые, масштабные научные труды по правильному применению и использованию пожарных технологий в целях уменьшения вероятности опасности, пагубного влияния на окружающую среду и человека. Не могу сказать, что прежде упомянутые труды раскрывают как полностью избежать опасности, поскольку в теплотехническом производстве потенциальная опасность будет всегда.

Для того, чтобы в полном объеме раскрыть тему через профессиональную призму спасения, предотвращения и помощи, я сформулировал ряд определенных задач и поставил точную цель, которые в дальнейшем помогут сделать более конкретные выводы.

Цель: сформировать представление о важности и нужности мер пожарной безопасности в теплотехнике.

Задачи:

- раскрыть общие положения инструкции о мерах пожарной безопасности в сфере теплотехники;

- показать взаимосвязь между теплотехническими процессами и раскрыть их важность;

- объяснить важность противопожарных мероприятий;

### **Изложение основного материала**

Теплотехника — общетехническая дисциплина, изучающая методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принцип действия и конструктивные особенности тепло- и парогенераторов тепловых машин, агрегатов и устройств.

Различают два принципиально различных направления использования теплоты – энергетическое и технологическое, что самым прямым образом влияет на пожарную безопасность. В зависимости от направления теплотехнического производства будут применяться различные меры предотвращения и устранения всевозможных ЧС (пожары на производстве и прочее).

При энергетическом использовании, теплота преобразуется в механическую работу, с помощью которой в специальных установках (генераторах) создается электрическая энергия, наиболее удобная для передачи на значительное расстояние. Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания.

При технологическом использовании тепловой энергии она используется для направленного изменения механических, физических или химических свойств различных тел (расплавления, затвердевания, изменения структуры и т. п.).

В технологических процессах теплоэнергетического производства присутствуют (применяются, хранятся, перерабатываются и т.п.) горючие материалы и вещества в твёрдом, жидком, газообразном состоянии, в виде газов, пыли, волокон, паров, обладающие различными пожароопасными свойствами.

Для обеспечения пожарной безопасности в сфере теплотехники и любых технологических процессов и производств необходимо по возможности:

1. предотвратить образование горючих сред;
2. предотвратить образование источников зажигания;
3. исключить возможность контакта (взаимодействия) горючей среды с источником зажигания.

Общими для всех технологических процессов являются противопожарные мероприятия, касающиеся устройства электрооборудования, вентиляционных систем, систем отопления, печей и другого оборудования и режимов их использования. Электрическое оборудование снабжается предохранителями, автоматическими выключателями и другими устройствами, отключающими электроустановками при коротких замыканиях и перегрузках. Сечение проводов и кабелей выбирается по допустимой для них величине тока. Пусковая аппаратура снабжается искрогасителями. Для предотвращения действия искр и других источников зажигания, возникающих в электроустановках, на взрывоопасные газовые и пожароопасные горючие среды используемое электрооборудование (светильники, электродвигатели, пускатели и т.п.) выбирается в зависимости от категории взрывной и пожарной опасности помещений, установленных ОНТП -

86, а также класса пожароопасных и взрывоопасных зон, установленных ПУЭ – 84, по ДНАОП 0.00 – 1.32 – 01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок». На корпусе электрооборудования имеется маркировка, в соответствии с которой электрооборудование может устанавливаться, например, в взрывоопасных средах II В и II А, при температуре на поверхности при его работе не более 200° С.

Общие положения инструкции о мерах пожарной безопасности для теплового пункта ( на примере РФ):

1.1. Настоящая инструкция разработана в соответствии с Правилами противопожарного режима в Российской Федерации, утв. постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 № 390, и устанавливает требования пожарной безопасности для теплового пункта.

1.2. Каждый работник должен четко знать и выполнять требования Правил противопожарного режима, не допускать лично и останавливать действия других лиц, которые могут привести к пожару или загоранию.

1.3. Работники должны проходить противопожарный инструктаж, регулярно участвовать в противопожарных тренировках и проходить проверку знаний Правил противопожарного режима.

1.4. Работники должны быть обучены приемам работы с огнетушителем, пожарным краном в случае пожара и знать место их установки, которое обозначено знаками.

Для написания своей статьи я прочитал множество литературы, что позволило мне более детально изучить проблематику данной темы; сделать ряд конкретизированных выводов и до конца разобраться, что же за собой подразумевает теплотехника в сфере пожарной безопасности. Обо всем по порядку. Для начала я расскажу, какие методы задействовал, чтобы прояснить картину (все методы относятся к ряду общенаучных методов; поскольку теплотехника является наукой, я с легкостью их применил).

Первый метод – эмпирический, который включает в себя: наблюдение, эксперимент, измерение и сравнение. Мною были применены не все составляющие, но я не мог не упомянуть об этом способе исследования.

С помощью такого структурного элемента как сравнение мне удалось понять, что будет при полном соблюдении мер пожарной безопасности на теплотехническом производстве и в теплотехнике в целом и при их нарушении. При полном соблюдении мер пожарной безопасности не должно возникать каких – либо проблем, потому как все системы будут работать исправно, будут налажены соответствующие требования пожарных органов: огнетушители, план эвакуации (на производстве) и прочее, что в общем своем количестве поможет избежать чрезвычайных ситуаций. В случае не соблюдения мер пожарной безопасности могут возникать различного характера и уровня сложности проблемы, которые будут затормаживать работу на теплотехническом производстве или полностью выведут его из строя.

Далее я применил такой метод как наблюдение (что тоже является составляющей частью эмпирического метода). Мне удалось его реализовать,

наблюдая за работой котельной станции, где имеют место такие явления как давление, температура и прочее. Такой способ позволил мне прийти к выводу, что пожарная безопасность в теплотехнике занимает одну из ведущих ролей.

Второй метод – универсальный. Его составляют следующие элементы: анализ и синтез, индукция и дедукция, идеализация, обобщение, аналогия, системный подход и моделирование. Понятно, что для того, чтобы применить каждый из этих элементов нужно много времени, поэтому мне удалось поработать лишь с некоторыми из них. Хотя, должен заметить, что каждый из них интересен в своем применении и по - любому имеет косвенное либо прямое отношение к теплотехнике.

На мой взгляд, одним из самых интересных элементов этого метода является моделирование. С помощью него я моделировал (что логично из названия) различные ситуации (непосредственно делая профессиональный уклон) касающиеся теплотехники. Одна из таких смоделированных ситуаций это пожар на производстве – воспламенение заводской установки. При возникновении пожара на любом производстве будут контролироваться различные параметры: температура, характер возгорания, объем и прочее, что позволит дать более детальную картину о причине возгорания, ее устранении и выявлении какие меры пожарной безопасности были нарушены. Отсюда, я еще раз мимолетно делаю для себя вывод, что пожарная безопасность и теплотехника взаимосвязаны между собой.

Так же интересным является метод идеализации. Но сразу обращу Ваше внимание, что этот метод применим только к теоретическому кругу знаний, но не практическому. Как говорит определенная категория ученых «специфический метод теоретического познания». С моей точки зрения этот метод можно раскрыть следующим образом (но это лично мое мнение, подкрепленное, уже сформировавшимся, профессиональным интересом). Есть множество научных трудов, посвященных теплотехнике (в разных ее проявлениях) и пожарной безопасности, которые подробно описывают различные теплотехнические процессы и развитие событий (например, при ЧС, что является прямопропорциональным не соблюдению мер пожарной безопасности) в тех или иных сложных ситуациях. В этих трудах все теоретические знания как бы идеализируются с целью восприятия студентами полной картины. А на практике есть множество моментов, которые не совпадают с «идеальной теорией».

Третий метод – теоретический. К нему относятся: формализация, аксиоматический элемент, генетический, гипотетический.

С помощью метода формализации я выделил следующие аспекты пожарной безопасности:

- организационный аспект (правильная эксплуатация машин и транспорта, правильное содержание зданий, издание приказов по обеспечению пожарной безопасности (в области теплотехники и не только ));

- технический аспект (соблюдение норм и правил проектирования зданий (планы эвакуации при пожаре), правильное размещение оборудования (огнетушители, гидранты и пожарные рукава) );

- режимный аспект (запрет курения в неустановленных местах, запрет производства огневых и сварочных работ в пожароопасных помещениях);
- эксплуатационный аспект (своевременный ремонт и испытание техники, оборудования, профилактические осмотры).

И, последний метод, на котором я остановился – это гипотетический. На счету нашей молодой республики не один десяток пожаров, причем, все они разной сложности и причины возгорания тоже разные. Одной из самых частых является несоблюдение мер пожарной безопасности. Я считаю, что это все это самым непосредственным образом относится и к теплотехнике.

Термодинамика - наука, изучающая энергию и законы ее превращения из одного вида в другой. Изучение основ термодинамики позволяет понимать принципы работы тепловых двигателей (паровых машин, двигателей внутреннего сгорания), тепловых насосов, холодильной техники, кондиционеров и других устройств.

Техническая термодинамика - раздел термодинамики, в котором рассматриваются взаимопревращения тепловой и механической энергии с помощью материальных тел, называемых рабочими телами.

Техническая термодинамика является основой теории тепловых двигателей и других промышленных установок, связанных с взаимопревращениями указанных видов энергии.

Как отмечалось выше, преобразование теплоты в механическую работу происходит с помощью рабочего тела. Наиболее эффективным с точки зрения технической термодинамики рабочим телом является то, которое обладает выраженными упругими свойствами, позволяющими телу в значительной мере деформироваться (изменять свой объем) под влиянием механической силы (давления), термического воздействия (теплоты) или комбинированного термомеханического воздействия.

Наблюдая за агрегатным состоянием различных тел, можно заметить, что наиболее целесообразными рабочими телами для применения в различных тепловых устройствах являются газы или пары. Именно они наиболее полно могут быть использованы в процессах преобразования теплоты в механическую работу, так как газы и пары, с одной стороны, легко деформируемы (легко сжимаются, расширяются) под влиянием внешних сил, а с другой стороны, им свойственны значительные (по сравнению с другими агрегатными состояниями тел) коэффициенты объемного расширения. Газы упруги - сжатый, т. е. деформированный объем газа стремится восстановить и даже увеличить свой первоначальный объем при снятии внешней нагрузки.

Одним из основных в технической термодинамике является понятие о термодинамической системе, представляющей собой совокупность тел, находящихся во взаимодействии, как между собой, так и с окружающей средой. Простым примером термодинамической системы может служить газ, расширяющийся или сжимающийся в цилиндре с движущимся поршнем.



### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

После изложения основной части статьи можно сделать вывод, что все поставленные вначале цели и задачи достигнуты, в полной мере раскрыта взаимосвязь теплотехники и пожарной безопасности. Рассказано о том, как пожарная безопасность важна на любом виде производства с применением теплотехнических процессов. Какие последствия могут наступить в случае несоблюдения мер пожарной безопасности и чего можно избежать в случае своевременного контроля и профилактических испытаний различных производственных установок, которые работают на принципах и законах, названных теплотехникой.

Считаем, что эта тема перспективна на сегодняшний день и не уступает по масштабности, например, экологии. Ее можно развивать с помощью научных исследований, как практических, так и теоретических, научно-пожарной литературы и сумасшедшего интереса молодых специалистов.

### **Список литературы**

1. Инструкция о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ на энергетических предприятиях. - М.: Энергия, 2014. - 724 с.
2. Нормы пожарной безопасности. Обучение мерам пожарной безопасности работников организаций. - М.: Энергия, 2014. - 737 с.
3. Пожарная безопасность. - М.: Академия, 2013. - 224 с.
4. Собурь, С. В. Доступно о пожарной безопасности / С.В. Собурь. - М.: Пожарная книга, 2013. - 906 с.

УДК 614. 84

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЗАЖИГАНИЯ ТИПИЧНОГО ЛЕСНОГО ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА

Макаров М.Ю., курсант,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Макаров М.Ю., Онищенко С.А. В отечественной и зарубежной литературе описаны достаточно типичные источники зажигания горючего материала – нагретые до высоких температур частицы металлов и неметаллов. Большое количество работ посвящены исследованию зажигания опада хвойных и лиственных пород деревьев локальными источниками нагрева достаточно малого размера. В зарубежных источниках описаны результаты натурных наблюдений за образованием достаточно больших «головешек» и их воздействия на слой лесного горючего материала. Представляет интерес исследование, проведенное с навесками из целлюлозы, на которые выпадали сферические частицы различного размера, изготовленные из стали.*

*Ключевые слова: пожар, воспламенение, трава, горение.*

*Annotation. In domestic and foreign literature, fairly typical sources of ignition of a combustible material are described - particles of metals and non-metals heated to high temperatures. A large number of works are devoted to the study of ignition of litter of coniferous and deciduous trees by local sources of heating of a sufficiently small size. Foreign sources describe the results of field observations of the formation of rather large "embers" and their impact on the layer of forest fuel material. Of interest is a study carried out with weighed portions of cellulose, on which spherical particles of various sizes, made of steel, fell.*

*Key words: fire, ignition, grass, combustion.*

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТ ЭКСПЕРИМЕНТА

В эксперименте был использован стенд, который подробно описан в работах [1,3]. Времена задержки зажигания определялись по методике [2]. Источники нагрева при возгорании лесного горючего материала (ЛГМ) моделировались изготовленными из графитового бруска частицами в форме параллелепипедов с характерными размерами (периферические размеры  $x, y = 8$  мм, высота  $h = 15$  мм). Эксперименты выполнялись в интервале изменения начальных температур  $T_0$  от 1113 до 1273 К. Этот диапазон был выбран для того, чтобы выделить

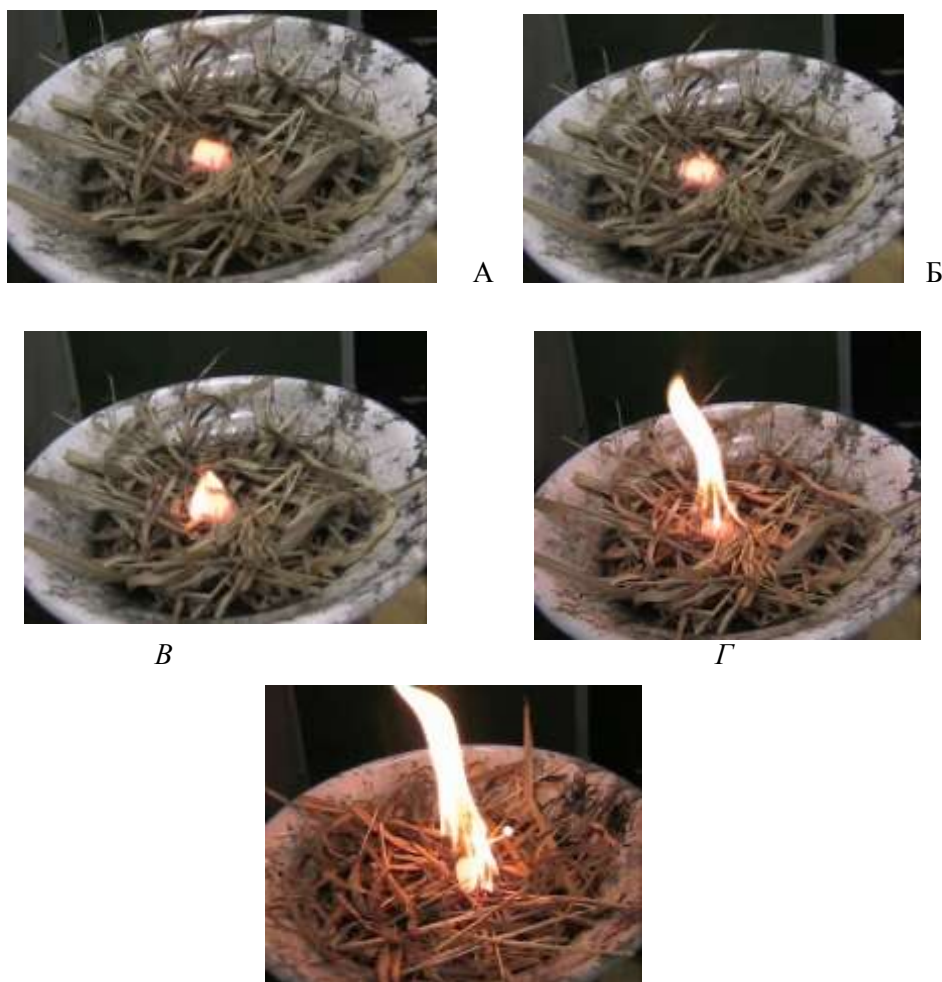
нижние пределы зажигания исследовавшегося ЛГМ по температуре. Выбор углеродистых частиц в качестве источников нагрева обусловлен моделированием природного (вынос горячих частиц из фронта пожара на нетронутый слой ЛГМ) и антропогенного (растрескивание древесины в непотушенных кострах) сценариев воздействия на ЛГМ.

Для математической обработки результатов эксперимента была использована следующая методика [1]. Рассчитывались средние значения времени задержки зажигания травяной ветоши нагретой частицей для каждой фиксированной начальной температуры источника нагрева. Затем производился расчет среднеквадратичного отклонения и доверительного интервала с помощью коэффициентов Стьюдента. Объектом исследований являлись образцы травяной ветоши с использованием плотности укладки, соответствующие реальным природным условиям [2]. Сбор материала для эксперимента произведен весной 2013 года на участках вдоль транспортных и железнодорожных магистралей на границах с лесными массивами (Томский район Томской области). Непосредственно перед проведением опытов по зажиганию образцы травяной ветоши высушивались в сушильном шкафу до полного испарения влаги из материала. Травяная ветошь имеет сложное строение, включающее отмершие морфологические части травянистой растительности, такие как, стебель, листовая пластина, иногда злаки. При формировании навески использовались все элементы из совокупности морфологических частей с преобладанием в общей массе листовых пластинок. Такой состав характерен для травяной ветоши, расположенной в реальных природных условиях [3]. В эксперименте рассматривается сценарий катастрофической лесной пожарной опасности [1], когда влага в ЛГМ отсутствует. Год от года актуальность исследования именно такого сценария возрастает. Например, катастрофические пожарные условия наблюдались в 2012 году в Томской области [1], в 2010 в Центральной России. В других государствах также происходят изменения климата, для которых характерны высокие температуры и отсутствие осадков. Например, пожары 2009 года в Австралии и 2011 в США, в 2012 году в Южной Европе [2].

#### ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

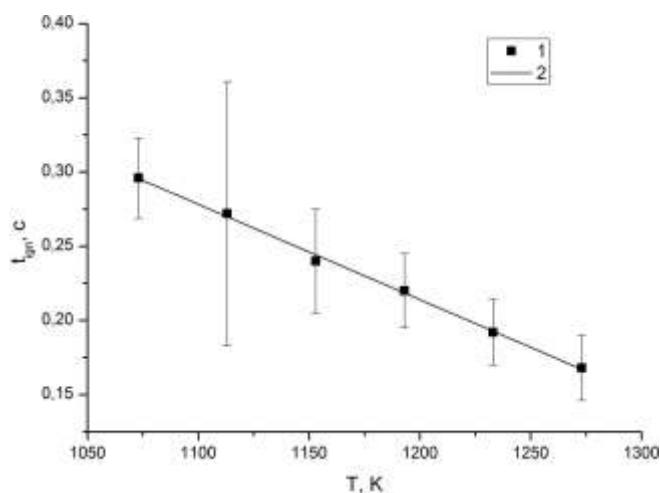
На рис. 1 приведены типичные кадры видеосъемки процесса зажигания слоя травяной ветоши нагретой до высоких температур частицей углерода. В результате анализа визуальных наблюдений и видеогаммы установлены следующие закономерности процесса зажигания. Следует указать, что возможно два варианта взаимодействия нагретой частицы со слоем ЛГМ: источник нагрева выпадает на поверхность листовой пластины или проваливается вглубь слоя травяной ветоши. Проникновение частицы в слой характерно для источников из стали в силу их большей массы по сравнению с частицами из углерода. Поэтому рассмотрим только механизм зажигания травяной ветоши в результате воздействия на поверхность листовой пластины. В течение короткого периода происходит инертный прогрев слоя ЛГМ, за которым следует термическое разложение материала с выделением газообразных продуктов пиролиза. Следует отметить, что выделение продуктов пиролиза носит более интенсивный харак-

тер, чем у опада сосновой хвои. Лесной горючий материал в приповерхностном слое разлагается практически полностью с небольшим количеством коксового остатка, который выпадает на подложку. В микропористой среде ЛГМ происходит транспорт газообразных продуктов пиролиза к нагреваемой поверхности слоя и их смешивание с окислителем. Затем происходит нагрев газовой смеси с последующей стадией зажигания. Через доли секунд пламя появляется по всему периметру частицы. На рис. 2 представлена зависимость времени задержки зажигания травяной ветоши от начальной температуры углеродистой частицы. Для такой частицы определен нижний предел зажигания по ее начальной температуре. Доверительные интервалы представлены на рис. 2 совместно с усредненными по серии опытов данными по времени задержки зажигания ЛГМ. Достаточно высокие значения доверительного интервала при начальной температуре углеродистой частицы  $T_0 = 1113$  К от средних значений обусловлены, очевидно, случайным характером распределения листовых пластинок отдельных одиночных травинок в приповерхностном слое ЛГМ, который непосредственно нагревается локальным источником повышенной температуры.



*Рис. 1. Типичные кадры видеосъемки процесса зажигания травяной ветоши углеродистой частицей:*

*a* – инертный прогрев ЛГМ ( $t = 0,08$  с); *b* – вдув газообразных продуктов пиролиза в разогретую область и инициирование зажигания ( $t = 0,28$  с); *v* – образование факела пламени вокруг частицы ( $t = 0,36$  с);  
 г) и д) - рост и распространение факела пламени по слою ЛГМ ( $t = 0,48$  с)



1 – экспериментальные точки (средние значения) с указанием доверительного интервала, 2 – аппроксимирующая прямая

Рис. 2. Зависимость времени задержки зажигания травяной ветоши от начальной температуры нагретой частицы

Расстояние между отдельными морфологическими элементами на границе контакта «ЛГМ-нагретая частица» в проведенных экспериментах не фиксировалось постоянным. Это соответствует реальному расположению элементов ЛГМ в слое.

Сравнительный анализ зависимостей рис. 2 с данными по зажиганию хвои сосны и листьев березы показывает, что при достижении начальной температуры частицы 1300 К время  $t_{ign}$  также не зависит от размеров источника возгорания. Зависимость времени задержки зажигания от температуры можно аппроксимировать прямой. Аналогичные зависимости получены и для других ЛГМ. Вероятно, это характерно для всех типов лесных горючих материалов. Однако необходимо заметить, что при воспламенении ЛГМ локальным источником нагрева в микропористой структуре происходит комплекс взаимосвязанных диффузионных и конвективных процессов. Результатом этого является тот факт, что вид зависимости времен задержки зажигания ЛГМ значительно отличается от кривых, характерных, например, для топливных композиций [3,4].

Также необходимо отметить, что оценка условий и параметров воспламенения лесных горючих материалов на образцах в виде дисков или пластинок, спрессованных из высушенной травяной ветоши, должна приводить к несколько заниженным, по сравнению с реальными, значениям времен задержки и предельных начальных температур источников нагрева. Проведенные опыты показали устойчивость процесса воспламенения слоя ЛГМ с очень высокой пористостью одиночным локальным источником нагрева. Типичная видеограмма (рис. 1) хорошо иллюстрирует динамику изучаемого процесса.

Установлено, что при взаимодействии углеродистых частиц с развитой пористой поверхностью на слой лесного горючего материала возможно протекание сложных физико-химических превращений каркаса частицы и продуктов пиролиза и сгорания ЛГМ.

На рис. 3 представлено фотоизображение процесса распространения сельскохозяйственного пала в окрестности населенного пункта Черная речка Томской области (случайно зафиксировано одним из авторов статьи). Фронт горения не успел вырасти до больших размеров и у задней кромки пала можно было наблюдать продукты рекреационной нагрузки (отдыха местного населения), а именно остатки древесного угля, частицы которого еще обладали повышенной температурой. Именно углеродистые нагретые до высоких температур частицы, выпавшие на слой травяной ветоши, стали причиной ее возгорания, а конвективные движения воздушных масс привели к устойчивому распространению фронта горения и возникновению сельскохозяйственного пала.



*Рис. 3. Сельскохозяйственный пал, возникший в результате воспламенения травяной ветоши (около населенного пункта Черная речка Томской области, май 2013 года)*

### **Выводы**

Проведено экспериментальное исследование процессов зажигания типичного лесного горючего материала – травяной ветоши нагретой до высоких температур частицей неметалла (углерода). Показана высокая вероятность воспламенения ЛГМ в результате воздействия локального источника нагрева. Полученные закономерности могут быть использованы для создания обобщенной теории зажигания ЛГМ локальными источниками нагрева.

**Список литературы**

1. Гришин, А.М. Экспериментальное и теоретическое исследование сушки лесных горючих материалов // А.М. Гришин, А.Н. Голованов, А.А. Долгов, Е.Л. Лобода, Н.В. Барановский, С.В.Русаков /Известия ТПУ. 2002. Т. 305, вып. 2. С. 31-43.
2. Барановский Н.В. Условия зажигания слоя лесных горючих материалов при локальном нагреве // Н.В. Барановский, А.В. Захаревич, В.И. Максимов/ Химическая физика и мезоскопия. 2012. Т. 14, № 2. С. 175-180.
3. Захаревич А.В.,. Зажигание типичных лесных горючих материалов опада лиственных пород локальным источником энергии // А.В Захаревич, Н.В. Барановский, В.И.. Максимов/ Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21, № 6. С. 23-28.

УДК 699.812.2

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПАССИВНОЙ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

Пасько Д. А., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Пасько Д.А., Онищенко С.А. В данной статье рассказывается о строительных материалах, которые используются для пассивной защиты конструкций от огня, такие как бетон, минеральная вата, целлюлоза. Описаны действия этих материалов во время пожара, их состав и здания, в которых они используются.*

*Ключевые слова: пассивная противопожарная защита, строительные материалы, здания, температура.*

*Annotation. This article talks about building materials that are used to passively protect structures from fire, such as concrete, mineral wool, cellulose. The actions of these materials during a fire, their composition and the buildings in which they are used are described.*

*Keywords: passive fire protection, building materials, buildings, temperature.*

### **Введение.**

В зданиях и в строительных конструкциях используются как активная, так и пассивная противопожарная защита. Активная противопожарная защита включает системы автоматического обнаружения и тушения пожара, в то время как основной целью пассивной противопожарной защиты является попытка уменьшить вероятность воспламенения или замедления распространения огня. Целью использования системы противопожарной защиты является поддержание температуры компонента здания. (элемент из конструкционной стали, электрическая установка) ниже критической температуры во время пожара, но также предназначен для сдерживания пожара в течение ограниченного периода времени. В этой статье были описаны пассивные решения для защиты от огня и объясняются их действие. Начиная с теплоизоляционного барьера, эндотермических строительных материалов, включая бетон и гипс, а также новый раствор на основе щелочно-активированных связующих. Бетон считается огнезащитным, однако в некоторых в определенных случаях плотный и низкопроницаемый бетон (то есть бетон с высокими эксплуатационными характеристиками) имеет тенденцию взрывоопасно растрескиваться во время пожара. Несколько



пожаров в конструкциях вызвали откалывание бетонных элементов, что поставило под угрозу стабильность конструкции. В этом полипропиленовые волокна (ПП) в конкретном случае, добавленные в бетонную смесь, действуют как пассивная система защиты. Другая группа пассивных огнезащитных материалов, описанных в этой статье, являются вспучивающимися и абляционными материалами для защиты стальных конструкций. В данной статье описаны также методы пассивного испытания противопожарной защиты в условиях пожара.

### **Изложение основного материала.**

Существует большое разнообразие теплоизоляционных материалов, которые могут быть использованы для изоляции от теплопередачи. Тем не менее, при испытании огнезащиты теплоизоляторов, можно найти только несколько материалов, которые могут противостоять реальным условиям пожара. Минеральная вата и целлюлозы являются представителями негорячего материала для теплоизоляции. Минеральная вата, также известная как каменная вата или шлаковая вата является одним из старейших видов изоляции, состоящих из негорючих, естественно, огнестойких элементов. Она выдерживает температуру до 1000 ° C и не горит. После отметки в 1000 ° C минеральные волокна начинают плавиться. Минеральная вата может быть использована как: противопожарная изоляция, а также огнеупорный барьер для конструктивных элементов в стальных конструкциях и в качестве огнезащитного покрытия для промышленных труб и воздуховодов. Хорошо спроектированный и поэтому плотно встроенный изоляционный барьер может быть эффективной пассивной тепловой и противопожарной защитой. Целлюлозная изоляция изготавливается в свободной форме из переработанной бумаги, газеты, картона или других материалов. Подобные материалы, он считается одним из самых экологических теплоизоляционных материалов. Хотя состав материала связан с высокой воспламеняемостью, химической обработкой сульфатом аммония и боратом обеспечивают его негорючесть. Более того, из-за высокой компактности целлюлозных волокон, материал почти не содержит кислорода и эффективно закупоривает полости стенок воздуха для горения и, таким образом, может минимизировать распространение огня. Поскольку целлюлозная изоляция представляет собой сыпучий материал, она может использоваться только для заполнения кровли, пола и стен, поэтому внешняя часть конструкции подвергается прямому воздействию огня. [3].

Бетон широко известен как огнеупорный и негорючий материал, поэтому его используют в качестве основного материала для огнестойких конструкций. Он защищает конструкцию от огня двумя способами. Сам бетон содержит воду, а также цемент состоит из значительного количества гидратированных кристаллов. В случае пожара вода испаряется с поверхности, подверженной нагреву, и таким образом поглощает большую часть тепла, что приводит к минимизации температуры во внутренней части конструктивного элемента. Благодаря низкой теплопроводности бетон защищает основную часть конструкции в течение периода времени, позволяющего принять предупредительные меры в случае по-

жара. Однако недавнее технологическое развитие и растущий спрос на высокопрочные конструкции также вызвали изучение новых технологий при разработке бетона. В результате повышенной плотности и лучшего уплотнения микроструктуры в бетоне с высокими эксплуатационными характеристиками, он особенно восприимчив к скалыванию, в то время как в нормальном бетоне, в большинстве случаев, это явление не наблюдается. Вследствие этого обычно этот бетон используется для защиты стали в железобетонных конструкциях - это обеспечивает ожидаемую огнестойкость. С другой стороны, цементные покрытия не рекомендуется использовать из-за риска образования трещин, растрескивания или расслаивания в контактном слое между бетоном и сталью [2].

Гипс (гидрат сульфата кальция) представляет собой кристаллический минерал, обнаруженный в осадочных породах, но также существует синтетический гипс. Гипсокартонные плиты являются эффективной пассивной противопожарной защитой. Поскольку гипс содержит около 20% химически связанной воды, она может испаряться в случае воспламенения и помочь свести к минимуму температуру внутри защищаемой конструкции и замедлить распространения огня. Более того, гипсокартонные плиты являются абсолютно негорючим материалом и даже после испарения всего количество воды, остается теплоизоляционным барьером. Производители гипсокартонных плит предлагают широкий ассортимент продукции для различных областей применения, в том числе: поверхностная сборка на стенах и потолках, а также в интерьерах лифтов или шахт подобного типа. Гипсокартонные плиты также могут быть использованы для строительства противопожарного сепаратора между двумя областями [1].

При испытании пассивной защиты в огне должны быть доказаны основные требования к изоляции, в частности: материал должен быть классифицирован как негорючий или горючий. Испытание на огнестойкость не учитывает материалы по отдельности, но исследует всю систему, например, туннельное кольцо с облицовкой или даже сложная структурная система, если это необходимо. Цель для систем противопожарной защиты, как правило, демонстрируется в огне испытаний способности поддерживать деталь или сторона должны быть защищена на уровне или ниже либо  $140^{\circ}\text{C}$  (для стен, полов и электрических цепей, необходимых, чтобы иметь огнестойкости) или  $550^{\circ}\text{C}$ , которая считается критической температурой для конструкционной стали, выше которой она находится в опасности потерять свою силу, что приводит к коллапсу [2].

Высокотемпературные условия обеспечиваются в основном газовыми или масляными горелками. В случае испытаний пассивной защиты, нет необходимости продолжать испытания дольше, если критерии изоляции не соответствуют дольше встречал. Более того, для определения эффективности пассивной защиты, испытание должно длиться столько, сколько оно требуется по назначению. Продолжительность теста зависит от рассматриваемого сопротивления огнеупорного материала где число означает минимальный период время в минутах, которое конструкция должна выдерживать при пожаре. Пассивная защита считается эффективной, если по истечении определенного периода времени защищаемая структура не подвергается воздействию огня, или несущие свой-

ства конструктивного элемента испытательной системы не снижаются до нежелательных показателей.

Выводы и перспективы дальнейших исследований.

Системы пассивной противопожарной защиты, как правило, бывают представлены средствами противопожарной защиты, встраиваемыми в конструкцию здания с целью обеспечения его способности выдерживать воздействие огня в течение установленного периода времени. Системы пассивной противопожарной защиты обеспечивают защиту конструкции здания и жизнь людей в здании в случае возникновения пожара, предотвращая или препятствуя распространению огня внутри или снаружи помещений, обеспечивая тем самым устойчивость здания, а также возможность и безопасность экстренной эвакуации людей. Меры пассивной противопожарной защиты включают конструктивные, строительные и организационные меры защиты, такие как деление помещений на отсеки, наличие эффективных и безопасных средств эвакуации и обеспечение доступа в здание для пожарных.

Выбор типа строительных материалов и порядок их использования для обеспечения требуемого уровня пассивной противопожарной защиты зависит от двух факторов: реакция материалов на воздействие огня и их огнестойкость. Исходя из проведенных тестов ясно, что системам пассивной противопожарной защиты есть куда расти, но даже на сегодняшний день их использование является крайне эффективным и материалы, приведенные в данной статье являются самыми актуальными в использовании в этой сфере.

#### Список литературы

1. Вахитова, Л.Н., Калафат П.И. Конструктивная огнезащита стальных каркасов зданий. Киев: УЦСС, НПІ Інтерсервіс, 2015. - 67 с.
2. Гусев, Б.В. Бетонведение – фундаментальное и прикладное. Бетон и железобетон пути развития. Москва: 2005.,344с.
3. Чумаченко Ю.Т., Чумаченко Г.В. Материаловедение. 4-е изд., перераб. - Ростов н/Д: *Феникс*, 2005. - 320с.

УДК 620.22

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК БАЗА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Пинчук В. И., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк

*Пинчук В.И., Онищенко С.А. Масштабы и характер пожаров зависят от типа и объемов поражения, характеристик застройки, пожарной безопасности объектов, метеорологических условий и других факторов.*

*Под пожарной обстановкой необходимо подразумевать масштабы и плотность поражения пожарами населенных пунктов, объектов и прилегающих к ним лесных массивов, влияющих на работу объектов экономики, жизнедеятельность населения, а также на организацию и проведение спасательных и других неотложных работ.*

*Предварительная оценка пожарной обстановки имеет целью выявить возможные очаги возникновения сплошных пожаров и огневых штормов в случае их возникновения.*

*Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, прогнозирование, техногенный характер, вероятность, моделирование, мониторинг.*

*Annotation The scope and nature of fires depends on the type and extent of damage, the characteristics of development, fire safety of facilities, meteorological conditions and other factors.*

*By the fire situation, it is necessary to mean the extent and density of fires in settlements, objects and adjacent forests, affecting the operation of economic facilities, the livelihoods of the population, as well as the organization and conduct of rescue and other urgent operations.*

*A preliminary assessment of the fire situation is intended to find out possible foci of continuous fires and fire storms in case of their occurrence.*

*Key words: emergency, forecasting, technogenic character, probability, modeling, monitoring.*

### Введение

Прогнозирование ЧС обычно имеет цель установить возможный факт ее появления и возможные последствия. Для прогнозирования ЧС используют за-

кономерности территориального распределения, и проявления во времени различных процессов и явлений, происходящих в живой и неживой природе. Методика прогнозирования заключается в определении вероятности аварий и катастроф путем выявления источников опасности; определения части оборудования, которое может вызвать опасные состояния; исключения из анализа маловероятных случаев. Обычно источником опасности являются источники энергии, процесс производства и условия его осуществления. Окончательно опасность можно оценить только после оценки ЧС.

### **Результаты и обсуждение**

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций - передовое отражение вероятности появления также формирования ЧС на основе рассмотрения вероятных факторов ее появления, ее источника в прошедшем и настоящем. Прогнозирование способно нести долговременный, кратковременный либо оперативный характер. Прогнозирование ЧС может быть только лишь на основе решения вопросов мониторинга. Наблюдение окружающей среды устанавливают, как систему исследований, а также контроля, проводимых систематично, согласно конкретному плану с целью оценки состояния окружающей среды, рассмотрения совершающихся в ней процессов, также своевременного раскрытия направленности ее изменения [3]. В зависимости от масштаба ЧС различают мониторинг мировой, областной, импактный, базовый.

Деятельность системы прогнозирования, а также моделирование ЧС гарантируется МЧС при содействии с другими органами исполнительной власти и их территориальными органами. Главными вопросами системы прогнозирования и моделирования ЧС считаются:

- оперативный сбор, обрабатывание, а также исследование данных о возможных источниках ЧС природного и технологического характера;
- прогнозирование вероятного появления ЧС и их последствий на базе оперативных фактических, а также прогностических данных, поступающие от ведомственных также других служб исследования за состоянием окружающей среды, ситуацией на вероятно опасных объектах и примыкающих к ним территориях;
- лабораторный контроль, осуществляемый с целью выявления, также индикации радиоактивного, химического, биологического (бактериологического) инфицирования предметов окружающей среды, продовольствия, питьевой воды, провиантского и фуражного сырья;
- создание и оценка эффективности реализации мер по предотвращению либо устранению ЧС;
- разработка сценариев формирования ЧС;
- информационное обеспечение управления также контролирования в сфере предупреждения, также ликвидации ЧС;
- создание специальных геоинформационных систем, банк сведений согласно источникам ЧС, а также иных информативных сведений [4].

В зависимости от периода упреждения стихийного бедствия прогнозы разделяются на кратковременные, также долговременные. Моделирование лесных, также торфянистых пожаров осуществляется на базе оценки синоптического мониторинга состояния погоды в конкретной области, уровня посещаемости лесных массивов людьми, ведения лесоразработок и т.п. Стихийные бедствия появляются непредвиденно, но, их результаты могут быть предотвращены либо значительно уменьшены при помощи предупредительных мер:

- заблаговременного моделирования бедствий, а также их последствий;
- своевременное предупреждение жителей, а в некоторых вариантах организации его эвакуации;
- отгона, также спасение животных;
- вывоза материальных ценностей.

Моделирование ЧС техногенного характера - научно аргументированное предвидение вероятности появления ЧС, их формирования, характера, масштабов, а также последствий и т.п. Предупреждение ЧС – комплекс мер законодательного, экономического, административного, технологического также другого характера, исполняемых в рамках общегосударственной политики на республиканском, областном и районном уровнях, нацеленных на обнаружение, также исследование факторов появления ЧС и обстоятельств, им способствующих, на исследование и реализацию мер, которые обеспечивают их предотвращение либо нейтрализацию [1].

В основе моделирования, а также оценки вероятных последствий ЧС, при необходимости в конкретный период времени выполняется уведомление жителей об надвигающейся угрозе стихийного бедствия, о произошедшей катастрофы либо аварии, представляющих угрозу для всего населения.

Целью независимой пожарно-технической экспертизы считается установление факторов появления, также развития горения (пожара). Главные вопросы независимой пожарно-технической экспертизы установление зоны, также момента времени возникновения начального горения (источника пожара), направления распространения горения, иных отличительных черт пожара; установление механизма появления и формирования горения; обнаружение факторов, содействующих появлению и формированию пожара. Помимо изучения ранее случившихся пожаров, в задачи пожарно-технической экспертизы зачастую вступает устранение возможных возгораний, т.е. анализ соответствия объекта пожарным общепризнанным меркам, также анализ пожарного риска. Пожарная безопасность каждого объекта, равно как квартирному, так и нежилому зданию является обеспеченной в то время, когда целиком выполнены условия пожарной безопасности, также пожарный риск наименьший. С целью решения данной проблемы пожарно-техническая экспертиза производит:

- изучение строительных зданий, планов, также рабочих чертежей;
- проверку соотношения объектов противопожарным нормам, установление состояния противопожарной защиты объектов;
- разработку пожарной декларации для строений разного назначения;
- независимую оценку пожарных рисков;

- аудит пожарной безопасности;
- разработку рекомендаций согласно вопросам пожарной безопасности.

Независимый анализ пожарного риска либо аудит пожарной безопасности содержит в себе ряд шагов: сравнение фактического состояния объекта с условиями общепризнанных мерок; установление имеющихся рисков; анализ данных рисков; технический анализ имеющихся событий, также систем обеспечения безопасности; предложения по увеличению степени защищенности. А заключение включает итоги выполнения независимой оценки пожарного риска, вывод об исполнении условий соответствия объекта защиты условиям пожарной безопасности, но в случае невыполнения - рекомендации о принятии мер согласно обеспечения исполнения условий, при которых объект защиты станет отвечать условиям пожарной безопасности.

В случае если сказать о пожарно-технической экспертизе в части экспертизы пожарной безопасности, наиболее верным станет подобное определение: экспертиза пожарной безопасности объекта - это оценка или анализ соотношения объекта пожарной экспертизы предъявляемым к нему условиям пожарной безопасности, итогом которой считается заключение.

При данном пожарная безопасность достигается возможностью избежания появления, также формирования пожара, но кроме того влияния на людей и на их имущество опасных факторов пожара. При этом грамотно сказать касательно системы противопожарной защиты, как об комплексе организационных событий, также технических средств, нацеленных на защиту людей, также их собственности от влияния опасных факторов пожара и ограничение последствий влияния опасных факторов пожара на объекты защиты. Пожарно-техническое обследование - это совокупность событий, что дает возможность оценить степень пожарной безопасности объекта защиты. Пожарно-техническое обследование объекта защиты как правило ведется в рамках процедуры пожарного аудита. Обследование объекта ведется специалистами с целью извлечения абсолютных также объективных данных об состоянии пожарной безопасности объекта.

Метод проведения пожарно-технического обследования объекта содержит в себе совокупность специализированных экспертиз: экспертизу главного плана объекта, внутренней распланировки сооружения, противопожарных препятствий, эвакуационных путей, а также выходов, противодымной защиты сооружения, вентиляционных систем, противовзрывной защиты сооружения, а также экспертизу технических заключений. Расчет пожара (моделирование опасных условий) нужен с целью оценки своевременности эвакуации, также разработке мероприятий согласно ее совершенствованию, при формировании и совершенствовании систем сигнализации, уведомления, также тушения пожаров, при разработке планов пожаротушения (планирования боевых мероприятий пожарных подразделений при пожаре), с целью оценки фактических пределов огнестойкости, проведении пожарно-технических экспертиз, также иных целей.

С целью прогнозирования опасных факторов пожара в наше время применяются интегральные (мониторинг средних значений характеристик состояния среды в помещении для каждого этапа формирования пожара), зонные (мониторинг объемов характерных пространственных зон, образующихся при пожаре в помещении, также средних значений характеристик состояния среды в данных зонах для каждого этапа формирования пожара. Примеры зон – припотолочная зона, восходящий над источником горения поток горячих газов, а также зона незадымленной холодной области) также полевые (дифференциальные) модели пожара (мониторинг пространственно-временного распределения температур также скоростей газовой среды в помещении, концентраций частей среды, давлений и плотностей в каждой точке здания). Отсутствие своеобразного способа оценки техники, также обращение к просторному диапазону прогностических и аналитических способов, созданных и используемых в иных сферах изучений, представляется на первый взгляд весьма значительным минусом, ставящим под подозрение саму возможность оценки техники на существование. Анализ техники никак не основана на какой-либо каузалистической теории; она не обладает и общей методологии, хотя «рамочным» с целью многих изучений техники считается системный подход [2].

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Состояние погоды и большинство стихийных бедствий прогнозирует Гидрометеослужба Комитета по гидрометеорологии. Необходимую информацию служба получает от своих средств наблюдения, от Всемирной службы погоды, от аналогичных служб соседних государств. Международное сотрудничество координируется Международной Метеорологической организацией, входящей в структуру ООН. Таким образом, система мониторингов, необходимая для учета, анализа, оценки и прогноза изменения состояния природной среды на различных уровнях, позволяет принимать меры по достижению и сохранению стабильно равновесного состояния жизненной среды.

#### Список литературы

1. Бехманн, Г. Оценка техники и оценка воздействия на окружающую среду // Динамика техносферы: социокультурный контекст. / Под ред. Н.Г. Багдасарьян. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998.
2. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Принципы самоорганизации и устойчивого совместного развития сложных систем. // Высокие технологии и современная цивилизация. - М.: ИФ РАН, 1999. - С. 45.
3. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МВД РФ, 2000.
4. Пожарные риски. Вып. 3. Прогнозирование динамики пожарных рисков / Под ред. Н.Н. Брушлинского. - М.: ФГУ ВНИИПО, 2005. - 64 с.



УДК 5:001.4 5:061.2/4

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА НА ТЕРРИТОРИИ ДНР

Прихно В.И., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Прихно В.И., Онищенко С.А. Целью исследования является возможность возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера на территории Донецкой Народной Республики. Классификация причин возможных аварий, а также способы предупреждения.*

*Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, авария, техногенный характер, прогнозирование, окружающая среда, население.*

*Annotation: The aim of the study is the possibility of emergencies of a technogenic nature in the territory of the Donetsk People's Republic. Classification of the causes of possible accidents, as well as methods of prevention.*

*Key words: emergency, accident, technogenic character, forecasting, environment, population.*

### **Введение:**

Эта статья посвящена системе прогнозирования чрезвычайных технологий. При решении проблем с прогнозированием последствий аварийной ситуации пространственный аспект информации важен, когда необходимо оценить не только характер и масштабы аварии, но и ее местонахождение.

Прогнозирование аварии означает определение места и времени возникновения чрезвычайной ситуации, вероятности ее возникновения (в первую очередь, вероятности возникновения аварийного источника), ее потенциального характера и возрастающей распространенности, угрозы здоровью и жизни людей и ущерба окружающей среде [2].

Опыт устранения крупных и серьезных технологических аварий, произошедших в истории человечества, показывает, что точный и своевременный прогноз их возникновения приводит не только к меньшим диапазонам, но и к значительному уменьшению числа серьезных последствий.

Источники техногенных чрезвычайных ситуаций включают: транспортные аварии (включая железные дороги), пожары и взрывы в промышленных и жилых районах, аварии, связанные с выбросом опасных, радиоактивных и биоло-

гически опасных химических веществ, а также аварии в энергетических системах [3].

Донецкая Народная Республика - очень технологичный район. Для территории Донецкой Народной Республики чрезмерной концентрацией предприятий тяжелой промышленности является отличительная черта: уголь, горнодобывающая промышленность, черные и цветные металлы, металлообработка, машиностроение и химическое машиностроение, электроэнергетика.

В результате дополнительной острой проблемой является управление промышленными отходами. Отходы, накапливаемые в больших количествах, часто связаны с радиологическими и химическими опасностями, которые негативно влияют на окружающую среду и население. [1].

Кроме того, аварии могут быть вызваны боевыми действиями на территории Донецкой Народной Республики, что требует особого внимания к требованиям прогнозирования чрезвычайных ситуаций.

#### Изложение основного материала исследования

Донецкая Народная Республика богата промышленными объектами, которые могут быть опасными для ее последствий в результате аварии. В этой статье указаны пять наиболее опасных компаний, причиной которых якобы являются несчастные случаи военных операций, но далеко не все компании могут нанести тяжелые человеческие и материальные потери в результате чрезвычайной ситуации.

Донецкая фильтровальная станция. На складе этого растения хранится большое количество хлора, который может быть очень токсичным при утечке из-за аварийной ситуации или из-за скорлупы.

Не зря именно эту опасность предупредили эксперты, подтвердив, что 24 февраля 2017 года снаряды находились на складе, где хранилось более 7 тонн газообразного хлора. И случайно контейнеры не были повреждены. Однако, если результат не является доброкачественным, газообразный хлор и химические соединения, содержащие хлор в активной форме, могут привести к групповому отравлению. В легких случаях у пострадавших может развиваться боль в горле, тошнота, кашель и головная боль. Но при остром отравлении в населении, которое будет близко к растению, пары хлора могут сжечь дыхательную систему и привести к быстрой смерти в результате отека легких.

Авдеевский коксохимический завод. Компания находится на грани экологической и технологической катастрофы. Из-за военных действий постоянно возникают трудности с энергоснабжением завода. В случае полного прекращения производства кокса в АКХЗ, в проекте могут произойти сбросы неочищенной промышленной воды с содержанием вредных и токсичных веществ (аммиак, фенолы, тиоцианат, гудрон и т. Д.), В сотни раз превышающих максимально допустимые нормы сброса. Популяции могут иметь катастрофические последствия - острые отравления и длительный рак.

В случае попадания снарядов на рабочее место может произойти настоящая катастрофа. Экологи утверждают, что кокс получают в специальных батареях,

где уголь нагревается без доступа воздуха. Образуется много летучих продуктов, бензопирин. Они дают острое отравление, в будущем - рак.

Донецкий государственный завод. Основной опасностью для населения Донецкой народной республики в регионе является ядерное хранилище, которое расположено на территории Донецкого завода и было построено в 1958 году. Здесь повторно захоронено 400 кубометров отходов, размещенных в 150 контейнерах. Опять же в 1997 году в результате экспертизы выяснилось, что могильник низкого давления - одна из плит осела, появилась трещина, затем ее залили бетоном. Однако за последние два десятилетия проблема захоронения не возникла. Если снаряд попадет в него в результате военных действий, это может угрожать региону настоящей ядерной катастрофой. Для населения это грозит массовым отравлением, наследственными и раковыми заболеваниями. В то же время эксперты говорят, что само складское пространство мало, и поэтому они утверждают, что вероятность падения снаряда очень мала: ширина 10 метров, длина 20 метров и глубина 3 метра, а объем 600 кубометров. Железобетонные панели покрыты гидроизоляционным слоем - кровельными материалами, смоляной и цементно-асфальтовой стяжкой.

Дзержинский завод. Этот проект принадлежит химической промышленности, единственной в СНГ, где централизованная обработка фенольного сырья, нафталина, пиридина, является побочным продуктом высокотемпературного кокса. И в случае взрыва на том же заводе не только территория вокруг соседнего города Дзержинск, но и Горловка, Енакиеву, подвержена загрязнению.

Объединение «Стирол» в Горловке. Авария на этом объекте очень серьезная. Аммиак и концентрированная серная кислота образуют газовое облако. Все те, кто находится под ним, получают ожоги дыхательных путей. Кроме того, в результате попадания снарядов в производственные здания, склады и пустые емкости, которых на предприятии много, по-прежнему существует угроза появления ядовитых облаков. Последствия этого могут быть серьезные химические ожоги.

Помимо потенциальных аварий, вызванных боевыми действиями, на территории Донецкой Народной Республики существует ряд других причин:

-Нарушение технологии производства - несовместимость с требованиями, указанными в исходных материалах, а также отсутствие чистоты производственных помещений - все это приводит к появлению дефектов, которые зачастую трудно обнаружить при испытаниях изделий на предприятиях.

-Несоблюдение правил хранения, транспортировки опасных химических веществ, агрессивных, взрывоопасных материалов, пожаров и неправильного обращения. Все взрывчатые вещества - это химические вещества, фейерверки и пары, которые сами по себе являются взрывчатыми веществами, а также такие материалы, как чувствительные соли металлов, которые могут быть преобразованы отдельно или в смеси, или при воздействии определенных температур, ударов, трения или химического воздействия и могут привести к взрывной реакции. Некоторые химические вещества, такие как минералы натрия и калия, вступают в реакцию с водой с образованием тепла и горючих

или взрывоопасных газов. Некоторые катализаторы полимеризации, такие как алюминий алкильные соединения, часто вступают в реакцию и загораются при контакте с водой. Химические склады, которые взаимодействуют с водой, не должны содержать воду в местах хранения. Автоматические системы распыления должны использоваться без воды. [5].

-Недостаток дисциплины, небрежность и пренебрежение обслуживающим персоналом, а иногда и его низкая эффективность - часто причиной несчастных случаев является человеческий фактор, а неспособность отдельных сотрудников выполнять свои конкретные обязанности из-за усталости, лени, пренебрежения или протеста, что может привести к негативным последствиям, которые могут привести к Чрезвычайная ситуация, наносящая огромный вред здоровью и жизни населения.

-Принятие просчетов при проектировании, строительстве и оснащении учреждений является одной из важнейших характеристик, подтверждающих надежность строительных конструкций, зданий и сооружений в целом, а также надежность их работы - способность нормально выполнять свои функции в течение всего рабочего времени. Предельные состояния определяются как случаи, в которых конструкция или фундамент (здание или конструкция в целом) перестают отвечать конкретным эксплуатационным требованиям или требованиям в ходе выполнения работы (строительства).

-Амортизационные и штучные системы, оборудование. Износ оборудования теряет свою стоимость и производительность. Потребление может происходить по многим причинам: устаревание оборудования, потеря конкурентоспособности и т. Д. Сегодня антикоррозийная обработка и продление срока службы оборудования является очень актуальной задачей. [4].

Для повышения уровня аварийного прогнозирования на территории Донецкой Народной Республики проводится мониторинг, который должен включать: мониторинг состояния окружающей среды, критических и потенциально опасных вещей, сбор и обработку информации, а также оценку характеристик природных и техногенных рисков, экспертные аналитические методы. Актуальные методы математического моделирования в первую очередь: экспериментальные методы моделирования природных и технологических процессов. Методы численного моделирования. Используйте текущие модели и инженерные расчеты. Для повышения эффективности оперативного прогнозирования необходимо формализовать методы и модели. Существуют также операционные ожидания (краткосрочные) и долгосрочные ожидания.

Краткосрочные оперативные прогнозы направлены на получение предварительных данных о вероятной ситуации для принятия решений о защите населения и территорий от неблагоприятных последствий чрезвычайных ситуаций. Оперативное прогнозирование основано на интегрированных технологиях, которые включают: методы наблюдений, методы математического моделирования и геоинформационные технологии. Методы мониторинга включают в себя: мониторинг состояния окружающей среды, потенциально важных и потенциально опасных вещей, сбор и обработку информации, и оценку характеристик

природных и технологических опасностей, экспертные аналитические методы. Актуальные методы математического моделирования в первую очередь: экспериментальные методы моделирования природных и технологических процессов. Методы численного моделирования. Используйте текущие модели и инженерные расчеты. Геоинформационные технологии включают в себя: создание и ведение банка данных, интерпретацию первичной информации, обработку данных для последующего использования в расчетах, моделировании и прогнозах. Для повышения эффективности оперативного прогнозирования необходимо формализовать методы и модели.

Долгосрочное прогнозирование направлено на оценку комплексных рисков чрезвычайных ситуаций с учетом их вероятности возникновения и потенциального вреда. Методы долгосрочного прогнозирования используют методологию анализа и управления рисками. Результаты долгосрочного прогнозирования являются основными данными для: определения направленности основных усилий административных органов в области реагирования на чрезвычайные ситуации, Разработка паспортов безопасности для регионов и критических и критических объектов, разработка перспективных и текущих планов по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, разработка целевых программ на федеральном и региональном уровнях для уменьшения масштабов и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Основные методы долгосрочного прогнозирования включают: методы моделирования сценариев, статистическую обработку данных и прогнозов мониторинга, экстраполяцию данных в контролируемых районах, методы и методы составления карт анализа рисков, ведение баз данных сценариев возникновения и развития для аварийных ситуаций с учетом потенциального распределения во времени и месте, специализированные и аналитические методы для долгосрочного прогноза.

В настоящее время значительные усилия в области прогнозирования чрезвычайных ситуаций направлены на создание информационно-аналитических методов. Эти технологии позволяют контролировать параметры состояния окружающей среды, и с помощью соответствующих математических моделей они немедленно предвидят возникновение и развитие опасных природных процессов, которые приводят к чрезвычайным ситуациям. Прогнозирование местоположения потенциальных аварийных ситуаций, вызванных военными операциями, основано на оценке таких факторов, как важность потенциальных бомбардировок (особенно критических или опасных предметов), уровень физической защиты и активность террористических проявлений в конкретной области. Подход к определению вероятности непредвиденных обстоятельств может быть определен на основе общего процесса, когда вероятность непредвиденных обстоятельств может быть представлена следующим образом:

$$P = P_1 \times P_2 \times P_3$$

где  $P$  — вероятность возникновения чрезвычайной ситуации;

$P_1$  — вероятность появления источника опасности, обуславливающего возможность возникновения чрезвычайной ситуации;

$P_2$  — вероятность образования опасного воздействия на объект защиты;

При прогнозировании вероятности возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций на основе моделирования составляются типовые сценарии возникновения этих ситуаций применительно к реализуемым технологическим процессам.

Характерной особенностью этого подхода является моделирование развития техногенной чрезвычайной ситуации от инициирования чрезвычайной ситуации до появления поражающего воздействия.

При рассмотрении типовых сценариев возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций вероятность взрыва заряда взрывчатого вещества, повреждение или разрушение радиационно-опасного производственного элемента, выброса токсичных веществ, выбросы горючих веществ и возникновение аварийной ситуации на гидротехническом сооружении могут быть идентифицированы с вероятностью  $P_3$  непосредственного возникновения чрезвычайной ситуации.

Образование ударной волны. Взрыв заряда метательных, бризантных, инициирующих и др. взрывчатых веществ Поражение осколками Термическое поражение

В случае, когда  $P_1=P_2=1$ , (что характерно для чрезвычайных ситуаций техногенного характера)  $P=P_3$ , т.е. вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций определяется вероятностью возникновения причин, непосредственно вызывающей эти ситуации с образованием соответствующих поражающих факторов. Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных причинами военного характера, определяется принимаемым сценарием военных действий.

Для предотвращения техногенных чрезвычайных ситуаций основные меры направлены на предотвращение аварий и стихийных бедствий, прежде всего на потенциально опасных объектах. Основные меры по предотвращению аварий и катастроф на опасных объектах в Донецкой Народной Республике: разработка надежных промышленных установок и оборудования; внедрение автоматизации в производство; повышение надежности систем управления оборудованием; своевременная замена старого оборудования; своевременный анализ машин и оборудования на наличие ошибок; соблюдение персоналом правил эксплуатации и техники безопасности; контроль системы пожарной безопасности. сокращение количества ультрафиолетовых самолетов на объектах до необходимого; соблюдение правил безопасности при транспортировке опасных материалов; использование результатов аварийного прогноза для улучшения системы безопасности;

Выводы и перспективы дальнейших исследований

На всех этапах прогнозирования чрезвычайных ситуаций используется общий методический порядок действий:

1. Своевременный сбор и анализ необходимых исходных данных;

2. Разработка математического аппарата, необходимого для прогнозирования (статистический анализ или моделирование процесса);
3. Выполнение расчетных процедур;
4. Оценка получаемых результатов.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является сложной научной и практической задачей. Такие технологии принимаются во внимание: Источники чрезвычайных ситуаций, сбор и обработка исходной информации, полученной в ходе мониторинга опасностей, вызывающих чрезвычайные ситуации; оценку последствий и рисков чрезвычайной ситуации. Разработка аварийных моделей и методов прогнозирования их основных показателей.

#### Список литературы

1. Анализ технологий прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. С.В.Горбунов, Ю.Д.Макиев, В.П.Малышев. –Москва:Стратегия гражданской защиты: проблемы и решения. №11. 2011.С.43-52.
2. Мартынюк, И.В. Разработка принципов методов прогнозирования оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Наука и техника транспорта, 2006. -№4.-С 52-58.
3. Мاستрюков, Б. С. Чрезвычайные ситуации техногенного характера и защита от них : учебник для вузов / Б. С. Мастрюков. –Москва : Академия, 2009. –315 с
4. Обеспечение пожарной безопасности предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности: рекомендации. —М.: ВНИИПО, 2004. -158с.; Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий. М.: ВНИИПО, 2006. -93с.
5. Синяева, О.А Методические основы прогнозирования чрезвычайных ситуаций техногенного характера. Региональная кластеризация-механизм создания инвестиционно-привлекательной территории региона // Самоуправление. 2010. № 2. С. 32-35.

УДК 614.849

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИКИ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Рахманова Е. В., студентка  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Рахманова Е.В., Онищенко С.А. В данной статье описаны примеры применения в сфере пожарной безопасности знаний, полученных при изучении теплотехники.*

*Ключевые слова: теплотехника, производство тепла, правила пожарной безопасности, термодинамическая система.*

*Abstract: This article describes examples of the application in the field of fire safety of knowledge gained in the study of heat engineering.*

*Key words: heat engineering, heat production, fire safety rules, thermodynamic system.*

### **Введение**

Теплотехника – наука, которая изучает методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых машин, аппаратов и устройств. Теплота используется во всех областях деятельности человека. Для установления наиболее рациональных способов его использования, анализа экономичности рабочих процессов тепловых установок и создания новых, наиболее совершенных типов тепловых агрегатов необходима разработка теоретических основ теплотехники.

При энергетическом использовании, теплота преобразуется в механическую работу, с помощью которой в генераторах создается электрическая энергия, удобная для передачи на расстояние. Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания. При технологическом - теплота используется для направленного изменения свойств различных тел (расплавления, затвердевания, изменения структуры, механических, физических, химических свойств).

### **Изложение основного материала**

Теплообмен - сложный процесс. Однако для простоты исследования выделяют три основных типа теплопередачи: теплопроводность (проводимость), конвекция и тепловое излучение.



В технологических процессах производства тепла и электроэнергии используются горючие материалы и вещества (используемые, хранящиеся, преобразованные и т. д.) В твердом, жидком и газообразном состоянии, в виде газа, пыли, волокон, паров, которые проявляют характеристики различной пожарной опасности.

Правила пожарной безопасности (ГОСТ 12.1.004 - 91) предусматривают общие меры по предотвращению создания горючей среды, и в различных отраслях промышленности чаще всего используются следующие элементы:

- Максимально возможное использование негорючих материалов вместо горючих;

Максимально возможная масса и объем материалов и горючих материалов

Самый безопасный способ его разместить.

- Изоляция от воспламеняющейся среды.
- Максимальное удаление горючих сред от источников возгорания;
- Автоматизация и автоматизация процессов.
- Поддержание требуемых параметров горючей среды по концентрации, давлению и температуре.

Для обеспечения пожарной безопасности всех технологических и производственных процессов необходимо по возможности:

1. Предотвратить образование легковоспламеняющихся сред;
2. Предотвратить образование источников возгорания.
3. Исключить возможность контакта (реакции) горючей среды с источником возгорания.[2]

Все технологические процессы объединены противопожарными мероприятиями, связанными с монтажом и схемами эксплуатации электрооборудования, систем вентиляции, отопления, печей и другого оборудования. Электрооборудование оснащено клапанами, автоматическими выключателями и другими устройствами, разделяющими электроустановки в случае короткого замыкания и перегрузки. Сечение проводов и кабелей определяется по их допустимому значению тока. Пусковое оборудование оснащено искрогасителем. Для предотвращения действия искр и других источников зажигания, возникающих в электроустановках, на взрывоопасные газовые и пожароопасные горючие среды используемое электрооборудование (светильники, электродвигатели, пускатели и т.п.) выбирается в зависимости от категории взрывной и пожарной опасности помещений, установленных ОНТП - 86, а также класса пожароопасных и взрывоопасных зон, установленных ПУЭ – 84, по ДНАОП 0.00 – 1.32 – 01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок». На корпусе электрооборудования имеется маркировка, в соответствии с которой электрооборудование может устанавливаться, например, в взрывоопасных средах II В и II А, при температуре на поверхности при его работе не более 200° С [3].

Невозможно преобразовать тепловую энергию в механическую на электростанциях без использования материала, предназначенного для восприятия тепла и выполнения работы. Это вещество называется рабочим телом. Рабочая жид-

кость может быть в газообразном, жидком или твердом состоянии, но для преобразования тепловой энергии в механическую энергию нашли лучшее применение газовые тела, так как они способны значительно изменять свой объем только при изменении температуры и давления. При теоретическом изучении газов принято рассматривать так называемый идеальный газ. Идеальный газ - это газ, в котором нет сил сцепления между молекулами, а сами молекулы считаются материальными точками. В природе таких газов нет, но в инженерных расчетах вполне допустимо считать идеальными все газы, кроме паров некоторых жидкостей (например, водяного пара), которые могут находиться в двух разных состояниях, то есть пар - это настоящий газ.

Группа взаимодействующих между собой рабочих органов образует термодинамическую систему. Физические тела, не являющиеся частью Системы, составляют окружающую среду. Тела веществ, входящих в термодинамическую систему, делятся на источники тепла и рабочие тела, совершающие механическую работу под действием источника тепла. Система, которая не обменивается теплом и массой с окружающей средой, считается изолированной. Система, не имеющая отношения к окружающей среде, называется исключением или исключением. В противном случае система называется открытой.

При взаимодействии с окружающей средой рабочее тело переходит из одного состояния в другое, о чем можно судить по изменению параметров его состояния. Если состояние рабочего тела не меняется со временем и параметры имеют одинаковое значение в разных точках пространства, то такое состояние вещества называется равновесным (постоянным). При отсутствии такого равновесия состояние рабочего тела называется дисбалансом. При изменении параметров системы изменяется и состояние системы, то есть осуществляется термодинамический процесс, представляющий собой непрерывную последовательность состояний равновесия. Не все реальные процессы находятся в равновесии, поскольку они обнаруживают различные части системы, которые имеют определенные температуры, давления, объемы и т. д. Однако этот дисбаланс может быть бесконечно малым при уменьшении скорости процесса, и, таким образом, понятие «процесс» понимается как термодинамический процесс в равновесии. Не каждый реальный процесс находится в равновесии, потому что он разворачивает различные части системы, которые имеют определенные температуры, давления, объемы и т. д. Однако этот дисбаланс может быть бесконечно малым с уменьшением скорости процесса, и, таким образом, понятие «процесс» понимается как Термодинамический процесс в равновесии. Равновесный процесс может протекать в сторону увеличения или уменьшения одного из параметров условия, то есть в одну сторону и в противоположную. В этом случае система каждый раз проходит через одни и те же состояния, но в обратном порядке. Следовательно, равновесные процессы обратимы. Отличительной чертой обратимых процессов является отсутствие остаточных изменений в системе и в окружающей среде, когда система возвращается в исходное состояние. Процессы, не обладающие этим свойством, называются необратимыми. Когда в системе происходит необратимый процесс, ее возвращение в исходное

состояние требует дополнительных затрат энергии из окружающей среды. Все реальные процессы необратимы из-за трения, теплообмена с ограниченным перепадом температур и ограниченным временем его протекания [3].

Каждая термодинамическая система имеет свою внутреннюю энергию. Внутренняя энергия - это смесь всех видов энергии (тепловой, химической, электрической, магнитной и т. д.), которыми обладает рабочая жидкость или система тела. Молекулярная кинетическая энергия - это внутренняя кинетическая энергия (ее конкретный параметр - температура  $T$ ), а энергия межмолекулярного взаимодействия (конкретные параметры для нее - давление  $p$  и объем  $v$ ) - внутренняя потенциальная энергия. Сумма этих типов энергий будет называться внутренней энергией тела. Внутренняя энергия обозначается  $U$  и измеряется в джоулях (Дж), а удельная внутренняя энергия  $u = U / M$  в джоулях на килограмм (Дж / кг). Для идеальных газов силы межмолекулярной адгезии равны нулю, поэтому внутренняя энергия этих газов будет зависеть только от их абсолютной температуры:  $U = f(T)$ . Энергетическая ценность. Значение внутренней энергии идеального газа можно определить  $u = c_v T$ .

Внутренняя энергия в произвольных термодинамических процессах может частично передаваться от одного тела к другому в форме теплоты. Характерной особенностью этой формы является то, что осуществляется оно путем энергетического взаимодействия между молекулами участвующих в процессе тел, то есть при этом отсутствует взаимное движение тел.

Поскольку теплота (тепловая энергия) представляет собой часть внутренней энергии, передаваемой в термодинамическом процессе, то принято говорить, что теплота подводится или отводится от тела. Энергия отведенная в форме теплоты, считается отрицательной, подведенная — положительной. Теплоту обозначают буквой  $Q$  и измеряют в Джоулях (Дж), удельную теплоту обозначают  $q$  и измеряют Джоули на килограмм (Дж/кг).

Работа также представляет собой часть внутренней энергии, передаваемой в термодинамическом процессе. Но в отличие от теплоты передача энергии в форме работы связана с видимым перемещением тела и в частности с изменением его объема. Работу обозначают буквой  $L$  и измеряют в джоулях (Дж), а удельную работу  $l = L/M$  в джоулях на килограмм (Дж/кг).

Таким образом, теплота и работа являются различными формами передачи внутренней энергии в термодинамическом процессе. Связь между теплотой и работой устанавливает механический эквивалент, равный 4,2 Дж, то есть 1 ккал = 4,2 кДж.

Работа в обычном определении механики есть произведение силы  $F$ , действующей в направлении движения, на путь перемещения тела  $dx$ .

Работа, совершаемая термодинамической системой над окружающей средой, считается положительной и называется механической или работой изменения объема, определяется:

$$L = p_m dv = p_m (v_2 - v_1).$$

Работа, совершаемая сторонними силами (окружающей средой) над термодинамической системой, считается отрицательной и называется технической или работой изменения давления, определяется:  $L = v_m dp = v_m (p_1 - p_2)$  [4].

Пожарная опасность печного отопления заключается в наличии высоких температур на поверхности элементов печи (стенок, патрубков, труб), которые могут быть источником зажигания горючих материалов и сгораемых конструкций зданий. Температура на поверхности элементов нетеплоемких печей зависит от вида сжигаемого топлива, режима топki печей и может достигать более 600 °С.

Температура в топливнике теплоемких печей может составлять более 1000°С, а в дымовом канале в области междуэтажного перекрытия — 500°С. Степень нагрева боковых поверхностей и перекрытия печи, а также дымовых каналов зависит от толщины стенок, вида и количества сжигаемого топлива и продолжительности горения.

Нагретые до высоких температур элементы печей могут быть источником зажигания материалов, находящихся в помещении, и строительных сгораемых конструкций (стен, перегородок, перекрытий, кровли), если они примыкают к поверхностям печей или дымовых каналов.[2]

Пожар может также возникнуть в результате воздействия пламени, дымовых газов и искр на горючие материалы и конструкции через трещины и утечки в строительных печах, дымовых каналах и топочных отверстиях. Возможные причины образования трещин - неправильный выбор строительных материалов из печей и каналов, неравномерное выравнивание здания и топок после окончания строительства, некачественное строительство.

Причинами возникновения пожаров из-за нагрева печи могут быть отсутствие или недостаточный размер вырезов, углублений и расстояний между горячими поверхностями элементов камина и горючими (трудно горючими) конструкциями здания, эксплуатация неисправных печей, дымовых каналов, разделка, нарушение правил безопасной эксплуатации печей и перегрев печей. И так далее. ...

Для систем отопления и отопления помещений в качестве теплоносителя, как правило, следует использовать воду; Во время технико-экономического обоснования могут использоваться другие охлаждающие жидкости. Для зданий в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 40°С и ниже допускается применять воду с добавками, предотвращающими ее замерзание. В качестве добавок не следует использовать взрыво- и пожароопасные вещества, от которых могут возникнуть при аварии выделения, превышающие НКЛРП и ПДК в воздухе помещения.

Отопление местными отопительными приборами одного или нескольких помещений площадью 5% и менее общей площади отапливаемых помещений здания, для которых требования по отоплению отличаются от требований для основных помещений, следует, как правило, проектировать в соответствии с требованиями для основных помещений, если это не нарушит пожаровзрывобезопасность этих помещений.

В помещениях категорий А и Б следует проектировать, как правило, воздушное отопление. Допускается применение других систем, а также систем водяного или парового отопления с местными отопительными приборами, за исключением помещений, в которых хранятся или применяются вещества, образующие при контакте с водой или водяными парами взрывоопасные смеси, или вещества, способные к самовозгоранию или взрыву при взаимодействии с водой.

Системы отопления зданий следует проектировать, обеспечивая равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость, взрывопожарную безопасность и доступность для очистки и ремонта.

Температуру теплоносителя, °С, следует принимать не менее чем на 20% ниже температуры самовоспламенения веществ, находящихся в помещении.

Отопительные приборы газового отопления допускается применять при условии закрытого удаления продуктов сгорания непосредственно от газовых горелок наружу [1].

### **Выводы**

Следует помнить, что больше жертв пожаров связано с паникой и потерей времени. Быстрое распространение дыма от токсичных веществ приводит к удушью. Все важные документы всегда нужно хранить отдельным файлом в легкодоступном месте.

В первую очередь необходимо принять меры по спасению детей. Обычно из страха начинают прятаться под кроватями, в туалете и туалете. Накройте горящее здание влажной тканью или тканью для защиты дыхательной системы и слегка наклонитесь к земле. В условиях сильного дыма ориентируйтесь по расположению дверей и окон, когда вы идете вдоль стен.

Опасность возгорания для систем отопления и кондиционирования воздуха заключается в возможности воспламенения органической пыли, осевшей на трубах и декоративных поверхностях обогревателей, а также в распространении продуктов горения от существующего пожара. через каналы рециркуляции по всему зданию и создание новых источников возгорания.

### **Список литературы**

1. Абрамович, Б. Г. Интенсификация теплообмена излучением с помощью покрытий / Б.Г. Абрамович, В.Л. Гольдштейн. - М.: Энергия, 2019. - 256 с
2. Автономные и специальные системы кондиционирования воздуха. Теория, оборудование, проектирование, исп. - Москва: Наука, 2015. - 460 с.
3. Адрианов, В. Н. Основы радиационного и сложного теплообмена / В.Н. Адрианов. - М.: Энергия, 2014. - 464 с
4. Александров, А. А. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики// А.А. Александров, К.А. Орлов, В.Ф. Очков. - М.: МЭИ, 2019. - 232 с.

УДК 699.81

## ВИДЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ПОВЕДЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА И АВАРИИ

Родина Е. О., студентка,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Родина Е.О., Онищенко С.А. В данной статье рассматривается проблема поведения строительных конструкций в условиях пожара при авариях. Проанализированы необходимые аварийно-спасательные работы на пожаре по спасению людей, имущества и доведению до минимально возможного уровня воздействия опасных факторов пожара.*

*Ключевые слова: Материаловедение, пожар, безопасность, здания, строительные конструкции, пожарная опасность.*

*Abstract: This article examines the problem of the behavior of building structures in a fire during accidents. The necessary rescue operations in a fire to save people, property and bring to the minimum possible level of exposure to dangerous fire factors are analyzed.*

*Key words: Materials science, fire, safety, buildings, building structures, fire hazard.*

### **Введение**

В нашей стране строятся здания и сооружения различного назначения. Инвесторами строительства являются не только государственные структуры, но и разнообразные фирмы и ассоциации, а также физические лица. Наряду с обычными жилыми домами, дачными коттеджами, гаражами, магазинами, производственными и другими зданиями возводятся уникальные строения. В строительных конструкциях зданий и сооружений используются различные по происхождению и пожарной опасности материалы. Конструктивные элементы из железобетона, кирпича, бетона способны в условиях пожара в течение десятков минут, а иногда даже нескольких часов сопротивляться огневому воздействию и не разрушаться.

### **Результаты и обсуждение**

Стальные конструкции зданий при пожаре не горят, не распространяют огонь, но при 15–20-минутном огневом воздействии теряют несущую способность. Традиционным способом огнезащиты стальных конструкций является их обшивка негорючими материалами: кирпичом, теплоизоляционными плитами и штукатуркой. При защите стальных колонн кирпичом кладку армируют с по-

мощью стальных анкеров, приваренных к защищаемой конструкции, а для избежания разрушения кладки из-за не одинакового теплового расширения между колонной и кладкой устраивают небольшой зазор. В качестве теплоизоляционных плит используют гипсовый, асбестоперлитцементные и перлитоверникулетоцементные плиты, которые крепят к колоннам и балкам анкерами, приваренными к защищаемым конструкциям и выпускам арматуры, введённые в плиты при их изготовлении. Огнезащитную штукатурку (цементная или перлитоверникулетоцементная) наносят на металлические колонны и балки по объёмной сетке (сетка рабитца) и арматурному каркасу. Предел огнестойкости стальных защищённых конструкций зависит от вида и толщины защитного слоя и составляет 45-270 мин. (0,75 – 4,5 час) [1]. Однако не всегда облицовки штукатурки приемлемы по эстетическим или экономическим соображениям. В этом случае для огнезащиты металлических конструкций применяют вспучивающиеся огнезащитные покрытия, представляющие собой смесь термостойких, газообразующих и волокнистых наполнителей в водном растворе полимерных связующих. Покрытия, наносимые толщиной в несколько миллиметров на защищаемую поверхность, при нагревании вспучиваются и увеличиваются в объёме до нескольких сантиметров. Вспучивающиеся огнезащитные покрытия ВПМ-2 и ВПМ-3, разработанные ВНИИПО МВД СССР, при расходе 4,5 кг. на кв/м. повышает предел огнестойкости стальных колонн до 0,8 час., при расходе 5,5 кг. на кв./м – до 60 мин. (1 час.), при расходе 6,5 кг. на кв/м. – до 75 мин. (1,25 час) [1]. Деревянные конструкции обладают повышенной пожарной опасностью. Невысокая температура воспламенения древесины (280 – 300°С, а при длительном нагреве – 130°С) приводит к загоранию конструктивных элементов даже при незначительном очаге пожара. По поверхности деревянных конструкций с эксплуатационной влажностью пламя может распространяться со скоростью до 2 м/мин. Предел распространения огня по деревянным горизонтальным конструкциям более 25 см., а по вертикальным конструкциям более 40 см. Скорость же переугливания древесины незначительная (от 0,7 до 1 мм/мин в зависимости от поперечного сечения конструкции), поэтому время обрушения массивных деревянных конструкций сопоставимо в ряде случаев с пределом огнестойкости железобетонных конструкций [1]. Несмотря на пожарную опасность, древесина широко используется в современном строительстве. При этом конструкциями из цельной древесины применяют конструктивные элементы из клееной древесины и древесных отходов. Наиболее распространённым и эффективным способом огнезащиты деревянных конструкций являются нанесение штукатурки. Штукатурка – малотеплопроводный материал, который способствует медленному прогреву и разложению древесины, а также препятствует непосредственному контакту кислорода воздуха с древесиной. Предел огнестойкости деревянных защищённых элементов зависит от их толщины (размеров поперечного сечения) и толщины штукатурки. К эффективным способам огнезащиты древесины, переводящим её в трудногорючее состояние, относится глубокая пропитка антипиренами (водными растворами огнезащитных солей) с поглощением не менее 66 кг. на куб/м. солей. Огнезащитный эффект заключа-

ется главным образом в том, что при нагревании разлагается не только древесина, но и огнезащитные соли, которые, соединяются, образуют негорючие соединения и уменьшают количество выделяемых горючих продуктов разложения древесины. Клеенные деревянные балки и колонны, благодаря достаточному сечению и небольшой скорости переугливания, при пожаре могут длительное время не терять несущую способность. Двухскатная клеенная балка сечением 15 см. имеет предел огнестойкости 30 мин (0,5 час) [1]. Клеефанерная балка с фанерной стенкой толщиной 1 см. через 6 мин. огневого воздействия прогорает и разрушается. При защите фанерной стенке с двух сторон минераловатными плитами толщиной 50 мм. предел огнестойкости балки увеличивается до 30 мин (0,5 час). У клееных деревянных рам, арок и ферм наиболее уязвимыми элементами являются узлы сочленения, выполняемых в виде металлических накладок и затяжек, а также фанерные накладки на клею. При пожаре металлические элементы в течении 15- 20 мин прогреваются до критической температуры, что приводит к обрушению конструкции. Фанерные накладки из-за снижения прочности клеевых швов и прогара выходят из строя через 8-10 мин после начала пожара. Для увеличения предела огнестойкости деревянных рам, арок и ферм используют стальные накладки с болтовыми соединениями и защищают узлы сочленения покрытиями ВПМ-2 или ОФП-МВ [1]. Конструктивные элементы из пластмасс, а также отделочные, теплоизоляционные, кровельные и другие материалы в условиях пожара, как правило хорошо горят. Большинство пластмасс являются горючими. Конструктивные элементы из пластмасс обладают невысокой теплоустойчивостью, при температуре 100°С начинают размягчаться, максимальная температура их размягчения и разложения не превышает 300°С продукты разложения и горения полимеров обладают токсичными свойствами и представляют опасность для жизни и здоровья человека. Номенклатура строительных материалов содержит сотни названий. Каждый материал в определенной мере отличается от других внешним видом, химическим составом, структурой, свойствами, областью применения в строительстве и поведением в условиях пожара. Вместе с тем между материалами не только существуют различия, но и множество общих признаков. Под поведением строительных материалов в условиях пожара понимается комплекс физико-химических превращений, приводящих к изменению состояния и свойств материалов под влиянием интенсивного высокотемпературного нагрева. Свойствами называют способность материалов реагировать на воздействие внешних и внутренних факторов: силовых, влажностных, температурных и др. Все свойства материалов взаимосвязаны. Они зависят от вида, состава, строения материала. Ряд из них оказывает более существенное, другие - менее существенное влияние на пожарную опасность и поведение материалов в условиях пожара. Применительно к изучению и объяснению характера поведения строительных материалов в условиях пожара предлагается в качестве основных рассмотреть следующие свойства: Физические свойства: объемная масса, плотность, пористость, гигроскопичность, водопоглощение, водопроницаемость, паро- и газопроницаемость. Механические свойства: прочность, деформативность. Теп-



лофизические свойства: теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность, тепловое расширение, теплоемкость. Свойства, характеризующие пожарную опасность материалов: горючесть, тепловыделение, дымообразование, выделение токсичных продуктов. Свойства материалов обычно характеризуют соответствующими числовыми показателями, которые определяют с помощью экспериментальных методов и средств. Свойства, характеризующие пожарную опасность строительных материалов. Под пожарной опасностью принято понимать вероятность возникновения и развития пожара, заключенную в веществе, состоянии или процессе. Пожарная опасность строительных материалов определяется следующими пожарно-техническими характеристиками: горючестью, воспламеняемостью, распространением пламени по поверхности, дымообразующей способностью и токсичностью. Строительные материалы подразделяются на негорючие (НГ) и горючие (Г) [2]. Горючие строительные материалы подразделяются на 4 группы: Г1 - слабогорючие, Г2 - умеренно горючие, Г3 - нормально горючие, Г4 - сильно горючие. Горючесть и группы строительных материалов по горючести устанавливаются по ГОСТ 30244. Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются. Горючие строительные материалы по воспламеняемости подразделяются на 3 группы: В1 - трудновоспламеняющиеся, В2 - умеренно воспламеняющиеся, В3 - легко воспламеняющиеся [2]. Здания и сооружения, также части зданий и сооружений, выделенные противопожарными стенами 1-го типа (пожарные отсеки), подразделяются по степеням огнестойкости. Степень огнестойкости зданий определяется минимальными пределами огнестойкости строительных конструкций и максимальными пределами распространения огня по этим конструкциям. В зданиях II степени огнестойкости производственного и складского назначения допускается применять колонны с пределом огнестойкости 0,75 часа. Допускается в зданиях всех степеней огнестойкости применять гипсокартонные листы по ГОСТ 6266-81 для облицовки металлических конструкций с целью повышения их предела огнестойкости. Каркасы подвесных потолков следует выполнять из негорючих материалов [3]. Заполнение подвесных потолков допускается выполнять из горючих материалов, за исключением заполнений потолков в общих коридорах, на лестницах, в лестничных клетках, вестибюлях, холлах и фойе зданий I - IУа степени огнестойкости. В пространстве за подвесным потолком не допускается предусматривать размещение каналов и трубопроводов для транспортировки горючих газов, пылевоздушных смесей, жидкостей и материалов. При применении подвесных потолков для повышения пределов огнестойкости перекрытий и покрытий, предел огнестойкости перекрытия или покрытия с подвесными потолками следует определять, как для единой конструкции, а предел распространения огня - отдельно для перекрытия или покрытия и для подвесного потолка. При этом предел распространения огня по такому подвесному потолку должен быть не более установленного для защищаемого перекрытия или покрытия. Подвесные потолки не должны иметь проемов, а коммуникации, расположенные над подвесными потолками, следует выполнять из несгораемых материа-

лов. В зданиях 1 и 2 степени огнестойкости допускается применять перегородки из гипсокартонных листов по ГОСТ 6266-81 с каркасом из негорючих материалов с пределом огнестойкости не менее 1 и 0,5 часа [3]. При этом в общих коридорах, лестничных клетках, вестибюлях, холлах и фойе указанные перегородки не допускается окрашивать горючими красками. В зданиях всех степеней огнестойкости кровлю, стропила и обрешетку чердачных перекрытий, полы, двери, ворота, переплеты окон и фонарей, а также отделку стен и потолков независимо от нормируемых пределов распространения огня по ним, допускается выполнять из горючих материалов. При этом стропила и обрешетку чердачных покрытий следует подвергать огнезащитной обработке. В помещениях, в которых производятся, применяются или хранятся горючие жидкости, полы следует выполнять из негорючих материалов. В зданиях всех степеней огнестойкости кроме У не допускается выполнять облицовку из негорючих материалов и оклейку горючими пленочными материалами стен и потолков в общих коридорах, в лестничных клетках, вестибюлях, холлах и фойе, а также устраивать из горючих материалов полы в вестибюлях, лестничных клетках и лифтовых холлах. В зданиях 1-III степеней огнестойкости не допускается выполнять из горючих и трудногорючих материалов облицовку верхних поверхностей наружных стен.

### **Выводы**

1. Основным физико-химическим процессом, который происходит с органическими строительными материалами в условиях пожара, является процесс горения. Горение – сложный физико-химический процесс превращения горючих материалов в продукты горения, сопровождающийся выделением тепла и света. Процесс горения включает совокупность составляющих его процессов: воспламенения, распространения пламени, тепловыделения, дымовыделения. Воспламенение – процесс принудительного зажигания горючей смеси, т. е. инициирование горения высоконагретым источником зажигания. Горение строительных материалов в условиях пожара сопровождается процессом распространения пламени. Распространение пламени является непрерывным процессом, происходящим за счет тепла, высвобождающегося в результате химической реакции и передвигающегося к несгоревшей части поверхности материала.

2. Аварийно-спасательные работы, связанные с тушением пожаров – осуществляемые пожарной охраной на пожаре это действия по спасению людей, имущества и (или) доведению до минимально возможного уровня воздействия опасных факторов пожара. АСР характеризуются большим объемом и ограниченностью времени на их проведение, сложностью обстановки. Они проводятся непрерывно днем и ночью, в любую погоду до стабилизации положения.

### **Список литературы**

1. Битуев, Б. Ж. Свойства и поведение строительных материалов в условиях пожара: учеб. пособие / Б. Ж. Битуев, В. М. Ройтман, Б. Б. Серков и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – 148 с.

2. Грушевский, Б. В. Пожарная профилактика в строительстве: Учебник для пожарно-технических училищ / Б. В. Грушевский, Н. Л. Котов, В. И. Сидорук и др. — М.: Стройиздат, 1989,- 368 с.: ил.

3.. СНиП 21-01-97\* Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями N 1, 2)..

УДК 660.162

## НЕОБХОДИМОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ДЛЯ УСПЕШНОЙ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Саенко Н. А. студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Саенко Н.А., Онищенко С.А. В статье рассмотрены вопрос применения курса материаловедения при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Перечислены вопросы, изучением которых занимается материаловедение. Для чего необходимы знания, полученные в ходе изучения курса материаловедения при ликвидации чрезвычайных ситуаций.*

*Ключевые слова: материаловедение, поведение материалов, свойства материалов.*

*The article discusses the application of the course of materials science in emergency response. Lists the issues that material science is studying. Why do we need the knowledge gained during the study of the course of materials science in emergency response.*

*Key words: materials science, material behavior, material properties.*

### **Введение**

Материаловедение — раздел науки, исследующий изменение качеств материалов как в твёрдом, так и в жидком состоянии в зависимости от определенных условий. К исследуемым свойствам относят: состав элементов, электрические, тепловые, магнитные, химические, электрические качества данных элементов. Материаловедение можно причислить к разделам химии и физики, которые занимаются исследованием качеств использованных материалов. Кроме того, данная дисциплина применяет целый ряд методов, позволяющих изучить структуру использованных материалов. При производстве наукоёмких изделий в промышленности, особенно при труде с предметами нано- и микро размеров следует точно знать структуру и свойства использованных материалов. Решать данные проблемы и призвана дисциплина — материаловедение.

### **Изложение основного материала**

Как отдельная дисциплина, материаловедение представляет собой образец типичной прикладной дисциплины, поясняющей структуру, а также качества разных металлов и их сплавов при различных обстоятельствах. Способность получать металл и производить разнообразные сплавы человек приобрел еще в

период развала первобытнообщинного строя. Однако как отдельная наука материаловедение стало изучаться более двухсот лет назад. Начало 18 века – период открытий французского ученого-энциклопедиста Реомюра, который первым предпринял попытку исследовать внутреннюю структуру металлов. Подобные изучения проводил английский фабрикант Григгон, в 1775 году написавший небольшое сообщение об выявленной им столбчатой структуре, которая образовывается при отвердевании железа. В России первоначальные академические работы в сфере материаловедения принадлежали М. В. Ломоносову, который в собственном руководстве предпринял попытку вкратце разъяснить суть различных металлургических процессов.

Огромный рывок вперед материаловедение совершило в начале 19 столетия, когда были разработаны новейшие способы изучения разных материалов. Во 1831 году труды П. П. Аносова показали возможность изучить металлы под микроскопом. После этого некоторыми учеными из ряда государств были научно подтверждены структурные превращения в металлах при их непрерывном остывании.

Спустя 100 лет эпоха оптических микроскопов завершила свое существование. Технология конструкционных материалов никак не имела возможность совершать новейшие открытия, пользуясь старыми способами. Сменило оптику электрическое оснащение. материаловедение стало прибегать к электронным методам изучения, в частности, нейтронографии, а также электронографии. При помощи данных технологий допустимо увеличение срезов металлов и сплавов вплоть до тысячи раз, а это значит, что причин для научных заключений стало значительно больше.

#### Цели материаловедения

Основы материаловедения обязательны для исследования будущими инженерами. Так как главной целью введения данной науки в учебный курс является подготовка учащихся совершать верный выбор материала для сконструированных изделий, для того чтобы продлить сроки их использования[1].

Результат поставленной цели поможет решить следующие проблемы:

-знать о всех методах упрочнения использованных материалов, которые имеют все шансы обеспечить надежность и функциональность инструментов, а также изделий;

-грамотно производить оценку технических качеств этого, либо другого материала, анализируя условия изготовления продукта, а также срок его использования;

-обладать современными познаниями о ключевых группах применяемых материалов, свойствах этих групп и о сфере их использования;

-обладать грамотно сформированными научными понятиями об настоящих возможностях улучшения каких-либо качеств металла, либо сплава путем изменения его структуры.

При ликвидации ЧС следует знать качества, пределы огнестойкость, а также возможное поведение при пожаре либо катастрофе различных материалов.

Древесные конструкции обладают высокой пожарной опасностью. Низкая температура возгорания древесины приводит к воспламенению конструктивных компонентов при малом очаге пожара. По поверхности конструкций из древесины с эксплуатационной влажностью, огонь способен расширяться со скоростью, вплоть до двух метров в минуту. Предел распространения огня по древесным горизонтальным конструкциям больше 25 сантиметров, однако для конструкций, расположенным вертикально- больше 0,4 м. У древесины скорость переугливания незначительная, согласно данной причине промежуток обрушения мощных конструкций из дерева соизмерим в определенных случаях с пределом огнестойкости железобетонных конструкций. Реакция древесных материалов при пожаре на значительную температуру, разъясняется ее формулой: 45—60% целлюлозы, 15—35% лигнина, а также 15—25% гемицеллюлоз, но кроме того пектаты кальция и магния, смолы, камеди, жиры, танины, пигменты и минеральные элементы. Высохшее дерево включает ~50% углерода, -6% водорода, -44% воздуха, приблизительно 0,2% азота, а также не более 1% серы. Под влиянием потока теплоты от пламени на горящую плоскость совершается пиролиз древесных материалов. При температуре немного больше 100 градусов Цельсия, из-за присутствия воды в древесине протекает в основном гидролиз полисахаридов. При температуре больше 150 °С, процедура распада ускоряется. При температуре от 270 вплоть до 350 °С выделяется огромное количество CO<sub>2</sub>, CO, а также водянистого дистиллята, включающего уксусную кислоту, ее гомологи также спирт. Присутствие горячке больше 280 °С число CO<sub>2</sub>, а также CO уменьшается, возникают водород и углеводороды. При температуре 350—500 °С разложение лигнина и экстрактивных элементов сопровождается образованием небольшого количества жидких продуктов, основным способом тяжелой смолы, CO<sub>2</sub>, CO и углеводородов.

Подобным способом, процедура теплового распада древесины совершается в 2 фазы: первая стадия разрушения прослеживается при нагреве вплоть до 250 °С, а также проходит со поглощением тепла, вторая — непосредственно процедура горения, проходит с выделением тепла. Вторая стадия, в свою очередь, разделяется на 2 этапа: горение газов, возникающих при тепловом разложении древесины, а также горение возникшего древесного угля[1].

Не обращая внимания на опасность пожара, древесные материалы достаточно широко применяют в нынешних строениях. При этом же конструкции из целостной древесины используют конструктивные элементы из клееной древесины, а также остатков древесины. Достаточно распространенным, и результативным способом защиты конструкций из древесины от огня является покрытие её штукатуркой. Штукатурка – малотеплопроводный материал, что содействует медлительному прогреву, а кроме того распаду древесины, но помимо этого не допускает непосредственного контакта кислорода с древесиной. Предел огнестойкости древесных защищенных компонентов находится в зависимости с их толщины, а также толщины штукатурки. К результативным способам огнезащиты древесины, переводящим ее в трудногорючее состояние, принадлежит полное пропитывание антипиренами с поглощением не менее 66 кг на

кубометр солей[2]. Огнезащитный результат заключается основным способом в том, что при нагревании разлагается не только лишь древесина, а также огнезащитные соли, которые, связывают и сформировывают огнестойкие объединения, но кроме того уменьшают количество выделяемых горючих продуктов разложения древесины. Однако древесные элементы, подвергнуты глубокой пропитке антипиренами, уменьшают этим собственную надежность, увеличивают гигроскопичность, плохо склеиваются.

Металлические конструкции в обстоятельствах пожара из-за существенной теплопроводности, а также небольшой теплоемкости стремительно разогреваются вплоть до опасных температур, то что порождает их разрушение. Нередко разрушение металлических систем никак не ограничивается участком появления пожара, но из-за имеющихся взаимосвязей среди прогонов, а также опор, расширяется в значительные площади, усугубляя последствия пожара. Особенно негативные условия деятельность для металлических конструкций при пожаре формируются в то время, когда они пребывают в сочетании с горючими материалами[1].

Еще меньше порог огнестойкости у конструкций из алюминия. Подобные пределы огнестойкости в множестве случаев незначительны, в связи с чем необходимо защита конструкций из металла. Хуже всего в обстоятельствах пожара станут вести себя арматурные стали, которые приобрели вспомогательное упрочнение способами тепловой обработки, либо холодной протяжки. Причина данного явления состоит в том, что дополнительную прочность они начинают приобретать за счет искажения кристаллической решетки, а под влиянием нагревания кристаллическая решетка вернется в равновесное положение и увеличение стабильности пропадает. Необходимо принимать во внимание то обстоятельство, что потеря прочности обладает необратимым характером, по этой причине имеется угроза того, что даже если конструкция никак не обрушится и никак не деформируется, она не станет гарантировать расчетный резерв прочности. При нагревании алюминиевых сплавов также осуществляется резкое снижение их физико-механических характеристик. Порог прочности, а также порог текучести алюминиевых сплавов, применяемых в постройках, понижается приблизительно в 2 раза при температуре 235—325 градусов по Цельсию. Температура во время пожара в помещении может достигнуть данных показателей меньше чем через 1 минуту, по этой причине полагаться на значительную огнеустойчивость несущих конструкций из алюминиевых сплавов, несомненно, никак не стоит[3]. Но наравне с плюсами алюминиевые сплавы обладают также значительными недостатками. По упругости алюминиевые сплавы в 3 раза хуже, чем сталь. Это приводит к тому, что алюминиевые конструкции достаточно сильно деформируются под влиянием нагрузок, а также с целью того, чтобы гарантировать всецелую и местную устойчивость, но кроме того нужную прочность сооружения для его эксплуатации, зачастую бывает необходимо находить необходимые соотношения форм сечений и размеров компонентов, подбирать постоянную схему сооружения, имеющую высокую жесткость[2].

Похуже в обстоятельствах пожара станут вести себя арматурные стали, которые получили дополнительное упрочнение методами термической обработки или холодной протяжки (наклепа). Причина этого явления заключается в том, что дополнительную надежность эти стали получают в результате искажение кристаллической решетки, а под влиянием нагревания кристаллическая решетка вернется в равновесное положение, а также увеличение стабильности пропадает. Необходимо принимать во внимание в таком случае факт, что эта утрата обладает непоправимый характер, по этой причине имеется угроза того, что даже в случае если конструкция не обрушится и не деформируется, она никак не станет обеспечивать запроектированный резерв прочности. Классическим методом защиты металлических конструкций от пожара считается их обшивка огнестойкими материалами: штукатуркой, плитами теплоизоляции, кирпичом. При защите кирпичом металлических колонн, кладку упрочняют с помощью металлических анкеров, прикрепленных к оберегаемой конструкции, а с целью предотвращения уничтожения кладки по причине не идентичного термического расширения, между колонной и кладкой образуют незначительный зазор. В качестве плит теплоизоляции применяют гипсовый, асбестоперлитцементные, а также плиты из перлитовверникулетоцемента, которые прикрепляют к колоннам, а также балкам. Штукатурку применяемую для огнезащиты наносят на колонны из металла, а также балки по объёмной сетке и арматурному скелету. Порог огнестойкости защищенных металлических конструкций зависит от типа, а также толщины защитного слоя и равен 40-275 минут.

Пластик в нынешних постройках применяется в основном как теплоизолятор, но кроме того как отделочный материал. Значительная доля пластика являются горючими. Конструкционные компоненты с пластмасс имеют низкие показатели теплоустойчивости, размягчение материала начинается при температуре 100 °С, наибольшая температура их размягчения, и распада не выше 300 °С. Продукты распада, а также горения полимеров обладают свойствами токсичности и подразумевают угрозу для существования и самочувствия людей.

Огромное число катастрофических пожаров, случившихся в разных государствах, говорит об значительной пожарной опасности пластмасс.

При рассмотрении ключевых разновидностей пластмасс, используемых в постройках, была замечена краткая характеристика их пожарной угрозы. Заключая данные о их пожарной опасности, можно выделить, то что большая часть пластмасс характеризуются следующим:

-растрескивание, а также каплевыделение, обусловленное невысокой температурой плавления полимеров, к примеру, полистирол считается легковоспламеняемым материалом, который используется в качестве отделочных плиток для стен, перегородок, полистирол плавится растрескивается, сформирует пламенный дождь, который существенно усложняет ситуацию на пожаре, но кроме того опасно оргстекло, сгорание которого сопровождается каплевыделением;

- невысокая температура воспламенения, полистирол загорается от воздействия спички в течении 15 секунд;



- активное снижение прочности при нагреве, а также невысокая критическая температура;

- высокая скорость распространения огня, в особенности в вертикальном направлении, к примеру, волокнистый стеклопластик в основе фенол формальдегидной смолы в горизонтальном направлении горит со скоростью 0,05 м/мин, однако в вертикальном – 4 м/мин, то есть в 80 раз быстрее;

- значительная токсичность, при тепловом разложении, а также горении пластмасс, имеют все шансы выделяться следующие токсичные элементы;

- активное нарастание температуры при пожаре в помещении, отделанном пластмассами, это объясняется, в основном двумя факторами:

А) у пластика, большая скорость горения;

Б) у пластика, высокая теплота сгорания;

- высокая дымообразующая способность.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Из этой статьи можно сделать вывод о том, что изучение курса материаловедения необходимо для полного понимания процессов и изменений, которые происходят с материалами в условиях пожара или аварии.

### **Список литературы**

1. Адашкин, А. М. *Материаловедение и технология материалов : учебное пособие* / А. М. Адашкин, В. М. Зуев. - 2-е издание - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2017. - 336 с.

2. Власов, В. С. *Металловедение: Учебное пособие* / Власов В.С. - Москва : Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 336 с.

3. Черепяхин, А. А. *Основы материаловедения : учебник* / А.А. Черепяхин. — Москва : КУРС: ИНФРА-М, 2017. — 240 с.

УДК 669.162

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИБРАЦИЙ В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ НАКЛОННОГО МОСТА СКИПОВОГО ПОДЪЁМНИКА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

**Свичканёв А.И.**, студент гр. ИТМОм-19

**Ошовская Е.В.**, канд. техн. наук, доцент

**Сидоров В.А.**, д-р техн. наук, проф.

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
Кафедра «Механическое оборудование заводов чёрной металлургии»*

*Свичканёв А.И., Ошовская Е.В., Сидоров В.А. Целью работы является определение закономерностей распространения вибраций металлоконструкции наклонного моста скипового подъёмника при движении скипов.*

*Ключевые слова: наклонный мост, вибродиагностика, источник колебаний, параметры вибрации, анализатор вибрации.*

*The aim of the work is to determine the regularities of distribution of vibrations of the metallostructure of the inclined bridge of the skip hoist during the skip movement.*

*Keywords: inclined bridge, vibrodiagnostics, vibration source, vibration parameters, vibration analyzer.*

**Введение.** Подача шихтовых материалов на колошник многих доменных печей и загрузка их в приёмную воронку засыпного аппарата выполняется при помощи скипового подъёмника. В состав этого устройства входят: наклонный мост, скипы, канат, отклоняющие блоки и скиповая лебёдка, используемая в качестве привода [1]. В ходе работы подъёмника на металлоконструкцию наклонного моста оказывается воздействие динамических нагрузок, которые приводят к возникновению колебаний.

Для контроля технического состояния металлоконструкций целесообразно применение методов и средств вибродиагностики [2]. Однако, эффективность их использования зависит от правильности распознавания получаемых данных. Важными аспектами является расположение точек измерения вибрации и определение предельных значений вибропараметров. Для решения указанных задач необходимо знать закономерности распространения вибраций в металлоконструкциях наклонного моста.

**Цель исследования.** Определение закономерностей распространения вибраций по элементам металлоконструкции наклонного моста скипового подъёмника при движении скипов.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели использовался метод вибрационной диагностики, основанный на измерении и анализе па-

раметров вибрации. Любая вибрация содержит себе гармоники различной частоты. Анализируя амплитуду этих гармоник, можно получить информацию о состоянии оборудования.

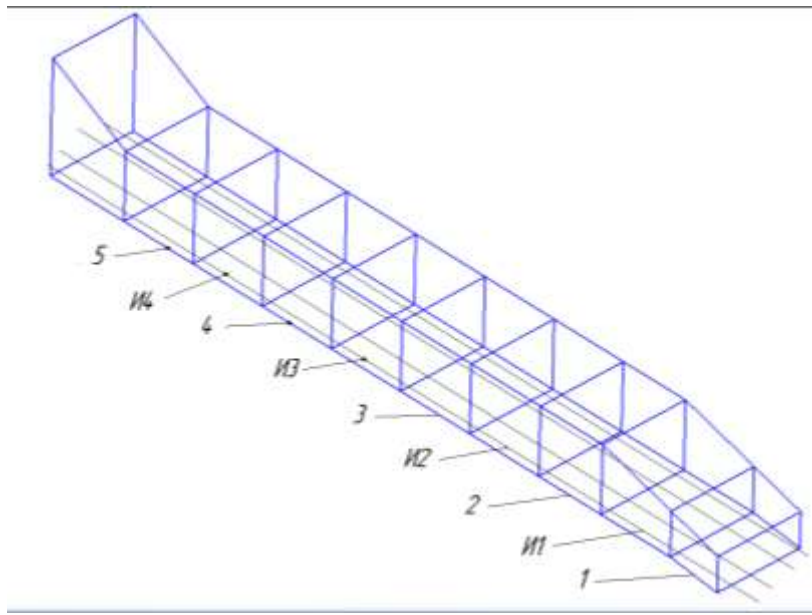
Основой измерения вибрации является аксиома об отсутствии вибрации в идеальной машине. В ней вся энергия превращается в полезную работу. В реальном механизме возникающие вибрации - побочное явление взаимодействия элементов машины. Значения вибрации определяют степень нарушения нормальной передачи динамических сил через механическую систему. Характерным признаком нормальной работы является низкий уровень вибрации. При увеличении зазоров, появлении повреждений происходит локальное увеличение вибрации. Одновременно в рассматриваемой механической системе повреждение вызовет повышение колебаний и в других узлах.

Основным конструктивным решением для измерения механических колебаний в настоящее время является преобразование механических колебаний в электрический сигнал при помощи вибрационных датчиков [2].

Отработка методики и первичные исследования выполнены на физической модели наклонного моста доменной печи (рис. 1а). Лабораторная установка представляет собой уменьшенную копию скипового подъемника, который состоит из наклонного моста, скипов, каната и отклоняющих блоков. Наклонный мост представляет собой пространственную металлическую конструкцию, состоящую из двух боковых вертикальных решетчатых ферм, соединенных между собой поперечными связями. На нижнем поясе ферм моста уложены два рельсовых пути для движения скипов. Мост имеет две опоры. Фермы и поперечные связи сварены из уголков №2.5.



а



б

Рис. 1. Фотография лабораторной установки (а) и схема расположения точек измерения и источника колебаний (б)

(1, 2, 3, 4, 5 – точки измерений;

И1, И2, И3, И4 – точки расположения источника колебаний)

В ходе исследований было проведено 5 серий измерений. В каждом эксперименте источник колебаний располагался на рельсовом пути и имитировал силовое воздействие, создаваемое скипом, а измерение вибрации выполнялось по нижнему поясу фермы моста. В последней серии измерения выполнялись на противоположной от источника колебаний ферме моста. Схема расположения точек крепления датчика виброанализатора и точек размещения источника возбуждения колебаний показана на рис. 1б. В таблице 1 приведены расстояния от начала отсчёта до точек источника и точек измерения вибрации.

Таблица 1– Расстояния до точек измерения и точек колебаний.

№ точки измерения	1	2	3	4	5
Расстояние, м	0,135	0,685	1,27	1,87	2,47
№ точки колебания	И1	И2	И3	И4	
Расстояние, м	0,4	0,97	1,57	2,17	

Записанный сигнал виброанализатора преобразовывался в текстовый формат и сохранялся в файле с расширением \*.prn. Обработка результатов экспериментов производилась в пакете Mathcad. В полученном массиве виброускорения выполнялся поиск максимального и минимального значений, соответствующих амплитуде сигнала, также определялась длительность затухания сигнала. На рис. 2 приведен типовой вид графика временного сигнала виброускорения.

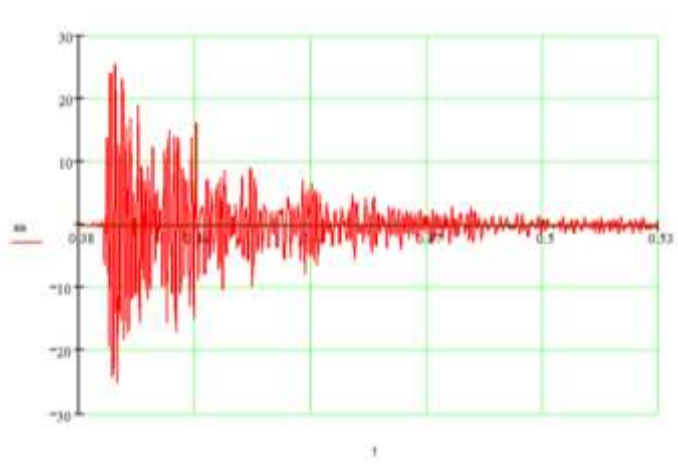


Рис.2. График временного сигнала виброускорения

**Результаты исследований.** Анализ полученных результатов показал, что временная форма сигнала соответствует затухающим колебаниям. Хотя в некоторых случаях отмечается повышенные помехи, вторая полуволна огибающей сигнала колебаний больше первой.

Далее выполнена оценка затухания вибросигнала по длине фермы в каждой серии опытов. На рис. 3 приведены графики изменения максимального значения виброускорения в зависимости от удаления точки измерения вибрации от

точки источника. Как видно из графиков в экспериментах №2 и №3 наблюдается снижение виброускорения при удалении от источника колебаний.

В 1-м и 4-м эксперименте, когда источник колебаний находился в начале и конце металлоконструкции, значение виброускорения увеличивается при удалении от источника колебаний. Это может быть связано с наличием скипов на трассе, которые вызывали усиление сигнала и помехи измерений.

На рис. 4 показано изменение вибросигнала для левой и правой фермы наклонного моста, когда источник колебаний находился в точке 3. При этом значения виброускорения для левой и правой фермы отличаются вначале трассы в 2 раза, что можно объяснить анизотропией упругих свойств.

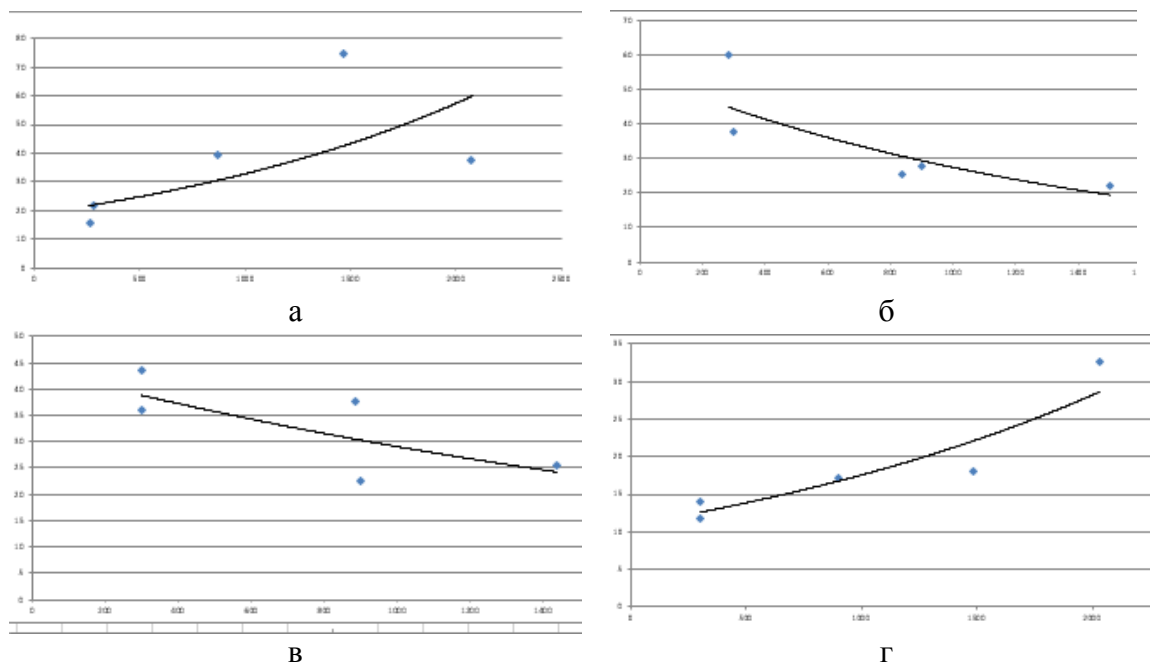


Рис.3. Изменение вибросигнала по длине фермы в опытах №1-4 (а-г)

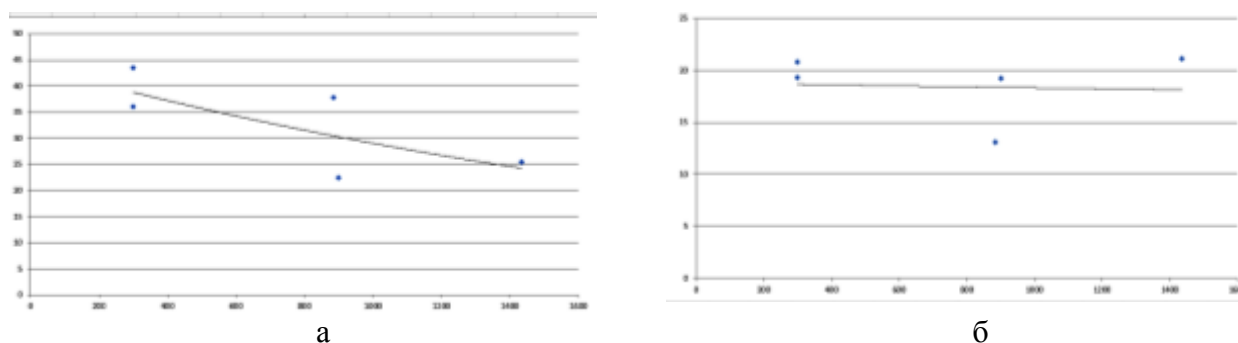


Рис. 4. Изменение максимального значения виброускорения для левой (а) и правой (б) ферм моста при расположении источника возбуждения в точке 3

**Вывод.** Анализ полученных данных для выполненных первичных экспериментов показал, что на результаты измерений оказывали влияние различные помехи, такие как наличие скипов на трассе лабораторной установки, источник колебаний приводился в действие вручную. Поэтому принято решение устранить данные помехи и провести повторные эксперименты для изучения зако-

номерностей распространения вибраций в металлоконструкциях наклонного моста скипового подъемника.

**Список литературы**

1. Целиков, А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т. 1. Машины и агрегаты доменных цехов. Учебник для вузов. – М.: Металлургия, 1987. – 440 с.
2. Кравченко, В.М. Техническое диагностирование механического оборудования / В.М. Кравченко, В.А. Сидоров, В.Я. Седуш: Учебник. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2009. – 459 с.

УДК 614.843.27

## ПОТЕРИ НАПОРА В ПОЖАРНЫХ РУКАВАХ

Сомиков Р. А., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Сомиков Р.А., Онищенко С.А. Целью данной статьи является освещение применения гидравлики в противопожарной безопасности и определении ее значимости в пожарном деле. В статье рассматриваются гидравлические потери напора в пожарных рукавах.*

*Ключевые слова: гидравлика, пожарные рукава, струи, уравнение Бернулли, насосы.*

*The purpose of this article is to highlight the use of hydraulics in fire safety and determine its importance in firefighting. The article deals with hydraulic head losses in fire brigades.*

*Key words: hydraulics, fire brigades, jets, Bernoulli's equation, pumps.*

### **Введение.**

Потери напора в пожарных рукавах можно определить по приведенной формуле, имеющей вид[1]:

$$h_l = \frac{\lambda}{d} \frac{u^2}{2g} l, \quad (1)$$

Которая может быть преобразована в следующую формулу (Потери напора по длине трубопровода)

$$h = K \frac{Q^2}{D^5} l, \quad (2)$$

Где К- коэффициент трения, зависящий от материала рукавов и шероховатости их стенок.

Обозначив  $\frac{Q^2}{D^5} = A$  для рукавов данного диаметра, получим формулу:

$$h = A Q^2 l \quad (3)$$

где коэффициент А может быть назван величиной удельного сопротивления, т.е. сопротивления 1 пог. м данного типа рукавов диаметром D при расходе 1 л/сек.

Значение удельного сопротивления А для различных типов рукавов, установленные по испытаниям отечественных рукавов и на основании некоторых литературных данных, приводятся в таблице 1.

Потери напора удобно определить по формуле[2]:

$$h = ns'Q^2 \quad (4)$$

Где: n- количество рукавов длиной 20 м;

s' - сопротивление одного рукава длиной 20 м( значения сопротивлений в таблице 2);

Q- расход воды в л/сек.

**Таблица 1** Значение удельного сопротивления А для различных типов пожарных рукавов (3)

Сорт рукавов	Номинальный диаметр в мм			
	51	66	77	89
Резиновые рукава, прорезиненные рукава с толстой резиновой прокладкой и гладкой внутренней поверхностью	0,0046 7	0,0012 0	0,0005 4	-
Прорезиненные рукава обычные	0,0067 7	0,0017 2	0,0007 7	0,000 19
Не прорезиненные прокладки (льняные)	0,12	0,0038 5	0,0015	

**Таблица 2** Значение сопротивлений s' одного рукава длиной 20 м

Сорт рукавов	Номинальный диаметр в мм			
	51	66	77	89
Прорезиненные рукава	0,13	0,34	0,015	0,00385
Не прорезиненные рукава	0,24	0,07 7	0,030	-

## 2. Примеры по определению потерь напора в рукавах

Пример 1. Определить потери напора в рукавной линии диаметром 66 мм, длиной 260м (13 рукавов), при расходе Q=5 л/сек. Рукава прорезиненные.

По табл.2 значение сопротивлений одного прорезиненного рукава диаметром 66 мм равно s' = 0,034

Число рукавов по условию n=13. Тогда

$$h = ns'Q^2 = 13 \times 0,034 \times 5 = 11,2 \text{ м}$$

Пример 2. Автонасос работает в перекачку. Напор у автонасоса 6 атм. Диаметр рукавов 77 мм, рукава прорезиненные, длина рукавной линии 200 м. Определить расход воды.



Так как насос работает в перекачку, через бак другого автонасоса, то на рукавной линии будет потеряно около  $h=60$ м напора. Из формулы  $h = ns'Q^2$  ;  
 Где  $s'=0.015$ (см. табл. 2),  $n=10$

Следовательно,  $Q = \sqrt{\frac{h}{ns'}} = \sqrt{\frac{60}{10 \times 0,015}} \approx 20 \text{ л/сек} .$

**3. Некоторые правила для приближенного устного подсчета потерь напора в рукавах**

**Первый способ:**

1. Потери напора в не прорезиненной рукавной линии диаметром 66 мм, длиной 100 м при расходе 5 л/сек составляют около 1 атм. (10м вод. ст.);
2. Потери напора в такой же рукавной линии, но из прорезиненных рукавов можно считать в 2 раза меньшими, т.е. равными 0,5 атм.(5 м вод. ст.);
3. Потери напора в таких же рукавных линиях, как в случае 1 и 2, но диаметром 50 м примерно в 3,5 раза больше, чем в первых двух, составляют:
  - для случая 1- 3,5 атм.(35 м.);
  - для случая 2- 1,7 атм.(17 м.);
4. Потери напора в рукавных линиях диаметром 77 мм примерно в 2,5 раза меньше, чем в первых 2 случаях и составляют:
  - для случая 1- 0,4 атм.(4 м.);
  - для случая 2- 0,2 атм.(2 м.);
5. При наличии другого расхода воды в эти данные вносится поправка, равная отношению квадратов расходов;
6. При других длинах рукавных линий потери напоров пропорционально увеличиваются или уменьшаются.

**Второй способ:**

Несколько упростим табл. 2 округлив в ней данные сопротивлений (табл. 3)

Таблица 3

**Округленные данные сопротивления  $s'$  одного рукава длиной 20м**

Сорт рукавов	Номинальный диаметр в мм		
	51	66	77
Прорезиненный	0,15	0,035	0,015
Не прорезиненный	0,30	0,077	0,03

Теперь можно довольно легко запомнить значения  $s'$ . Значение сопротивления одного не прорезиненного рукава диаметром 50 мм равно (0,30), а для одного не прорезиненного рукава диаметром 77 мм в 10 раз меньше (0,03). Для тех же диаметров, но прорезиненных рукавов, сопротивление в 2 раза меньше и соответственно равны (0,15 и 0,015).

Теперь остается запомнить еще 2 сопротивления:

1.  $s' - 0,035$  для прорезиненных рукавов диаметром 66 мм;

2.  $s' - 0,077$  для не прорезиненных рукавов того же диаметра.

#### 4. Причины влияющие на потери напора в рукавах

В отличие от жестких трубопроводов мягкие рукава в зависимости от давления изменяются, хотя и незначительно, как в диаметре, так и по длине. Кроме того, шероховатость стенок рукавов, мало меняясь от времени, может изменяться под воздействием внутреннего давления. Для прорезиненных рукавов, например, изменение внутренней шероховатости зависит от толщины резиновой прокладки. Тонкая резиновая прокладка под давлением вдавливается во впадины ткани рукава, вследствие чего шероховатость стенок рукава несколько увеличивается. Отметим также, что при сравнительно небольшом давлении рукав имеет не круглое сечение, а приближающееся к эллипсообразной форме. Не прорезиненные рукава принимают круглое сечение только при давлении свыше 1 атм. ниже этого давления сечения рукава приближается к эллипсообразной форме.

Таким образом, при определении потерь напора в рукавах приходится считаться с рядом переменных факторов, которые коротко рассматриваются ниже.

**Увеличение диаметра и длины рукавов под влиянием внутреннего давления.** В зависимости от давления не прорезиненные льняные рукава изменяются в диаметре на 3-4 %. Так, например, рукав с номинальным диаметром 66 мм (2,5") при давлении 3 атм. Имеет внутренний диаметр около 68 мм, в то время как при давлении 7 атм. внутренний диаметр рукава составляет около 70 мм.

В то же время рукава под воздействием внутреннего давления удлиняются. Хлопчатобумажные рукава имеют большое удлинение, до 5 и даже до 10 % от первоначальной длины. Кроме того, в следствии удлинения рукава под давлением рукавная линия принимает волнистую форму, что приводит к увеличению потери напора на 5-6%.

**Влияние сужений проходных сечений в рукавных гайках.** Применяющиеся рукавные гайки несколько сужают проходное сечение рукавной линии. Так в рукавах диаметром 66 мм отношение площади сужения к площади сечения рукава составляет около 0,75 и, следовательно, площадь проходного сечения рукава уменьшается примерно на 25%. Это приводит к увеличению потери напора в рукавных линиях примерно на 3%. Так как по отношению к потерям по всей рукавной линии эти потери невелики, то их отдельно не учитывают, а относятся к общим потерям напора в рукавах.

**Коэффициент  $\lambda$  трения для рукавов.** Гидравлические исследования рукавов, проведенные ЦНИИПО и Одесским институтом инженеров гражданского и коммунального строительства, показывают, что коэффициент трения изменяется в зависимости от материала, качества изготовления рукавов и внутренней шероховатости стенок от 0,0665 до 0,017 (при Re от 60 000 до 40 000 и при

условиях относительной гладкости.  $\frac{r_e}{\alpha}$  от 20 до 800).

Для не прорезиненных рукавов на основании некоторых опытных данных, коэффициент трения  $\lambda$  для Re от 60 000 до 400 000 может быть представлено в виде формулы:

$$\lambda = \frac{0,25}{\text{Re}^{0,115}}$$

Для прорезиненных рукавов при Re от 200 000 до 400 000:

$$\lambda = \frac{0,091}{\text{Re}^{0,115}}$$

### 5. Другие формулы для определения потерь напора в рукавах

Формула Ясюковича [3]:

$$i = m \frac{Q^{1,9}}{D^{5,25}}$$

Где:

- $i$  – потери напора на ед. длины рукава;
- $Q$  – расход воды в ( л/мин);
- $D$  – диаметр в мм.

Формула для практического применения в Англии *Боумана*:

$$H = \frac{fv^2}{d2g}$$

Где:

- $H$  – потери напора в футах высоты вод. ст.;
- $f$  – фактор трения;
- $v$  – скорость в футах в секунду;
- $d$  – диаметр рукава в футах;
- $l$  – длина рукавной линии в футах.

**Выводы:** приведенный порядок расчета позволяет определить потери напора в пожарных рукавах.

#### Список литературы

1. Абросимов, Ю.Г. Гидравлика и противопожарное водоснабжение/ Ю.Г. Абросимов Учебник для слушателей и курсантов пожарно-технических образовательных учреждений МЧС России. - М.: Академия ГПС МЧС России , 2003. - 422 с.
2. Качалов А. А. и др. Противопожарное водоснабжение: Учебник для пожарно-технических училищ / А. А. Качалов, Ю. П. Воротынцев, Л. В. Власов. — М.: Стройиздат, 1985.— 286 е., ил.
3. Пожарная тактика. Справочное пособие. Иркутск 1999. Пожарная тактика. Справочное пособие. Самойлов В.И., Сосновский К.М., Костриков Г.И. Восточно-сибирский институт МВД РФ. – Иркутск: 1999

УДК 614.843.4

## ВОДА ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ. ПОЖАРНЫЕ СТРУИ

Стоян Б.К., студент,  
Онищенко С. А., к.т.н., ст.науч.сотр., доцент  
E-mail: serg-onis@mail.ru. Телефон:380713072882

*ГОУ ВПО "Академия гражданской защиты" Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Донецкой Народной Республики г. Донецк*

*Стоян Б.К., Онищенко С.А. Целью данной статьи является освещение применения гидравлики в противопожарной безопасности и определении ее значимости в пожарном деле. В материале рассматриваются основные виды и свойства пожарных струй. Данная информация рекомендуется к прочтению сотрудникам пожарной специальности и студентам.*

*Ключевые слова: горение, гидравлика, струи, уравнение Бернулли, центробежные насосы.*

*The purpose of this article is to highlight the use of hydraulics in fire safety and determine its importance in firefighting. The material discusses the main types and properties of fire jets. This information is recommended for reading by firefighters and students.*

*Key words: combustion, hydraulics, jets, Bernoulli's equation, centrifugal pumps.*

### Введение

Горение — это главный процесс на пожаре. Тушение же пожара (с физической точки зрения) всегда сводится к прекращению процесса горения во всех его видах и формах.

Лучшим, наиболее эффективным способом обеспечения пожаровзрывобезопасности является создание таких условий, при которых процесс непроизвольного горения вообще не может возникнуть. Об этом думали люди еще в глубокой древности. Однако если пожар все-таки возникал, приходилось его тушить, что стимулировало внедрение первых мер противопожарной защиты. Древний человек достаточно рано понял роль различных средств, преграждающих путь к огню, и первой он применил воду, постепенно приходя к пониманию необходимости создания и хранения ее запасов для борьбы с огнем.

Вода наиболее распространенное средство тушения пожаров. Источниками водоснабжения могут быть поверхностные (моря, озера, реки, пруды и т.д.) и подземные (грунтовые, родниковые, артезианское и т.д.) воды.

Физические свойства воды имеют важное значение при тушении пожаров. Плотность кинематическая вязкость у воды играют большую роль при ее пода-

че к месту назначения. При давлении 15 атм с увеличением температуры от 5 до 195°C плотность воды уменьшается в 1,15 раза, а коэффициент кинематической вязкости снижается почти на порядок, т.е. в 9,55 раза. Эти свойства являются аргументом в пользу использования для целей пожаротушения воды с более высокой температурой, так как это позволяет существенно уменьшить гидравлические потери подачи ее к месту пожара по рукавам.

Основным огнетушащим свойством воды является понижение температуры воспламенения, причем тепло, отнятое из очага пожара, поглощается водой и отводится охлаждением. Горючее вещество охлаждается с водяным паром.

Влияние указанных факторов в значительной мере зависит от режима горения, вида горючего материала и способа подачи воды.

Изложение основного материала

Причиной хорошего теплопоглощения воды являются высокие значения удельной теплоемкости и теплоты парообразования. Например, удельная теплоемкость некоторых веществ при 20°C составляет, Дж/(кг К): воды — 4200, воздуха — 1010, алюминия-880, меди-385, свинца-130. Такая теплоемкость и, следовательно, упомянутые энергоемкие процессы существуют во всем диапазоне температур, при которых вода находится в жидком состоянии. Она исчезает только в паре, т.е. эта аномалия является свойством именно жидкого состояния воды. Естественно, что при тушении пожара необходимо учитывать данную аномалию воды и стремиться максимально использовать большую ее теплоемкость. Именно поэтому принципиально важным становится не только вопрос о размере капель воды, которые подаются на тушение пожара, но и температура. Попадая в пламя, капля воды должна успеть нагреться до температуры 100°C и испариться до осаждения,

Сказанное связано с тем, что удельная теплота воды аномальна не только по своему значению. Характер температурного изменения удельной теплоемкости своеобразен: она снижается по мере увеличения температуры в интервале от 0 до 36,79°C, а при дальнейшем увеличении температуры — возрастает. Минимальное значение удельной теплоемкости воды обнаружено при температуре 36,79°C. Следовательно, энергетически выгодно тушить пожары водой с температурой капель более 36,79°C. При тушении пожаров водой в закрытых помещениях при испарении ее объем увеличивается в 1700 раз, благодаря чему кислород воздуха вытесняется из зоны очага пожара водяным паром. Для того чтобы перевести воду из жидкого состояния в парообразное или из твердого в жидкое, необходимо затратить большое количество энергии, требуется мое, как это следует из гипотез, для разрушения ее межмолекулярной структуры. Эту энергию и называют скрытой теплотой испарения или таяния. Чтобы превратить лед в воду, необходимо затратить 332,43 Дж на 1 г, а для превращения такого же количества воды в пар требуется 2257,5 Дж. При тушении тлеющих пожаров эффект "удушения" не является определяющим, поскольку при тлении, например, древесины, текстиля и т.д., в молекуле горючего вещества содержится необходимый для горения кислород. При пламенном горении из-за непродолжительности контакта воды с горящим веществом водяного пара об-

разуется недостаточно, поэтому он не влияет на процесс горения. Способность растворять разнообразные вещества - еще одно важное свойство воды. В воде растворяются некоторые горючие вещества, которые теряют свою способность гореть. Ее растворяющему действию в той или иной мере подвластны и твердые тела, и жидкости, и газы. Постоянно соприкасаясь со всевозможными веществами, вода фактически всегда представляет собой раствор раз личного, зачастую очень сложного состава. Даже из свежес выпавшей дождевой воды можно выделить различные минеральные и органические вещества, растворенные в ней (до нескольких десятков миллиграммов на литр).

Обычная вода на самом деле является загадочной жидкостью, поскольку многие ее свойства (плотность, сжимаемость, теплоемкость) являются аномальными — не похожими на свойства большинства других жидкостей. Причина этого заключается в особой структуре воды, обусловленной водородными связями между ее молекулами, которая изменяется в зависимости от температуры или давления.

Нельзя абсолютно точно оценить тушащее действие воды, так как условия протекания пожара и методы его тушения различны. Одним из способов повышения эффективности пожаротушения водой является использование тонкораспыленной воды. Распыленность струй подразделяют на тонкую дисперсность — размер капель 10-100 мкм; среднюю 100-1000 мкм, грубую 1000-6000 мкм. Средние распыленные струи подразделяют на тонко средние и грубо средние [2].

Имеется ряд теоретических и практических исследований по определению наиболее эффективных размеров капель. Радуш теоретически вычислил размер капель для тушения горючих жидкостей с температурой кипения более 80°C, исходя из тепло потерь и теплоты образования воды было подтверждено практически при тушении горячей жидкости распыленной струей капли. Полученный таким образом оптимальный диаметр капли составил 0,35 мм. Это значение Фольке провел опыты по тушению сплошной струей штабеля древесины, размещенного на весах. Потери массы штабеля определялись как функция времени горения и тушения при различном количестве используемой воды. На основании опытов сделан вывод, что скорости распространения пламени и горения горючего материала постоянны. При скорости горения 1 г/с (~1 ккал/с) пожар был потушен потоком воды с таким расходом, что теплота испарения составляла лишь 0,085 ккал/с. Оказалось, что отведенное количество тепла было меньше, чем количество тепла, выделяемого при горении.

В последнее время все более широкое применение находит вода аэрозольного распыления со средним диаметром капель порядка 50 мкм. Вода в таком состоянии занимает как бы промежуточное положение между жидкостью и газом и сочетает в себе преимущества как жидкостных, так и газовых средств тушения. Аэрозольное состояние воды достигается путем выброса либо перегретой воды, либо газонасыщенной (раствор СО<sub>2</sub> в воде) под давлением через специальные распылители. В Германии тонкораспыленную воду (водяной туман) с диаметром капель более 10 мкм для тушения пожара получают с помощью по-

жарных стволов при повышенном давлении насосов. Применение водяного тумана в Германии различными пожарными службами много лет приводит к положительным результатам. В последние десятилетия опыт пожаротушения водяным туманом обрели многие страны Европы. Водяной туман формируется при давлении насоса около 40 атм. Для этого необходимы пожарный насос со степенью высокого давления, производящий 40 атм, и специальные пожарные стволы-пистолеты, являющиеся с недавних пор достоянием техники.

Установки пожаротушения, в которых используется водяной туман, широко используются за рубежом и в России. Вода в таких установках подается с интенсивностью орошения не менее 0,04–0,06 л/см. Однако для получения водяного тумана в зарубежных и отечественных установках используются либо большое давление (до 300 атм) и химически подготовленная вода, очищенная от механических примесей и растворимых в воде солей, либо специально сконструированные распылители. Кроме того, распылители установок высокого давления имеют очень малые площади сечений проточных каналов и потому склонны к засорению или замерзанию в зимнее время.

Благодаря многолетним исследованиям, проведенным учеными Академии ГПС, доказано, что возможно и другое, принципиально новое техническое решение — улучшение огнетушащих свойств воды за счет ее температурной активации. При его реализации удастся одновременно добиться как стволы со сложными, дорогостоящими и улучшения текучести воды без использования добавок, так и уменьшения размера ее капель без увеличения давления насосов и использования пожар профилированными насадками с минимальной площадью сечений проточных каналов. После возвращения к обычным условиям такая вода находилась некоторое время в особом, так называемом метастабильном состоянии, в своем составе аномальные количества растворенного вещества и значительно повышать.

Сибирские ученые Ф. А. Летников и Т. В. Кашеева нагревали обессоленную воду до 200, 300, 400, 500°C при давлениях 1, 88, 390 и 800 атм проявляющемся в повышенной растворяющей способности карбонатов, сульфатов, силикатов и других соединений, в способности длительной кислотности. Такая вода названа активированной, а сам процесс — температурной активацией [1].

На сегодняшний день температурно-активированную воду в пожарных подразделениях вырабатывают с помощью установки получения горячей, перегретой и температурно-активированной воды (УПВ). Вода под давлением до 125 атм подается насосом в теплообменник, в котором перегревается до 300°C под большим давлением, после теплообменника поступает в рукавную линию к стволу, на выходе из него мгновенно вскипает и превращается в туман, состоящий из пара и мелкодисперсных капель порядка 50 мкм. От УПВ до выхода из ствола вода находится в метастабильном состоянии ниже линии насыщения.

После выхода из ствола вода также находится в метастабильном состоянии (выше линии насыщения). В таком состоянии она не только эффективно тушит пожар, но и резко снижает температуру пламени и осаждаем дым. Струи температурно-активированной воды (рис. 5) могут быть использованы для тушения

практически всех видов горючих веществ, которые не вступают в химическую реакцию с водой с выделением большого количества тепла или горючих газов. Наиболее струи температурно-активированной воды тушат пожары в замкнутых объемах, так как образуют большой объем пара и водяного тумана, которые эффективно осаждают дым и пары ядовитых веществ, а также вытесняют воздух и, тем самым уменьшают процентное содержание кислорода в зоне горения. Одна из основных проблем, которая стоит сейчас перед наукой, — это повышение эффективности применения воды при тушении пожаров. Большинство современных технических средств используют непосредственно на тушение очаг возгорания только 5-10% поданной на тушение воды, фактически 90-95% поданной воды можно считать излишне пролитой. Часто ущерб от излишне пролитой воды больше, чем от самого пожара.

Все перечисленные элементы позволяют утверждать, что температурно-активированная вода может быть успешно использована при тушении пожаров.

В зависимости от выбора средства пожаротушения в пожарном деле применяют водяные и газовые струи. Водяные струи применяются при тушении пожаров «чистой» водой или водой с растворенными в ней пенообразующими и смачивающими веществами. Качество водяной струи определяется выбором способа пожаротушения. Наиболее часто, особенно при тушении наружных пожаров, применяются сплошные водяные струи. Сплошная водяная струя отличается своей компактностью, сплошностью, большой дальностью полета и сильным динамическим действием. Однако тушение многих пожаров сплошными струями, например пожаров резервуаров с легковоспламеняющимися жидкостями, недостаточно эффективно. В этих случаях применяются распыленные водяные струи. Такие струи применяются также для защиты пожарных от огня. Газовые струи применяются для тушения пожаров газами или паром. Для этого создаются специальные установки газового или газового пожаротушения.

Сплошная масса жидкости, вытекающая из отверстия или насады, по мере движения ее в воздухе постепенно распадается на отдельные капли. Причиной распада струи является взаимодействие жидкости на поверхности струи с окружающим ее воздухом и наличие турбулентных пульсаций внутри струи. Это явление схематически можно представить следующим образом. Пусть вследствие каких-либо причин, например вследствие турбулентности струи жидкости, на поверхности раздела жидкость-воздух образовались волны. Волнистая поверхность будет перемещаться вдоль струи с некоторой скоростью, меньшей, чем скорость самой струи. С другой стороны, пограничные слои воздуха также будут вовлечены в движение. Скорость слоев воздуха будет несколько меньше скорости волн. Предположим, что скорость волн будет равна некоторому промежуточному значению скоростей воздуха и струи. Будем рассматривать движение струи в системе координат, движущихся со скоростью движения волн. В такой системе, очевидно, гребни и впадины волн будут неподвижными, воздух будет двигаться влево, а вода вправо, применяя уравнение Бернулли к струйкам воздуха и воды, получим, что в воде на гребнях волн дав-



ление будет повышенным, а во впадинах – пониженным. Для воздуха же будет наблюдаться обратное распределение давлений. Показано значками + и -, следовательно, распределение давлений будет таким, при котором равновесное состояние волны является неустойчивым, волна будет повышаться, что приведет в конечном итоге к распаду струи на отдельные капли.

Начальный участок сплошной струи, полностью не распавшийся на отдельные капли, обладает наибольшей энергией движения, хорошо сопротивляется действию воздушных потоков, обладает сильным динамическим действием. Этими качествами струи пользуются при разработке полезных ископаемых способом гидромеханизации, в пожарном деле и в других областях техники. Начальный участок сплошной струи называется компактной частью, а остальная конечная часть – раздробленной. Практически граница между компактной частью и раздробленной может быть учреждена на основании визуального наблюдения за струей, измерения плотности струи в различных точках и опыта использования струй в данной отрасли техники.

Д. Фриман, автор одного из первых глубоких исследований пожарных струй (1888 г.), предлагает за длину компактной части пожарной струи принимать ту ее часть, которая несет 0,9 своей воды внутри круга диаметром 38 см и 0,75 внутри круга диаметром 26 см; не разрушается при «свежем» (слабом) ветре; при безветрии, будучи подана через оконное отверстие, способна оросить потолок и стены. Это определение относится к насадкам диаметром 25-38 мм.

#### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Компактность струи в определенном ее сечении характеризуется распределением плотности в этом поперечном сечении. Для изучения плотности можно использовать прибор. Прибор представляет собой клинообразный брус с трубками, которые служат для взятия пробы. Все эти трубки соединены при помощи резиновых шлангов с батареей водосборных воронок, которые для измерения количества поступившей в них воды можно быстро опустошать. Брус может перемещаться по вертикали и горизонтали укрепляться в соответствующем положении.

#### **Список литературы**

1. Губанов, В. М. Чрезвычайные ситуации социального характера и защита от них: учеб. пособие / В. М. Губанов, Л. А. Михайлов, В. П. Соломин. – Москва : Дрофа, 2007. – 285
2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21.06.2014 № 1099-Р «Программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года» [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации : офиц. сайт. Электрон. дан. – Москва, 2008-2019. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1343>. – Загл. с экрана. – Дата обращения: 24.04.2019.

УДК 003.628

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛА ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ВЛАДЕЛЬЦЕВ ДОМАШНИХ ПИТОМЦЕВ В ЦЕЛЯХ УЛУЧШЕНИЯ КОММУНИКАЦИИ С НОВОЙ АУДИТОРИЕЙ

Шепеленко Н.С., ст.гр. МИД-17

Руденко М.П., старший преподаватель каф. КМД

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», Донецк

*Шепеленко Н.С., Руденко М.П. Усовершенствование функционала приложений для владельцев домашних питомцев в целях улучшения коммуникации с новой аудиторией. Рассмотрены основные приложения для владельцев домашних питомцев, достоинства и недостатки, предложен новый функционал.*

*Ключевые слова: приложение, домашние питомцы, функционал, социальный функционал, полезный функционал.*

*The main applications for pet owners, advantages and disadvantages are considered, and new functionality is proposed.*

*Keywords: applications, pets, functionality, social functionality, useful functionality*

Социальные сети не ограничиваются только людьми. Сегодня тысячи домашних животных могут иметь собственный профиль в Facebook или Instagram, где хозяева вкладывают разный визуальный контент, который считается развлекательным а не полезным, для любителей домашних животных этого недостаточно. Они хотят не только делиться развлекательным контентом с другими пользователями, но и приносить пользу своему питомцу, экономить свое время и правильно ухаживать за ним. Однако социальные сети для людей имеют ограниченный функционал не предназначенный для животных. Специально для них разрабатываются приложения имеющие функционал социальных сетей, но также они имеют полезные функции по уходу за питомцем.

Рассмотрим некоторые существующие приложения:

Petzbe – это социальная сеть для домашних животных, чем-то похож на Instagram. Функционал ограничен и позволяет только делиться фото и видео контентом.

BarkHappy – это приложение для определения местоположения своего питомца. Используя приложения, хозяин может не только найти своего любимца, но и найдет новые интересные места для него и сможет пообщаться с другими владельцами.

Paweresome – социальная сеть для владельцев домашних животных. Платформа – идеальное место для создания сообществ и поиска друзей для своего питомца[1].

Чтобы создать приложение для любителей домашних животных в него нужно добавить определенный функционал. Функционал для данных приложений делится на социальный и полезный.

Социальный функционал – функции приложения, которые помогают коммуницировать пользователям между собой. Данный функционал присутствует в любой социальной сети и состоит из таких функций:

1) Личные профили

Без личных профилей пользователи не смогут делиться фотографиями своих домашних животных и общаться с другими любителями домашних животных. Другими словами, приложение для социальных сетей для iPhone и Android будет бесполезным без личных профилей.

2) Добавить питомца

Владельцы домашних животных должны иметь возможность добавлять столько домашних животных, сколько они хотят. Также было бы неплохо добавить биографию питомца, где владельцы будут описывать тип питомца, его породу, а также краткое описание и фотографию.

3) Сообщение

Любое приложение для социальных сетей не может быть социальным без сообщений. С помощью сообщений владельцы питомцев смогут обсудить и устроить уютные кофейные встречи или активные прогулки со своими животными.

Полезный функционал – это функции приложения, которые предоставляются пользователю для облегчения повседневных и краткосрочных задач. Он добавляется с целью экономии времени пользователя и состоит из таких функций:

1) График прогулок

Владельцы собак будут благодарны за такую особенность на 1000%. Здесь пользователи могут создавать свой график прогулок, сохранять любимые маршруты и находить пушистых товарищей, чтобы повеселиться во время прогулки.

2) Бизнес-справочник

Найти кафе, где разрешено размещение с домашними животными, сложно в любом мегаполисе, где есть десятки ресторанов и кафе. И бизнес-каталог всех мест, где разрешено размещение с домашними животными, будет полезен владельцам домашних животных.

3) GPS-трекер питомца

Используя специальный ошейник с чипом, хозяин всегда будет видеть где находится его питомец и сможет легко его найти если он потеряется[2].

Таким образом, приложение для любителей домашних животных должно обладать определенным базовым функционалом, чтобы быть полезным для пользователей и способным помочь настроить коммуникацию с новой аудито-

рией для бренда или компании. Однако функционал приложения должен расширяться и иметь другие полезные функции, чтобы выделяться на фоне конкурентов[3].

### Список литературы

1. Appadvice [Электронный ресурс] // Keep up with online pet buddies with these fun pet social networking apps. URL: <https://appadvice.com/apps/social-networking-pet-apps>
2. Movai.io [Электронный ресурс] // How to create social network app for pet lovers. URL: <https://mova.io/blog/social-network-for-pets/>
3. Иванов А.С. Digital-маркетинг / А.С. Иванов, Л.Ф. Попова // Управление качеством продукции и конкурентоспособностью организаций реального сектора экономики в условиях цифровизации: сб. матер. науч. конф, 2019 г., Саратов. – Саратов: Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2019. – С. 65-70.

УДК 676-5(0705)

## АНАЛИЗ РОБАСТНОСТИ САУ РОСПУСКА СУХОГО БРАКА С УЧЕТОМ ОСНОВНЫХ СТОХАСТИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Росляков М.С., студент,  
Жукова Н.В., канд. тех. наук, доц.

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

*Росляков М.С., Жукова Н.В. Проведено моделирование комплексной системы автоматизации процессом роспуска сухого брака, включающей три взаимосвязанные подсистемы регулирования основными технологическими параметрами процесса роспуска. Методами математического моделирования выполнен анализ динамики системы с учетом основных стохастических возмущений. Анализ показал, что разработанная система удовлетворяет свойствам робастности, а также решает задачу слежения и стабилизации концентрации распушенной массы и уровня суспензии в переливном ящике.*

*Ключевые слова: сухой брак, концентрация распушенной массы, производительность сухого брака, уровень суспензии в переливном ящике, расход оборотной воды, расход рециркуляционной массы, скорость транспортной ленты, регулятор концентрации, ошибка отклонения, шум датчика, робастность, слежение, стабилизация.*

*Roslyakov M., Zhukova N. The modeling of a complex automation system for the dissolution of dry scrap, including three interrelated subsystems of regulation of the main technological parameters of the dissolution process, has been carried out. The analysis of the dynamics of the system, taking into account the main stochastic disturbances, was carried out using the methods of mathematical modeling. The analysis showed that the developed system satisfies the properties of robustness, and also solves the problem of tracking and stabilizing the concentration of the loose mass and the level of suspension in the overflow box.*

*Key words: dry waste, concentration of loose mass, productivity of dry waste, level of suspension in the overflow box, flow rate of circulating water, flow rate of recirculation mass, conveyor belt speed, concentration control, deviation error, sensor noise, robustness, tracking, stabilization.*

Постановка задачи. В работах [1, 2] авторами разработана математическая модель процесса роспуска сухого брака, реализованная посредством описания концентрации распушенной массы в гидроразбивателе с учетом производительности сухого брака. Учтено транспортное запаздывание на тракте подачи сухого брака. Проверена состоятельность полной математической модели методами математического моделирования. В [2] проведено моделирование САУ,

включающей только работу двух систем регулирования концентрации распушенной массы с учетом производительности по сухому браку. Результаты моделирования доказали работоспособность САУ с удовлетворительными показателями качества регулирования системы [2].

Разработка комплексной САУ процессом роспуска сухого брака, обеспечивающей требуемую концентрацию распушенной массы при соблюдении материального баланса в ванне гидроразбивателя за счет поддержания уровня распушенной массы в переливном ящике с учетом текущих расходов сухого брака и оборотной воды, является актуальной задачей. Анализ робастности комплексной САУ с учетом основных стохастических возмущений является целью данной публикации.

Методика решения задачи. Анализ робастности будем проводить в условиях схемы моделирования, приведенной на рис. 1.

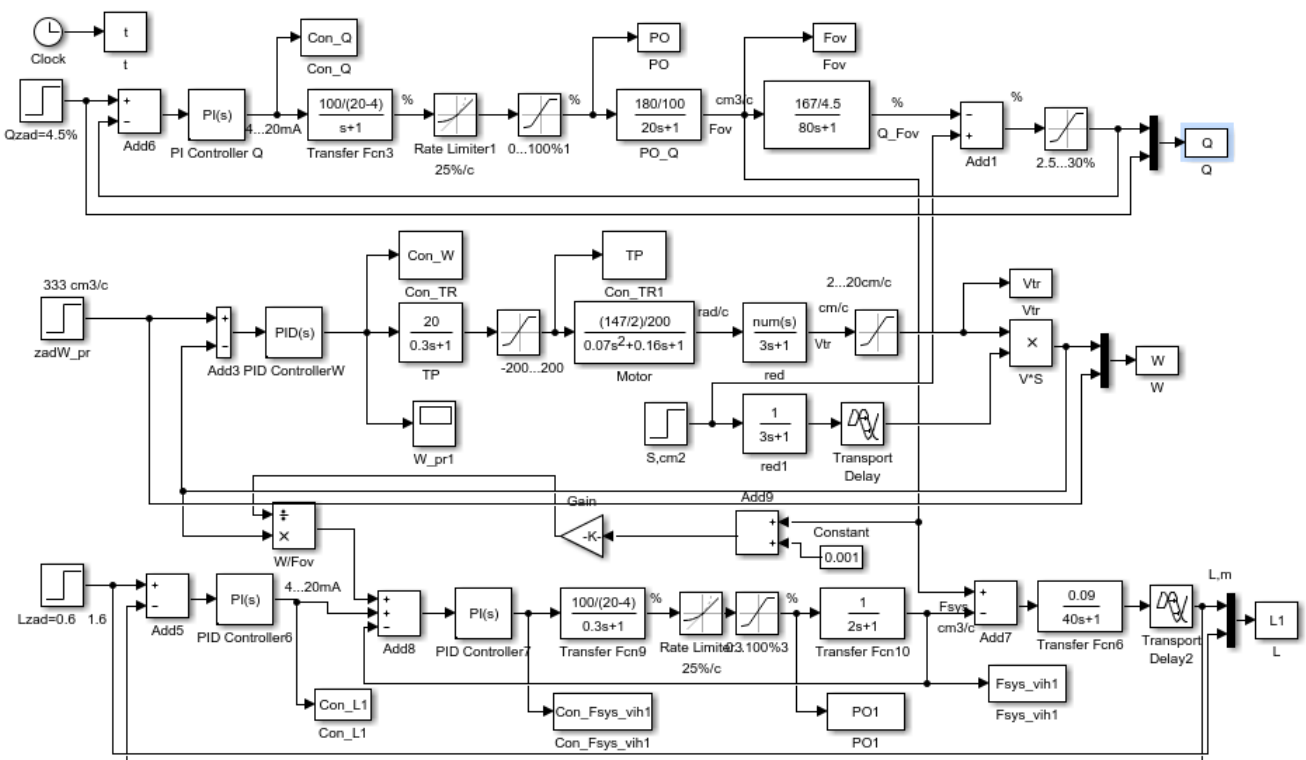


Рисунок 1 – Схема моделирования САУ переработки сухого брака

При моделировании предполагается:

- помехи от датчиков стационарные случайные процессы с нулевым математическим ожиданием и дисперсией равной абсолютной погрешности датчиков. Абсолютная погрешность датчика уровня суспензии, который применяются при технической реализации системы, равна  $\pm 0,05$  м, частота опроса 0,1 с; абсолютная погрешность датчика концентрации волокнистой массы, который применяется при технической реализации системы, равна  $\pm 0,02$  0%, частота опроса 0,1 с;

- нормальный закон распределения входных параметров без взаимовлияния;

- стохастические процессы являются стационарными и эргодичными.

При моделировании дисперсия случайного сигнала, накладываемого на

сигнал рассогласования по уровню суспензии специально увеличена до критического значения 0,05 м с целью тестирования разработанной САУ на свойство робастности. График на рис.2 показывает, что система автоматического управления уровнем суспензии в переливном ящике решает задачу слежения и стабилизации, показатели качества регулирования соответствует требуемым.

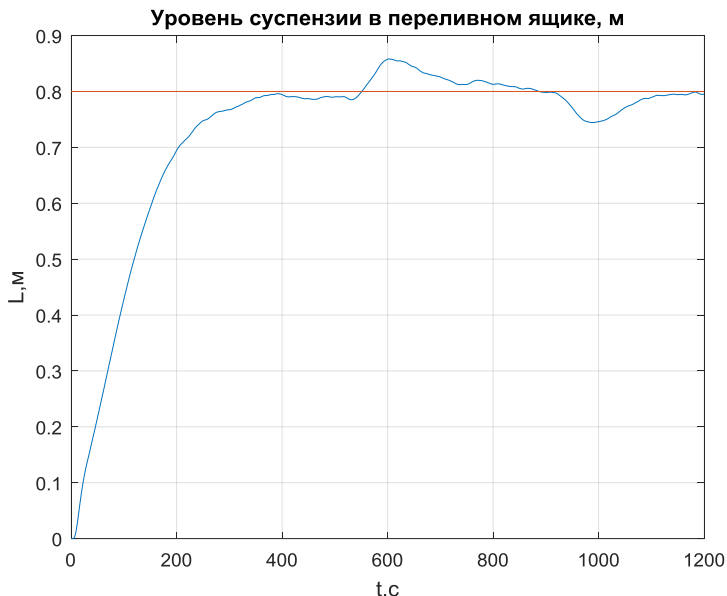


Рисунок 2 – Переходная характеристика уровня суспензии в переливном ящике

По графикам основных элементов системы (рис. 3) очень хорошо заметна адитивная шумовая составляющая, но процессы не выходят за пределы технических ограничений.

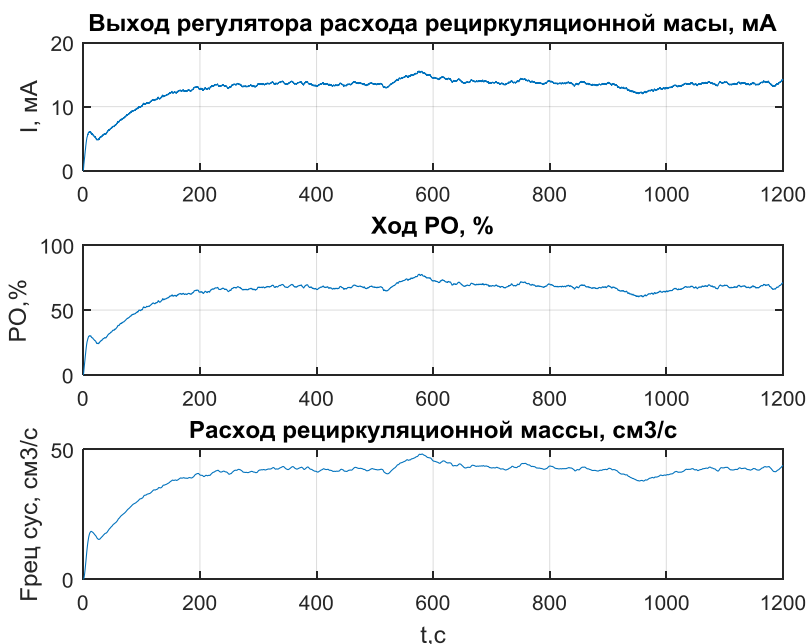


Рисунок 3 – Переходные характеристики элементов САУ уровня суспензии в переливном ящике

Соответственно можно сделать вывод, что синтезированные регуляторы

внутреннего и внешнего контуров робастны, САУ уровня суспензии можно рекомендовать к применению на практике.

Дисперсия ошибки случайного сигнала, накладываемого на сигнал рассогласования по концентрации выбрана 0,5%. Выход системы не чувствителен (рис.4), задача слежения и стабилизации решается очень хорошо.

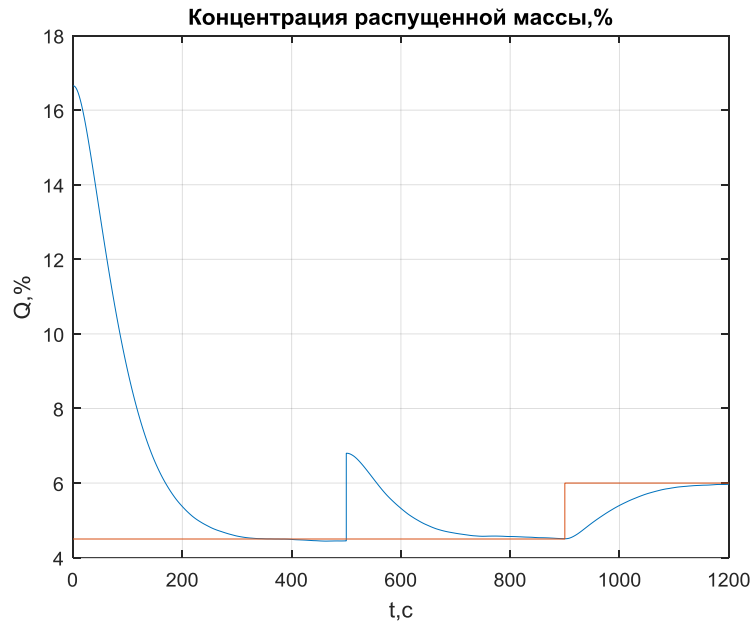


Рисунок 4 – Переходная характеристика концентрации распущенной массы в гидроразбивателе

А по графикам основных элементов системы концентрации (рис. 5) очень сильно заметна адитивная шумовая составляющая в выходном сигнале регулятора концентрации.

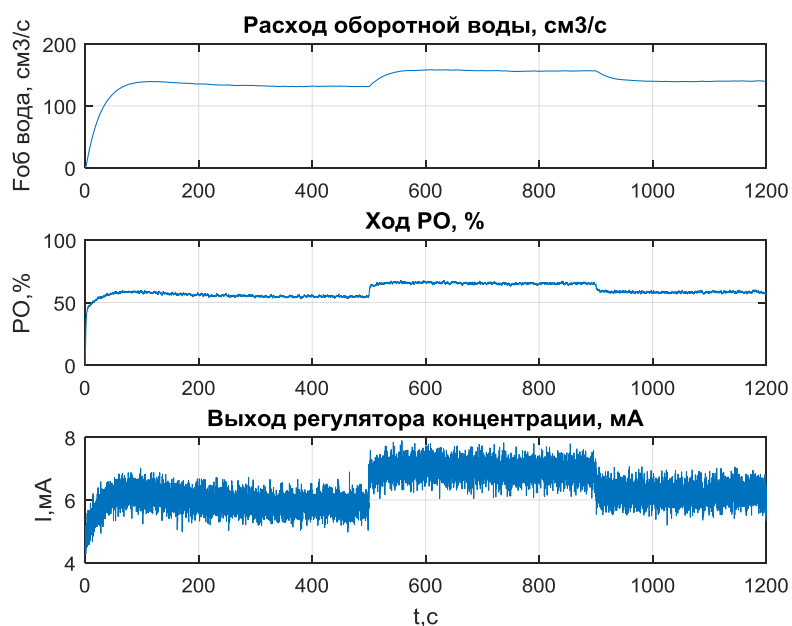


Рисунок 5 – Переходные процессы элементов САУ концентрации распущенной массы в гидроразбивателе

Но работа исполнительного механизма и регулирующего органа осуществ-



ляется достаточно плавно без ударов. Процессы также не выходят за пределы технических ограничений. Таким образом можно сделать вывод, что регуляторы контуров управления настроены с удовлетворительными показателями качества регулирования системы:

- аperiodический характер переходного процесса с допустимым перерегулированием при отработке сигнала задания не более 3%;
- время установления (регулирования) не превышает 10 мин;
- время отработки нагрузки по сухому браку не более 5 мин.
- время отработки изменения сигнала задания не более 5 мин.

Разработанная система удовлетворяет свойствам робастности и также решает задачу слежения и стабилизации концентрации распушенной массы в гидроразбивателе и уровня суспензии в переливном ящике.

**Выводы.**

1. Разработана структурная схема комплексной САУ роспуска сухого брака в условиях бумагоделательной машины, обеспечивающей требуемую концентрацию распушенной массы при соблюдении материального баланса в ванне гидроразбивателя за счет поддержания уровня распушенной массы в переливном ящике с учетом текущих расходов сухого брака и оборотной воды.

2. Выполнен теоретический синтез САУ роспуска сухого брака, настроены параметры регуляторов локальных САУ концентрации распушенной массы, производительности сухого брака и уровня суспензии в переливном ящике. Параметры регуляторов были автоматически оптимизированы средствами блока PID-control. Разработанная система является робастной, решает задачу слежения и стабилизации при наличии помех в цепи измерения основных регулируемых параметров системы роспуска в условиях БДМ.

### Список литературы

1. Росляков М.С., Жукова Н.В. Система автоматического управления технологическим процессом переработки оборотного брака в условия производства бумаги /Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XIX научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 21-23 мая 2019 г. - Донецк: ДОННТУ, 2019. – 420с. С.253 – 256.
2. Росляков М.С., Жукова Н.В. Анализ динамики системы автоматического управления технологическим процессом переработки оборотного брака /Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XX научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 26-28 мая 2020 г. - Донецк: ДОННТУ, 2020. – 452с.

## АНАЛИЗ РОБАСТНОСТИ САУ ДОМЕННОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ НАГРЕВА НАСАДКИ

Долгих Е.А., студент,  
Суков С.Ф., канд. тех. наук, проф.,  
Жукова Н.В., канд. тех. наук, доц.

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк*

*Долгих Е.А., Суков С.Ф., Жукова Н.В. Методами математического моделирования выполнен анализ робастности разработанной САУ воздухонагревателем в режиме нагрева насадки. Анализ показал, что система решает задачу слежения и стабилизации температуры купола и температуры дымовых газов. САУ обеспечивает форсированный нагрев насадки, экономичное сжигание топлива и точное по величине ограничение предельной температуры купола увеличением избытка воздуха.*

*Ключевые слова: Доменное хозяйство, воздухонагреватель, режим нагрева, избыточное давление доменного газа, расход воздуха, регулятор температуры купола, регулятор температуры дымовых газов, ошибка отклонения, шум датчика, робастность, слежение, стабилизация.*

*Dolgikh E., Sukov S., Zhukova N. The analysis of the robustness of the air heater developed by the ACS in the nozzle heating mode was carried out by means of mathematical modeling. The analysis showed that the system solves the problem of tracking and stabilizing the dome temperature and flue gas temperature. ACS provides forced heating of the nozzle, economical combustion of fuel and precise limitation of the maximum dome temperature by increasing the excess air.*

*Keywords: Blast furnace, air heater, heating mode, blast furnace gas overpressure, air flow rate, dome temperature controller, flue gas temperature controller, deflection error, sensor noise, robustness, tracking, stabilization.*

Постановка задачи. В работе [1] авторами разработана математическая модель процесса нагрева насадки посредством описания информационных переменных, косвенно характеризующих процесс нагрева насадки в доменном воздухонагревателе. Адекватность и состоятельность данной модели основывается на результатах экспериментов, проведенных исследователями данной области [2] и методами математического моделирования [1].

В [1] проведено моделирование САУ, включающей работу двух взаимосвязанных систем регулирования температуры купола и температуры дымовых газов при поддержании повышенных значений давления газа-теплоносителя в период нагрева насадки и давления в рабочем пространстве теплообменника. Результаты моделирования доказали работоспособность САУ с удовлетвори-

тельными показателями качества регулирования системы [1].

Анализ робастности комплексной САУ с учетом основных стохастических возмущений является актуальной задачей и целью данной публикации.

Методика решения задачи. Анализ робастности проводится в условиях схемы моделирования, приведенной на рис.1.

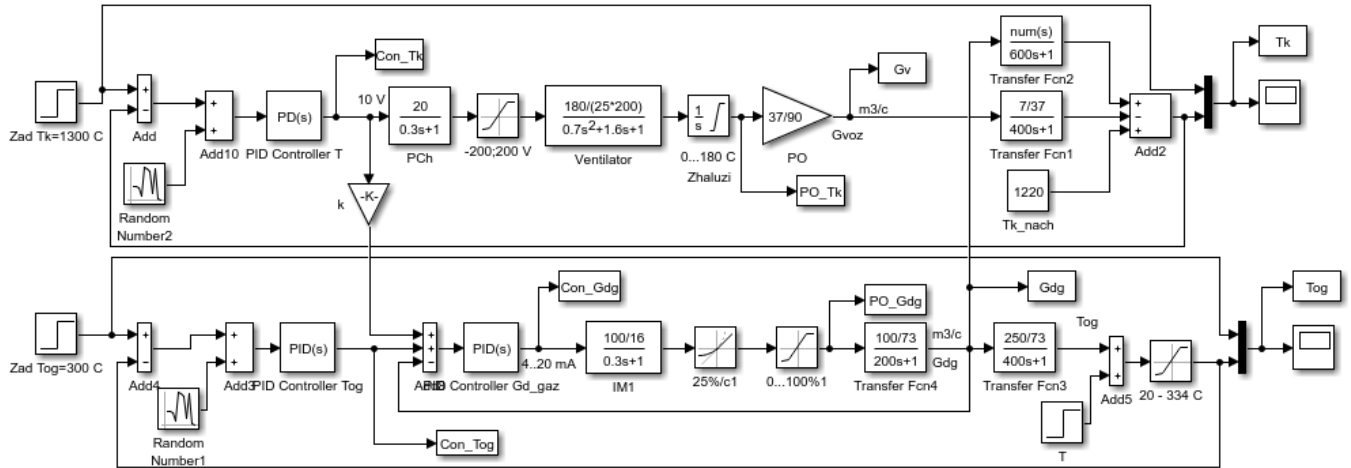


Рисунок 1 – Схема моделирования САУ воздухонагревателя с учетом помех

При моделировании предполагается:

- относительная погрешность датчика температуры купола, который применяется при технической реализации системы, равна  $\pm 1\%$ ;
- относительная погрешность датчика температуры дымовых газов, который применяется при технической реализации системы, равна  $\pm 1\%$ ;
- помехи от датчиков моделируются в виде стационарных случайных процессов с нулевым математическим ожиданием и дисперсией равной абсолютной погрешности датчиков.
- нормальный закон распределения входных параметров без взаимовлияния;
- стохастические процессы стационарны и обладают свойствами эргодической гипотезы.

При моделировании дисперсия случайного сигнала, накладываемого на сигнал рассогласования по температуре купола специально увеличена свыше критического значения и составляет  $30\text{ C}^0$  с целью протестировать синтезированный регулятор и разработанную САУ на свойство робастности. Переходные характеристики, приведенные на рис.2 показывает, что система автоматического управления температурой купола отлично решает задачу слежения и стабилизации, показатели качества регулирования соответствует требуемым:

- аperiodический характер переходного процесса с допустимым перерегулированием  $0,2\%$ ;
- время установления (регулирования)  $3500\text{ с}$  ( $58\text{ мин}$ ) при условии, если процесс нагрева насадки будет проходить при повышенном избыточном давлении в  $110\text{ кПа}$ ;
- время отработки возмущений  $25\text{ мин}$ .

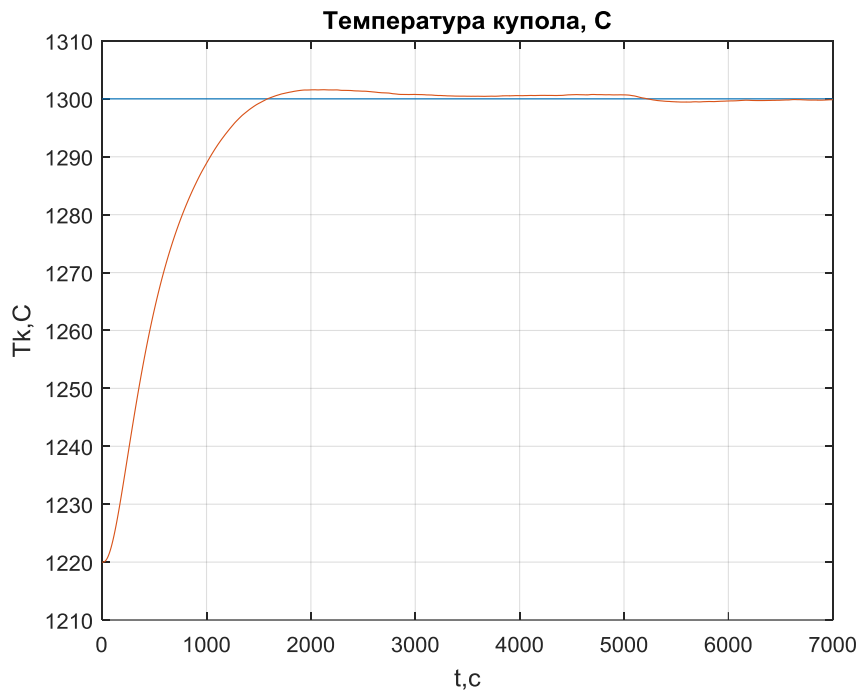


Рисунок 2 – Переходная характеристика температуры купола воздушно нагревателя

По переходным характеристикам основных элементов системы, приведенных на (рис. 3), очень хорошо заметна адитивная шумовая составляющая, но процессы не выходят за пределы технических ограничений. Дрейф угла открытия жалюзи в пределах  $\pm 5$  град.

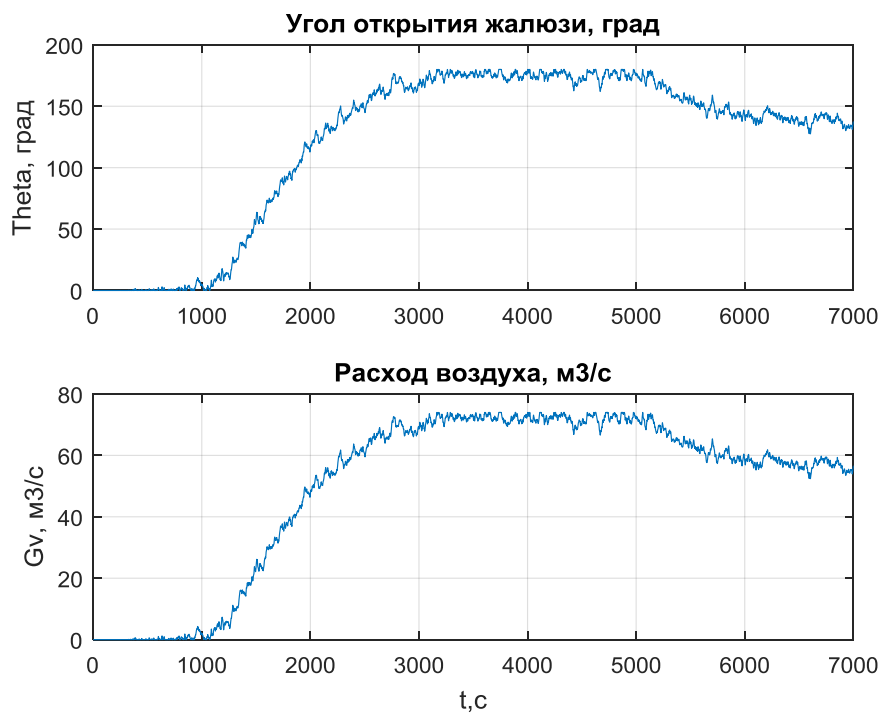


Рисунок 3– Переходные характеристики элементов управления канала «расход воздуха – температура купола»

Соответственно можно сделать вывод, что синтезированный регулятор

контура температуры купола является робастным, САУ температуры купола в режиме нагрева насадки можно рекомендовать к применению на практике.

На рис.4 приведена переходная характеристика температуры дымовых газов. Дисперсия ошибки выбрана также завышенной и составляет  $6\text{ C}^0$ . Выход системы не чувствителен (рис.4), задача слежения и стабилизации решается очень хорошо. Показатели качества регулирования соответствуют заданным:

- аperiodический характер переходного процесса без перерегулирования;
- время установления (регулирования) не превышает 3000 с;
- время отработки изменения сигнала задания не более 20 мин.

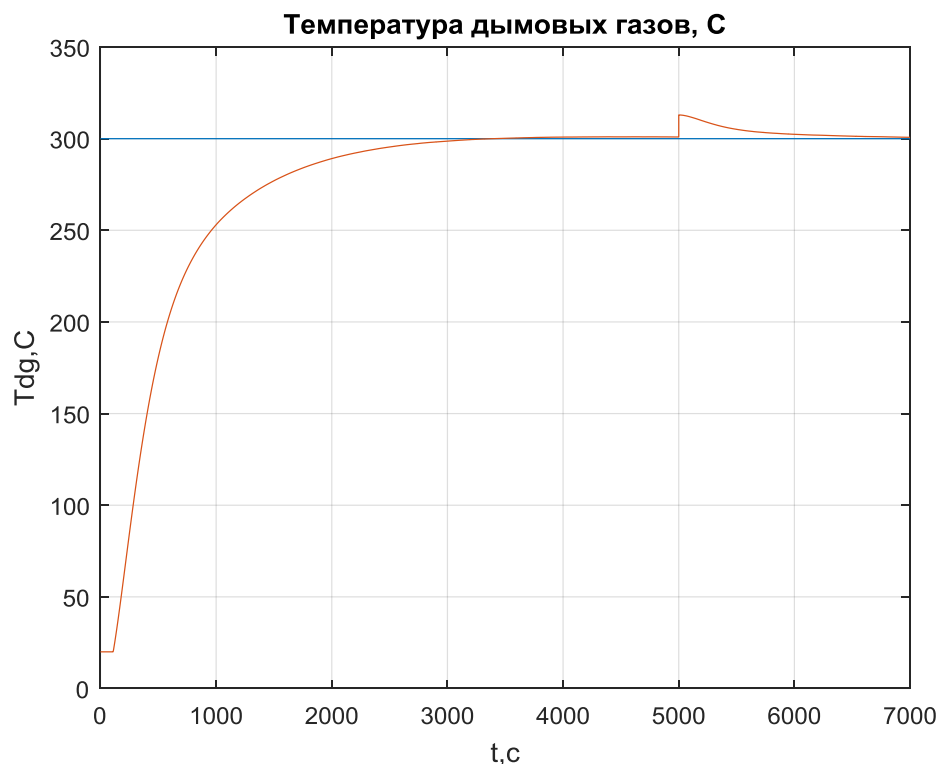


Рисунок 4 – Переходная характеристика температуры дымовых газов

По переходным характеристикам основных элементов САУ температуры дымовых газов (рис. 5) очень сильно заметна аддитивная шумовая составляющая в выходном сигнале регулирующего органа, дрейф составляет  $\pm 5$  град от установившегося значения.

Таким образом, разработанная САУ воздухонагревателем в режиме нагрева насадки является робастной, решает задачу стабилизации и слежения в условиях действующих на систему возмущений и шумов в цепи измерения. Данную САУ можно рекомендовать на практике.

Выводы.

1. Выполнен теоретический синтез САУ воздухонагревателем в режиме нагрева насадки, настроены параметры регуляторов локальных САУ температуры купола и температуры отходящих (дымовых) газов. Параметры регуляторов были автоматически оптимизированы средствами блока PID-control.

2. Результаты моделирования доказывают работоспособность САУ нагрева насадки в доменном воздухонагревателе. САУ обеспечивает форсированный

нагрев насадки, экономичное сжигание топлива и точное по величине ограничение предельной температуры купола увеличением избытка воздуха. Основные показатели качества регулирования соответствуют заданным требованиям.

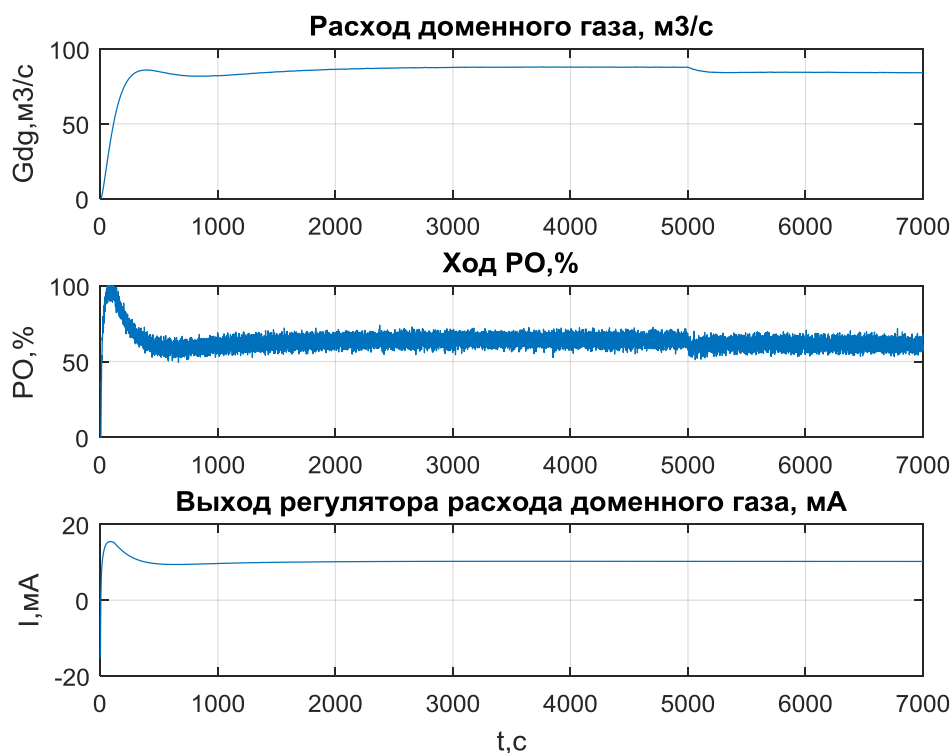


Рисунок 5 – Переходные характеристики элементов управления канала «расход доменного газа – температура дымовых газов»

#### Список литературы

1. Долгих Е.А., Суков С.Ф., Жукова Н.В. Анализ динамики САУ режимом нагрева насадки в доменном воздухонагревателе /Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XX научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 26-28 мая 2020 г. - Донецк: ДОННТУ, 2020. – 452с. С.268 – 272.
2. Койфман А.А. Повышение эффективности работы доменных воздухонагревателей путем увеличения давления газа-теплоносителя. /Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.16.02 – Metallургия черных и цветных металлов и специальных сплавов.

УДК 65.011.56

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДИСКРЕТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ FUZZY-ПИД УПРАВЛЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНОЙ МУФЕЛЬНОЙ ПЕЧИ СНОЛ

Пшибис В.А., студент,  
Жукова Н.В., канд. тех. наук, доц.

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк*

*Пшибис В.А., Жукова Н.В. Проведен анализ лабораторной муфельной печи СНОЛ как объект автоматического управления с точки зрения основных материальных потоков и их информационных переменных. Получено математическое описание САУ нагрева камеры печи и нагреваемого объекта, в виде системы дифференциальных уравнений. Анализ динамики показал, что дискретная реализация состоятельна и может применяться для реального объекта и по сравнению с непрерывной имеет меньшие вычислительные требования к контроллеру.*

*Ключевые слова: Лабораторная муфельная печь, математическая модель объекта управления, Fuzzy-ПИД, дискретная модель.*

*Pshibis V., Zhukova N. The analysis of the SNOL laboratory muffle furnace as a control object from the point of view of the main material flows and their information variables is carried out. A mathematical description of the ACS for heating the furnace chamber and the heated object is obtained in the form of a system of differential equations. A modeling scheme has been drawn up, which made it possible to study a discrete system. The analysis of the dynamics showed that the discrete implementation is consistent and can be applied to a real object and, in comparison with the continuous one, has lower computational requirements for the controller.*

*Keywords: Laboratory muffle furnace, mathematical model of the control object, Fuzzy-PID, discrete model.*

Постановка задачи. Лабораторная муфельная печь представляет собой детерминированный объект управления, поведение которого, в неизменяемых условиях можно предсказать достаточно точно. Но из-за широкого применения печи [1], могут возникать трудно прогнозируемые возмущения, которые отрицательно влияют на качество технологического процесса (ТП) и усложняют идентификацию объекта управления (ОУ). Разработанный Fuzzy-ПИД регулятор [2] полностью удовлетворяет потребности качества ТП, но он является непрерывным, что существенно повышает нагрузку на программируемый логический контроллер (ПЛК). Поэтому исследование динамики дискретной реализа-

ции Fuzzy-ПИД регулятора для различных периодов дискретности является актуальной задачей.

Рассматриваемый объект (рис. 1) имеет один вход и один выход, явные возмущения отсутствуют, но возможны случайные, которые могут проявляться в зависимости от условий и времени эксплуатации (изменение температуры окружающей среды, сопротивления нагревателя, из-за устаревания и т.д.).



Рисунок 1 – Схема муфельной печи, как объект управления

Математическое описание муфельной печи может быть получено посредством системы дифференциальных уравнений [1]. Каждое дифференциальное уравнение, входящее в систему (1), описывает свою часть объекта: нагрев камеры печи  $\theta_m$  и нагрев объекта внутри печи  $\theta_o$ .

$$\begin{cases} m_m C_m \frac{d\theta_m}{dt} = \frac{1}{R_t} \left( \frac{U^2}{R_t} - S_m A_m h_m (\theta_m - \theta_o) - S_o \varepsilon \sigma (\theta_m^4 - \theta_o^4) \right) dt \\ \frac{d\theta_o}{dt} = \left( \frac{1}{m_o C_o} S_o \varepsilon \sigma (\theta_m^4 - \theta_o^4) \right) dt \end{cases} \quad (1)$$

где  $R_t$  – сопротивление нагревателя при текущей температуре, Ом;

$U$  – напряжение питания печи, В;

$m_m$  – масса муфельной печи, 100 кг;

$C_m$  – удельная теплоемкость огнеупорного материала, 800 Дж/(К\*кг);

$S_m$  – площадь поверхности печи, 0.625 м<sup>2</sup>;

$A_m$  – коэффициент теплопередачи утеплителя, 0.6 Вт/(К\*м<sup>2</sup>);

$h_m$  – толщина огнеупорного материала, 0.15 м;

$S_o$  – площадь поверхности нагреваемого объекта, 0.0302 м<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  – излучательная способность нагреваемого объекта, 1;

$\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана, 5.67 \* 10<sup>-8</sup> Вт \* м<sup>-2</sup> \* К<sup>-4</sup>;

$m_o$  – масса нагреваемого объекта, 0.4 кг;

$C_o$  – удельная теплоемкость нагреваемого объекта, 444 Дж/(К\*кг).

Сопротивления нагревателя изменяется в соответствии следующей зависимости:

$$R_t = R_o * (1 + \alpha t), \quad (2)$$

где  $R_o$  – сопротивление нагревателя при нуле, 10.76 Ом;

$\alpha$  – температурный коэффициент нагревателя, 0.25 \* 10<sup>-3</sup> \* К<sup>-1</sup>;

$t$  – значение температуры печи в конкретный момент времени, °С.

Методика решения задачи. Рассмотрим структурную схему САУ (рис. 2).



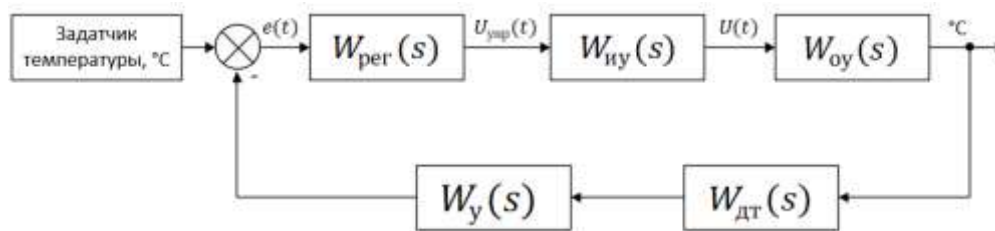


Рисунок 2 – Структурная схема САУ температуры

Система состоит из одного контура с принципом управления по отклонению сигналов задания и обратной связи. В систему входят: объект управления, исполнительное устройство, регулятор и датчик с измерительным усилителем. Для дискретизации модели непрерывной системы [2] проводилась замена непрерывных элементов их дискретными аналогами с необходимыми изменениями. Для проведения исследования используется схема (рис. 3).

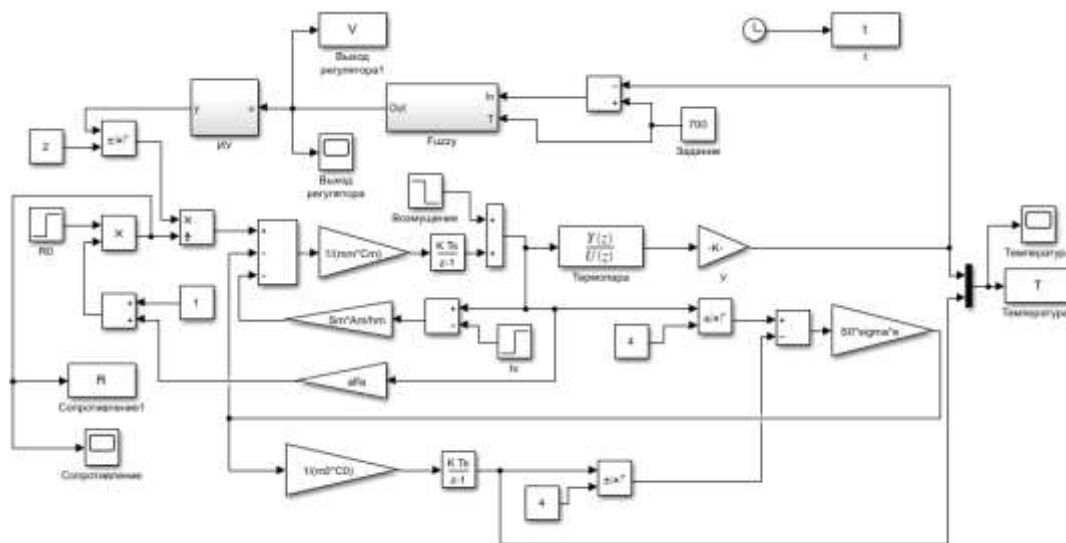


Рисунок 3 – Схема моделирования САУ муфельной печи в Simulink

Порядок проведения моделирования следующий. Задаваемая температура составляет 700°C. На 20000 с. вводится изменение сопротивления нагревателя, в следствии устаревания элементов печи, далее на 25000 с. возмущение, в виде повышения температуры окружающей среды на 10°C и на 30000 с. большое возмущение, в виде падения температуры на 100°C. Подробное рассмотрение показателей качества не проводим, но для общего понимания динамики нагрева, приведем графики изменения температуры (рис. 4). Согласно [2], компенсация всех возмущений производится успешно, а качество процесса нагрева очень высоко, по сравнению с классическим ПИД-регулятором [3].



Рисунок 4 – Переходные характеристики САУ температуры

Для исследования динамики дискретной реализации системы необходимо изменять период дискретности  $T_d$  до тех пор, пока кривая изменения температуры в камере печи не примет колебательный характер. Результаты моделирования сведены в табл. 1. В таблице приводятся следующие параметры, характеризующие динамику и качество переходного процесса изменения температуры в камере печи: время регулирования  $t_p$  ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ), перерегулирование  $\sigma$ , установившуюся ошибку регулирования  $\varepsilon$ , наличие установившихся колебательных движений и если они имеются, то их амплитуду  $A$ .

Таблица 1 – Сравнение показателей качества при различных  $T_d$

$T_d$ , с	$t_p$ , с	$\sigma$ , %	$\varepsilon$ , $^\circ\text{C}$	$A$ , $^\circ\text{C}$
0,01	17750	0,14	$\approx 0$	-
0,1	17750	0,17	$\approx 0$	-
1	17750	0,2	0,0003	-
10	17780	0,6	-	1,35
20	17800	1,29	-	3

Судя по результатам (табл. 1), начинают появляться установившиеся колебания температуры в печи при  $T_d = 10$  с. Проведя дополнительные исследования, найдено граничное значение  $T_d = 5,5$  с, при котором колебательные движения уже имеются, но у них затухающий характер большой длительности. Такое немалое значение периода дискретности может быть обосновано большой инерционностью объекта.

Время регулирования существенно не изменялось, в отличие от остальных параметров. Перерегулирование и установившаяся ошибка возрастали при увеличении периода дискретности, однако эти значения имеют небольшой размер, что несущественно.

Выводы. В ходе исследования было выяснено, что процесс нагрева при установлении периода дискретности системы до  $T_d = 5,5$  с. имеет вполне схожее качество по сравнению с непрерывной системой [2, 3], что позволит снизить вычислительную нагрузку на программируемый логический контроллер, без существенного снижения качества технологического процесса.

### Список литературы

1. Арутюнов В.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей / В.А. Арутюнов, В.В. Бухмиров, С.А. Крупенников. – М.: Металлургия, 1990. – 239 с.
2. Пшибис, В.А. Моделирование системы автоматического управления процессом нагрева лабораторной муфельной печи на базе нечеткой логики / В.А. Пшибис, Н.В. Жукова // XX Международная молодежная научная конференция Севергеоэкотех-2019: материалы конференции, 21–23 марта 2019 г. – *находится в публикации*
3. Пшибис, В.А. Исследование динамики системы нагрева лабораторной муфельной печи с Fuzzy-ПИД и ПИД управлением / В.А. Пшибис, Н.В. Жукова // Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых / Сборник научных работ XIX научно–технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 21–23 мая 2019 г. – Донецк, ДонНТУ, 2019. – с. 248-252.

УДК 621.397+654.9

## КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОХРАНЫ

Анищенко М.Д.

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР*

*Анищенко М.Д. Рассмотрена концепция централизованной автоматизированной системы охраны объектов на основе систем видеонаблюдения. Выделены преимущества такой системы, определена её базовая структура, подход к ее построению, возможные алгоритмы работы и реагирования на сигналы тревоги.*

*Ключевые слова: система видеонаблюдения, интеллектуальная обработка, видеоаналитика, пульт централизованного наблюдения, система сигнализации.*

*Anishenko M.D. The concept of the centralized automated system of object security on the basis of video surveillance systems is considered. The advantages of such a system are highlighted. It's basic structure, the approach to its construction, possible operational and alarm response algorithms are determined.*

*Key words: video surveillance system, intelligent processing, video analytics, centralized surveillance console, alarm system.*

Системы охранной сигнализации совместно с системами видеонаблюдения используются повсеместно для организации охраны объектов различных областей. При использовании этих систем часто проявляются их недостатки, способные нанести как прямые материальные убытки, так и убытки, являющиеся результатом повышенной психической нагрузки на персонал [1]. Отдельно можно выделить такие недостатки как большая вероятность ложных срабатываний для систем охранной сигнализации, необходимость постоянного присутствия наблюдателя и ограниченное число камер, просматриваемых одним наблюдателем для систем видеонаблюдения.

В последнее время широкое распространение получают технологии интеллектуальной обработки видеосигнала. Они позволяют выделить некоторые особенности обрабатываемого видеоизображения: движение какого-либо объекта в кадре, факт пересечения им некоторой условной линии и пр. Внедрение этих технологий в сфере охраны объектов может значительно повысить эффективность охранных систем, в некоторой степени их упростить с точки зрения используемых технических средств [2].

Цель работы – создать концепцию централизованной автоматизированной системы охраны объектов на основе систем видеонаблюдения, определить базовую структуру такой системы, систематизировать подход к ее построению.

Наиболее оптимальным является вариант построения подобных систем на основе интегрированных систем безопасности, исключающий, по возможности применение видеорегистраторов, так как организация централизованного наблюдения требует гибкости и функциональности, которую не могут обеспечить устройства данного типа. Однако учитывая, что на объектах могут быть развернуты системы видеонаблюдения, которые построены как с применением аналоговых систем, так и IP-видеокамер, необходимо использовать программную платформу, позволяющую их объединить, при этом не только не снизив их функциональные возможности, но и предложив новые инструменты аналитики видеоконтента.

Таким образом, к предлагаемой системе можно предъявить следующие требования:

- система должна обеспечивать возможность использование как аналоговых, так и IP-видеокамер;
- система должна, по возможности, исключать применение видеорегистраторов DVR, NVR и т. д.;
- система должна обеспечивать возможность эффективного централизованного видеонаблюдения.

В качестве программных платформ для построения системы предлагается использовать такие программные продукты как Axxon Next, SecurOS, а также перспективную программную платформу XEOMA. Примерные показатели исходящих и входящих сетевых потоков, а также занимаемое дисковое пространство отражено в таблице 1 (данные в таблице расчеты представлены для сравнения и выполнены на основании калькуляторов систем, предоставленных на официальных сайтах производителей программного обеспечения для 10 камер).

*Таблица 1 – Показатели предложенного программного обеспечения*

	XEOMA	Axxon Next	SecurOS
Исходящее сетевое подключение	2 Мбит/с	20 Мбит/с	23 Мбит/с
Входящее сетевое подключение	19 Мбит/с	20 Мбит/с	23 Мбит/с
Необходимое дисковое пространство	22 Гб	80 Гб	80 Гб

Следует отметить, что программная платформа XEOMA в списке интегрированных устройств заявляет о возможности подключения практически любых устройств захвата видеоизображения, а следовательно, более предпочтительна при построении централизованного пульта видеонаблюдения.

Для организации системы предлагается несколько вариантов построения, показанных на рисунке 1. Выбор конкретной структуры осуществляется на основе доступных аппаратных мощностей и пропускной способности канала связи. Оптимальным вариантом является наличие на объекте возможности подключения оборудования с использованием выделенной линии Ethernet, однако могут применяться и другие виды каналов связи (GPRS, LTE, Wi-Fi и др.).

На рисунке приведено два варианта подключения. Первый (слева) предусматривает прямое подключение аналогового видеорегистратора или IP-видеокамер к центральному пульту видеонаблюдения. Такая структура является самой простой, но при этом ограничивает число видеокамер и увеличивает нагрузку на пультовое оборудование, так как на него возлагается вся работа по обработке видеoinформации.

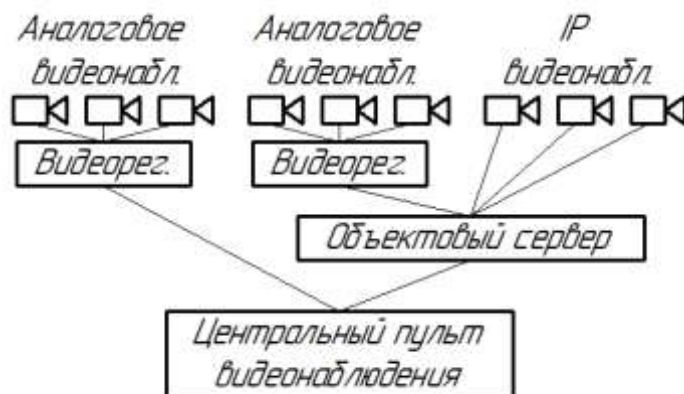


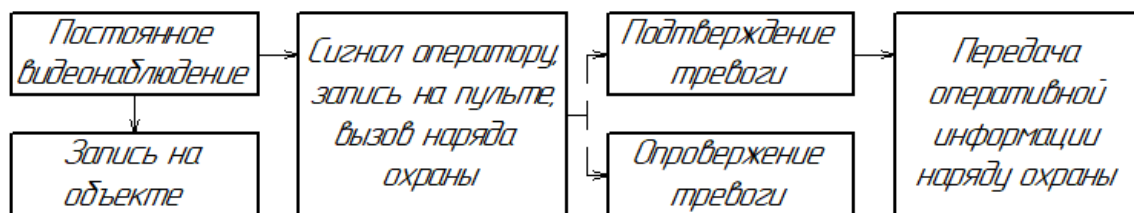
Рисунок 1 – Вариант структуры предлагаемой системы

Другим вариантом является использование объектовых серверов, количество которых может зависеть от количества камер на объекте и его площади. В таком случае первичная обработка видеoinформации происходит на самом объекте, а на центральный пульт видеосигнал передается лишь когда заданный алгоритм обнаруживает нарушение стандартного режима, либо по запросу оператора. Данный вариант является наиболее эффективным для средних и больших объектов, где используется большое количество видеокамер.

В случае, если используемое число камер мало, может применяться вариант структуры с использованием одноплатных компьютеров в качестве объектового сервера. Такой вариант является самым эффективным с точки зрения финансовых затрат. Одноплатные компьютеры имеют малые габариты, но достаточные аппаратные мощности для обработки видеосигнала с 2-4 видеокамер (точное количество зависит от типа использованного одноплатного компьютера и используемых видеокамер).

Все вышеперечисленные варианты позволяют проводить полную запись информации на объекте и запись на центральном пульте.

Представленные ранее программные продукты позволяют обеспечить большую гибкость в создании алгоритмов охраны объектов, создать уникальный подход к охране каждого из них. Основным преимуществом предложенных централизованных систем является использование интеллектуальной обработки для существенного уменьшения вероятности ложного срабатывания за счет возможности дистанционной проверки объекта на факт тревоги оператором на пульте наблюдения. Возможный алгоритм действий при сигнале тревоги приведен на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Возможный алгоритм действий при получении сигнала тревоги с объекта охраны*

Также следует предусмотреть возможность интегрирования предлагаемой системы с системами охранной сигнализации путем их синхронизации и создания взаимных связей, например, с помощью баз данных с последующей автоматизацией данного процесса.

Таким образом, можно выделить основные пункты предлагаемой концепции:

- использование многоуровневой структуры построения, состоящей из видеочамер, объектовых серверов, оборудования канала связи и центрального пультового оборудования;
- использование интеллектуальной обработки видеосигнала и соответствующих программных продуктов как на объекте охраны, так и на центральном пульте видеонаблюдения для обеспечения гибкости и функциональности, не доступной для традиционных систем на основе видеорегистраторов;
- использование существующего оборудования, уже установленного на объектах охраны, обеспечение широких возможностей по модернизации и расширению системы оборудованием различных производителей;
- возможность использования одноплатных и миниатюрных компьютеров в качестве объектовых серверов на малых или удаленных объектах, где затруднено или не выгодно использование стандартного оборудования видеонаблюдения;
- возможность интеграции системы с системами охранной сигнализации на объектах охраны.

#### Список литературы

1. Сабанин П.В., Чупров Л.Ф. ЛОЖНЫЕ СРАБАТЫВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ И ИХ РОЛЬ В ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ СОТРУДНИКА ПОЛИЦИИ // Наука. Мысль. – 2016. – № 5-1. – Режим доступа: [wwenews.esrae.ru/32-316](http://wwenews.esrae.ru/32-316)
2. Гордин М. С., Иванов С. А. Алгоритмы обнаружения тревожных событий для систем автоматизированного видеонаблюдения // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. – 2017. – Т. 15, №3. – С. 21-30.

УДК 622.831.322

**ВНЕЗАПНЫЕ ПРОРЫВЫ МЕТАНА ИЗ ПОЧВЫ  
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК  
В УСЛОВИЯХ ШАХТ КРАСНОДОНУГЛЯ**

**Ашихмин В.Д.** (ст. науч. сотр., МакНИИ)  
**Тишин Р.А.** (канд. техн. наук, науч. сотр., МакНИИ)  
**Береговой Р.В.** (науч. сотр., МакНИИ)  
**Матвеев С.С.** (науч. сотр., МакНИИ)  
**Оверчук И.А.** (инженер, ГП «Ровенькиантрацит»)  
**Мельникова В.В.** (аспирант, ГОУВПО ДОННТУ)

*Ашихмин В.Д., Тишин Р.А., Береговой Р.В., Матвеев С.С., Оверчук И.А., Мельникова В.В. Путем осуществления прогноза рассчитаны: глубина разрушения пород от почвы подготовительной выработки, возможность внезапного прорыва метана, ожидаемый максимальный расход метана в выработку, максимальное содержание метана и минимальное содержание кислорода в атмосфере выработки при прорыве метана из почвы. Произведена оценка возможности внезапных прорывов метана из почвы подготовительных выработок в условиях двенадцати подготовительных забоев трех шахт. Предложен способ предупреждения внезапного разрушения пород почвы из надрабатываемого массива при проведении подготовительных выработок.*

*Ключевые слова: угольные пласты, вмещающие породы, прорыв метана из почвы подготовительных выработок, максимальный расход метана, минимальное содержание кислорода в атмосфере выработки, дегазация, параметры дегазации*

*Ashikhmin V., Tishin R., Beregovoy R., Matveev S., Overchuk I., Melnikova V. By implementing the forecast, the following were calculated: the depth of destruction of rocks from the soil of a preparatory working, the possibility of a sudden breakthrough of methane, the expected maximum consumption of methane in the production, the maximum content of methane and the minimum content of oxygen in the atmosphere of the mine during the breakthrough of methane from the soil. An assessment was made of the possibility of sudden breakthroughs of methane from the soil of the development workings in the conditions of twelve preparation faces of three mines. A method for preventing sudden destruction of soil rocks from the overworked massif during preparatory workings is proposed.*

*Keywords: coal seams, enclosing rocks, methane breakthrough from the soil of development workings, maximum methane consumption, minimum oxygen content in the working atmosphere, degassing, degassing parameters*

Ведение горных работ в угольных шахтах на современных глубинах разработки в значительной степени осложняется ростом метанообильности, наличием газодинамических явлений, одним из которых являются внезапные разрушения пород почвы выработок с прорывом метана из надрабатываемого горного массива. Внезапный прорыв метана из почвы горной выработки представляет собой газодинамическое явление, сопровождающееся быстропротекающим процессом разрушения пород почвы выработки и выделением метана из надрабатанного горного массива. В ряде случаев метановыделение при прорыве метана из почвы горной выработки достигало величины равной  $210 \text{ м}^3/\text{мин}$ . С увеличением глубины, интенсивности ведения горных работ последствия внезапных прорывов метана стали приобретать все более катастрофический характер, а вопросы, связанные с оценкой возможности прорывов метана из почвы горной выработки, прогнозом и предупреждением данного явления в настоящее время, приобретают актуальность. Анализ известных случаев внезапных разрушений пород почвы [4] показал, что данный вид газодинамических явлений происходит тогда, когда один или несколько слоев прочных пород, находящихся в подошве выработки, лежат на более податливых породах. Упругие слои пород, примыкающие к подошве выработки, деформируются как пластина (плита), изгибаемая под действием нагрузки, нормальной к ее поверхности. Следовательно, если рассматривать упругий слой пород как плиту, защемленную по всему периметру, то напряжения достигают максимальных значений в местах заделки и в ее середине. Таким образом, и разрушения почвы должны происходить либо у границ выработки, либо в ее центральной части, что и подтверждается рядом сведений о расследовании случаев внезапных разрушений пород почвы [4, 5]. Необходимо отметить, что под плитой необходимо понимать тот слой пород, который по принимаемой к расчету длине, имеет одинаковый литологический состав пород, слагающих почву подготовительной (капитальной) выработки. Т.е. подготовительная выработка подлежащая оценке и прогнозу внезапного прорыва метана из почвы должна рассматриваться не как единое целое, а разбитое по характерным интервалам величина, имеющая одинаковый литологический состав пород. Интенсивное метановыделение во многом предопределяется наличием в почве выработки близлежащих (до 25 м) газоносных угольных пластов или пропластков, в ряде случаев углистых сланцев [1]. Однако согласно [6, 7] потенциальным источником метановыделения могут быть и метаноносных песчаники, и на больших глубинах разработки расслоения в почве выработки происходят на глубины, превосходящие расстояния указанные выше.

Цель – прогноз внезапных прорывов метана из почвы подготовительных выработок при их проведении, оценка опасности выработки по внезапным прорывам метана из почвы и разработка мероприятий по их предупреждению.

Для оценки возможности внезапного разрушения надрабатываемого горного массива и, следовательно, обеспечения безопасного ведения горных работ с точки зрения газового фактора необходим прогноз прорывов метана из почвы горных выработок. Прогноз позволяет предрассчитать примерное место ожида-



емого внезапного разрушения пород почвы, глубину разрушения пород от подошвы выработки, возможность внезапного прорыва метана, ожидаемый максимальный расход метана в выработку в начальный период, максимальное содержание метана и минимальное содержание кислорода в атмосфере выработки при прорыве метана из почвы.

В процессе выполнения работ проанализированы горно-геологические и горнотехнические условия проведения двенадцати подготовительных выработок на четырех шахтах: «Северная», «Донецкая», им. 50-летия СССР, им. Ф. П. Лютикова. Произведена оценка возможности возникновения газодинамических явлений из почвы горных выработок (подготовительных забоев) при ведении горных работ на различных участках шахтных полей на основе прогноза внезапных прорывов метана из почвы горных выработок.

Исходными данными для осуществления прогноза являлись: геометрические размеры выработки: длина и ширина в проходке с учетом бермы, выход летучих веществ из угля разрабатываемого или ближайшего к подошве выработки пласта, глубина разработки (расстояние от земной поверхности по вертикали до подошвы выработки в ее средней части), расстояние по нормали от места прогноза до плоскости сместителя ближайшего дизъюнктивного нарушения или воображаемого продолжения, глубина зоны газового выветривания, расход воздуха в выработке, концентрация метана в исходящей струе выработки до возникновения газодинамического явления, давление газа в горном массиве на рассматриваемой глубине, температура пород на заданной глубине, литологический состав пород почвы выработки на глубину по нормали к наслоению не менее 30 м и мощность каждого литологического слоя в метрах (таблица 1-4).

Таблица 1 – Исходные данные по подготовительным выработкам, подлежащим анализу

Наименование выработки, символ разрабатываемого пласта	Глубина расположения выработки, м	Длина выработки, м	Угол падения пласта, град	Расход воздуха в выработке, м <sup>3</sup> /мин	Расход метана в исходящей струе выработки, м <sup>3</sup> /мин	Выход летучих веществ, %
1	2	3	4	5	6	7
шахта им. Ф. П. Лютикова						
1-й штрек пл. h <sub>11</sub> <sup>B</sup> г. 532 м	532	960	8-9	156	0,28	23,5
29-й восточный вент. штрек пл. l <sub>2</sub> <sup>I</sup> г. 342 м	395	300	7-10	156	0,2	38,9
шахта «Донецкая»						
восточный откаточный штрек пл. k <sub>3</sub> <sup>H</sup> г. 540 м	521	550	47	157	0,2	30,1
шахта «Северная»						
3-й южный конв. штрек пл. k <sub>2</sub> <sup>B</sup>	580	134	36-38	210	0,8	29,1

1	2	3	4	5	6	7
гидрошахта им. 50-летия СССР						
11-й восточный вент. штрек пл. $i_3^1$	683	370		192	1,0	29,5
14-й восточный вент. штрек пл. $i_3^1$	722	180	0-10	150	0,0	27,8
10-й западный конв. ходок пл. $i_3^1$	682	888	0-10	192	0,6	26,4
юго-западный воздухоподающий штрек пл. $k_2$	681	200	0-10	192	0,6	27,8
юго-западный конв. штрек пл. $i_3^1$	681	80	0-10	192	0,3	27,8
55-й конв. ходок пл. $i_3^1$	681	100	0-10	192	0,9	27,8
полевой откат.штрек пл. $i_3^1$	713	100	0-10	192	0,0	27,6
главный вент. ходок пл. $i_3^1$	670	150	0-10	192	0,9	27,8
11-бис восточный конв. штрек пл. $i_3^1$	699	400	0-10	192	1,0	27,3

Таблица 2 – Литологический состав пород почвы выработок шахты им. 50-летия СССР

главный вентиляционный ходок пласта $i_3^1$		11-й восточный конвейерный штрек пласта $i_3^1$		11-й восточный вентиляционный штрек пласта $i_3^1$		14-восточный вентиляционный штрек пласта $i_3^1$	
наименование слоя пород	мощность слоя, м	наименование слоя пород	мощность слоя, м	наименование слоя пород	мощность слоя, м	наименование слоя пород	мощность слоя, м

1	2	3	4	5	6	7	8
аргиллит	0,4	аргиллит	0,5	аргиллит	0,5	аргиллит	0,5
алевролит	6,0	алевролит	8,0	алевролит	8,0	алевролит	8,0
аргиллит	6,0	уголь	0,3	уголь	0,3	уголь	0,3
уг. сланец	0,1	аргиллит	7,0	аргиллит	7,0	аргиллит	7,0
аргиллит	6,0	алевролит	14,0	алевролит	14,0	алевролит	14,0
алевролит	6,0	–	–	–	–	–	–
аргиллит	7,0	–	–	–	–	–	–
просек пласта $i_3^1$		10-й западный конвейерный ходок пласта $i_3^1$		юго-западный воздухоподающий штрек пласта $i_3^1$		юго-западный конвейерный штрек пласта $i_3^1$	
аргиллит	0,4	аргиллит	0,4	аргиллит	0,4	аргиллит	0,4
алевролит	6,0	алевролит	6,0	алевролит	6,0	алевролит	6,0
аргиллит	6,0	аргиллит	6,0	аргиллит	12,0	аргиллит	6,0
угл. сланец	0,1	угл. сланец	0,1	угл. сланец	0,1	угл. сланец	0,1
аргиллит	6,0	аргиллит	6,0	аргиллит	6,0	аргиллит	6,0
алевролит	6,0	алевролит	6,0	алевролит	6,0	алевролит	6,0
аргиллит	7,0	–	–	аргиллит	7,0	аргиллит	7,0
–	–	–	–	аргиллит	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8
–	–	–	–	алевролит	–	–	–
–	–	–	–	песчаник	–	–	–

Таблица 3 – Литологический состав пород почвы выработок шахты им. Ф. П. Лютикова

1-й штрек пл. $h_{11}^E$	29-й восточный вентиляционный штрек пласта $l_2^1$	Восточный откаточный штрек пласта $k_3^H$
--------------------------	----------------------------------------------------	-------------------------------------------

1		2		3	
наименование слоя пород	мощность слоя, м	наименование слоя пород	мощность слоя, м	наименование слоя пород	мощность слоя, м
алевролит	9,5	алевролит	0,3	алевролит	0,4
угольный пласт	0,5	песчаник	6,6	песчаник	2,0
алевролит	5,0	угольный пласт	0,55	аргиллит	2,6
уголь	0,1	песчаник	1,0	песчаник	1,0
песчаник	1,0	алевролит	5,3	аргиллит	0,4
алевролит	15,0	песчаник	6,73	песчаник	0,5
–	–	алевролит	12,0	аргиллит	3,0
–	–	–	–	алевролит	1,0
–	–	–	–	аргиллит	1,5
–	–	–	–	угольный пласт	0,2
–	–	–	–	алевролит	3,0
–	–	–	–	аргиллит	2,8
–	–	–	–	угольный пласт	0,2
–	–	–	–	аргиллит	0,3
–	–	–	–	песчаник	2,5
–	–	–	–	аргиллит	8,4

Таблица 4 – Литологический состав пород почвы выработок шахт «Донецкая» и «Северная»

шахта «Северная»		шахт «Донецкая»	
3-й южный конвейерный штрек пласта $k_2^E$		восточный откаточный штрек пл. $k_3^H$ г.540 м	
наименование слоя пород	мощность слоя, м	наименование слоя пород	мощность слоя, м

1	2	3	4
алевролит	6,9	алевролит	0,40
угольный пласт	1,1	песчаник	2,0
алевролит	3,1	аргиллит	2,6
аргиллит	25,9	песчаник	1,0
–	–	аргиллит	0,40
–	–	песчаник	0,5
–	–	аргиллит	3,0
–	–	алевролит	1,0
–	–	аргиллит	1,5

1	2	3	4
–	–	уголь	0,2
–	–	алевролит	3,0
–	–	аргиллит	2,8
–	–	уголь	0,20
–	–	аргиллит	0,3
–	–	песчаник	2,5

На основании исходных данных приведенных в таблицах 1-4 произведен прогноз прорывов метана из почвы 13-ти подготовительных выработок. Результаты прогноза прорывов метана представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты прогноза ВРПП прорывов метана из почвы горных выработок

Наименование выработки	Результаты прогноза ВРПП	Максимальный расход метана, м <sup>3</sup> /мин	Максимальная концентрация метана в атмосфере выработки, %	Минимальное содержание кислорода в атмосфере выработки, %	Глубина разрушения, м
1	2	3	4	5	6
шахта им. Ф. П. Лютикова					
1-й штрек пл. h <sub>11</sub> <sup>B</sup> гор.532 м (0-312 м)	не опасна	–	–	–	–
1-й штрек пл. h <sub>11</sub> <sup>B</sup> гор.532 м (312-637 м)	опасна	10,4	7,9	18,6	18,5
1-й штрек пл. h <sub>11</sub> <sup>B</sup> гор.532 м (637-960 м)	опасна	11,4	6,9	17,6	15,5
29-й восточный вент. штрек пл. l <sub>2</sub> <sup>I</sup> гор. 342 м	опасна	7,8	5,1	19,0	6,9
шахта «Донецкая»					
восточный откаточный штрек пл. k <sub>3</sub> <sup>H</sup> гор. 540 м	опасна	10,2	6,6	18,7	13,2
шахта «Северная»					
3-й южный конв. штрек пл. k <sub>2</sub> <sup>B</sup>	опасна	12,2	6,2	18,8	6,9
шахта им. 50-летия СССР					
11-й восточный вент. штрек пл. i <sub>3</sub> <sup>I</sup>	опасна	16,0	8,8	18,2	8,5
14-й восточный вент. штрек пл. i <sub>3</sub> <sup>I</sup>	опасна	16,5	8,6	18,3	8,5
10-й западный конв. ходок пл. i <sub>3</sub> <sup>I</sup> (0-377 м)	опасна	17,1	9,6	17,3	18,5
10-й западный	не опасна	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6
конв. ходок пл. $i_3^1$ (377-888 м)	на				
юго-западный воздухоподающий штрек пл. $k_2$	не опасна	–	–	–	–
юго-западный конв. штрек пл. $i_3^1$	не опасна	–	–	–	–
55-й конв. ходок пл. $i_3^1$	не опасна	–	–	–	–
полевой откат. штрек пл. $i_3^1$	не опасна	–	–	–	–
главный вент. ходок пл. $i_3^1$	не опасна	–	–	–	–
11-бис восточный конв. штрек пл. $i_3^1$	опасна	16,0	8,9	18,2	8,5

Так как было указано выше прогноз внезапных прорывов метана из почвы подготовительных выработок, имеющих сложную и отличную по составу гипсометрию слагающих почву слоев пород, большой разброс мощности и коллекторских свойств вмещающих пород был выполнен для различных характерных точек – длин подготовительных выработок, а именно: 1-й штрек пласта  $h_{10}^B$  гор. 532 м шахты им. Ф. П. Лютикова и 10-й западный конвейерный ходок пласта  $i_3^1$  шахта им. 50-летия СССР. Так 1-й штрек пласта  $h_{10}^B$  гор. 532 м шахты им. Ф. П. Лютикова был разбит на три интервала длины проводимой подготовительной выработки (рис. 1), 10-й западный конвейерный ходок пласта  $i_3^1$  шахта им. 50-летия СССР – на два интервала (рис. 2).

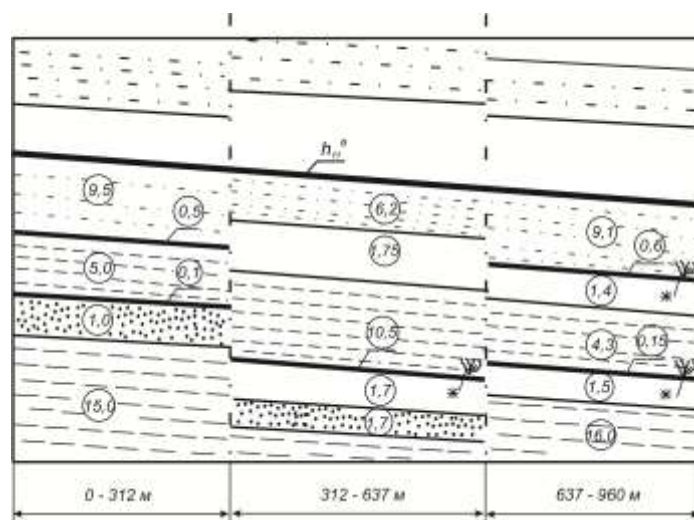


Рис 1 – Литологический состав пород почвы по 1-му штреху пласта  $h_{10}^B$  гор. 532 м шахты им. Ф. П. Лютикова.

Согласно результатам прогноза 1-й штрек пласта  $h_{10}^B$  гор. 532 м шахты им. Ф. П. Лютикова в интервалах длин 312-637м и 637-960м – является опасным по внезапным прорывам метана из почвы, в интервале 0-312м – не опасным. 10-й западный конвейерный ходок пласта  $i_3^1$  шахта им. 50-летия СССР в

интервале длины 0-377м – является опасным по внезапным прорывам метана из почвы, в интервале 377-888м – не опасным (таблица 5).

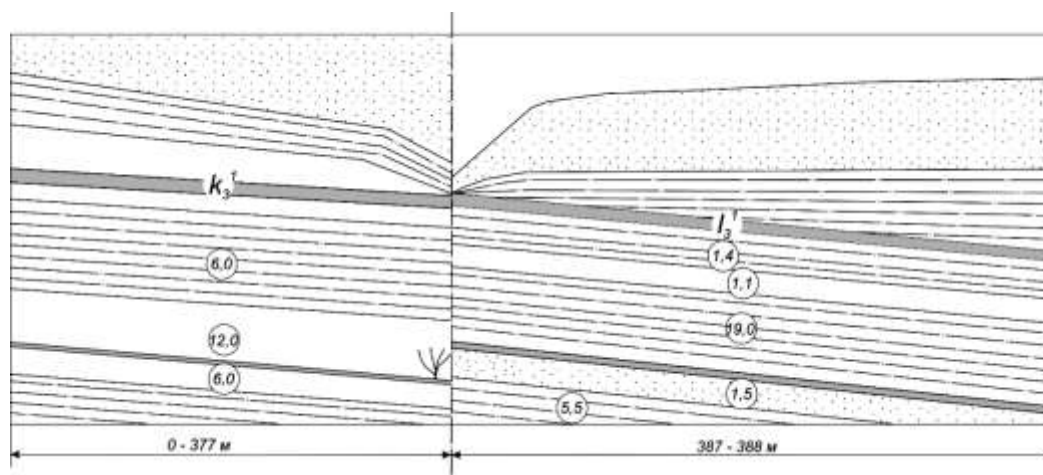


Рис 2 – Литологический состав пород почвы по 10-му западному конвейерному ходу пласта  $i_3^1$  шахта им. 50-летия СССР

Всего по результатам прогноза 8 подготовительных выработок являются опасными по внезапному разрушению пород почвы, 5 – не опасными. Минимальное содержание кислорода в атмосфере горных выработок при этом колеблется от 17,3 до 19,0%, максимальная концентрация метана – от 5,1 до 9,6% (рис. 3).

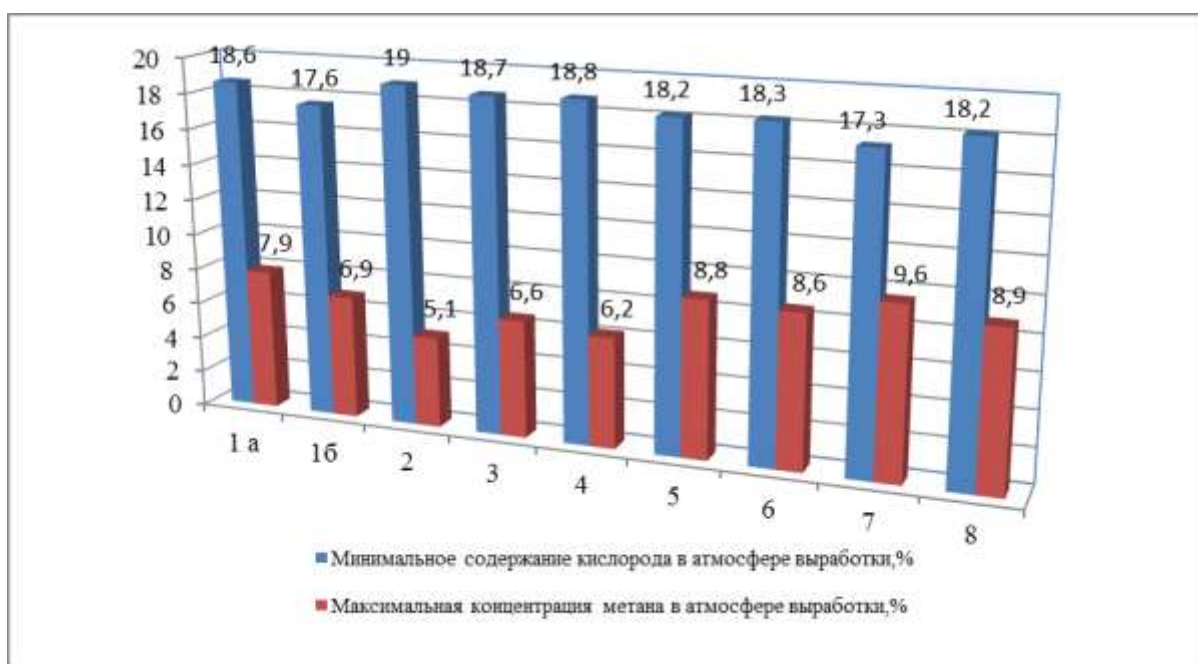


Рис. 3 – Концентрация метана и минимальное содержание кислорода в атмосфере очистных выработок: 1а – 1-й штрек пласта  $h_{10}^6$  гор. 532 м (312-637м); 1б – 1-й штрек пласта  $h_{10}^6$  гор. 532 м (637-960м); 2 – 29-й восточный вент. штрек пл.  $l_2^1$  гор. 342 м; 3 – восточный откаточный штрек пл.  $k_3^h$  гор. 540 м; 4 – 3-й южный конв. штрек пл.  $k_2^6$ ; 5 – 11-й восточный вент. штрек пл.  $i_3^1$ ; 6 – 14-й восточный вент. штрек пл.  $i_3^1$ ; 7 – 10-й западный конв. ходок пл.  $i_3^1$  (0-377 м); 8 – 11-бис восточный конв. штрек пл.  $i_3^1$ .

Согласно таблице 2 [3] содержание кислорода в атмосфере горных выработок должно быть не менее 20%, согласно п.3.2 [1] расход воздуха в выработке должен проверяться исходя из обеспечения концентрации в нем кислорода не менее 15% на случай прорыва метана:

$$Q \geq 4(I_M + I), \text{ м}^3/\text{мин} \quad (1)$$

где  $I_M$  – ожидаемый максимальный расход метана из надработанного массива при внезапном его разрушении,  $\text{м}^3/\text{мин}$ ;

$I$  – расход метана в исходящей струе выработки до газодинамического явления,  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

Расход воздуха необходимый для проветривания подготовительных выработок всех отнесенных к опасным по прорыву метана при внезапном разрушении пород почвы из надрабатываемого горного массива удовлетворяет условиям проверки формулы 1.

Однако, несмотря на выполнение условий п. 3.2 [1] вышеприведенных подготовительных выработок можно заблаговременно осуществить меры по предупреждению внезапного разрушения почвы на случай прорыва метана.

Предупреждение внезапного разрушения пород почвы из надрабатываемого массива может быть достигнуто как региональными способами защиты – опережающей отработкой защитных пластов, изменением положения выработки относительно потенциального источника газовыделения (как правило, на стадии проектирования), так и локальным способом – дегазацией потенциальных источников метановыделения при помощи скважин (на стадии эксплуатации горных выработок).

Так как подготовительные выработки находятся на стадии эксплуатации, предупреждение внезапного разрушения пород почвы из надрабатываемого горного массива с последующим прорывом метана осуществляли дегазацией потенциальных источников метановыделения при помощи скважин, буримых на надрабатываемые пласты и породы по параметрам, рекомендованным п. 4 [1].

**Выводы.** Для обеспечения надежности прогнозирования внезапных прорывов метана из почвы подготовительных (капитальных) горных выработок необходимо руководствоваться следующим.

1. При наличии в почве подготовительной (капитальной) выработки газоносных песчаников, имеющих большой разброс как коллекторских свойств, так и мощностей, прогноз внезапных прорывов метана из почвы производить дифференцировано, путем «разбивки» выработки на отдельные характерные участки (интервалы).

2. Исходные данные для составления прогноза прогноз внезапных прорывов метана из почвы необходимо брать не только по скважинам, характерным для данного участка, но и ближайшим скважинам, расположенным на расстоянии до 300-500 м, и путем интерполяции литологического состава пород, слагающих почву подготовительной (капитальной) выработки по изогипсам угольных пластов, предполагать их наличие в скважине, в которой они отсутствуют.

3. При резком изменении горно-геологических условий (наличие обильного водопритока, изменения прочностных свойств слагающих породы почвы выработки, литологического состава пород) прогноз внезапных прорывов метана из почвы следует производить локально, с учетом данных факторов, характеризующих конкретные участки-интервалы выработки.

### Список литературы

1. Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок. – Макеевка: Донбасс. Ротапринт МакНИИ, 1987. – 29 с.
2. СОУ 10.1.00174088.001-2004. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации. Минтопэнерго Украины, Киев, 2004. – 161 с.
3. Правила безопасности в угольных шахтах. Государственный Комитет горного и технического надзора ДНР и Министерства угля и Энергетики ДНР от 18.04.2016 г. №36/208. – 217с.
4. Ашихмин, В. Д. Статистические сведения о внезапных разрушениях почвы горных выработок и их горнотехнические и горно-геологические условия. / В. Д. Ашихмин, Р. А. Тишин, А. В. Чикунов, И. А. Оверчук, Т. Н. Мустяца // Проблемы горного дела: сб. науч. тр. I междунар. форума студентов, аспирантов и молодых ученых-горняков, г. Донецк, 8-10 апр. 2020 г. Донецк: ДОННТУ, 2020. – С. 189-197.
5. Ашихмин, В. Д. О Внезапных разрушениях почвы горных выработок с прорывами метана из надработанных пластов. / В. Д. Ашихмин, А. Г. Радченко, А. В. Савченко, Е. А. Ялпуга, Н. С. Федосова // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Том. 4, №2, 2017 – С. 26 – 31.
6. Ашихмин, В. Д. Внезапные разрушения пород почвы с прорывами метана при проведении капитальных выработок. / В. Д. Ашихмин, А. Г. Радченко, Т. А. Чеперина // Научные труды УкрНГМИ НАН Украины. 2012, №11 – С. 319-330.
7. Ашихмин, В. Д. Внезапные разломы почвы с прорывами газа в выработках, прогнозируемых как неопасные / В. Д. Ашихмин, В. А. Маркин // Сб. научн. трудов МакНИИ, 2003. – С. 28– 36.



УДК 622.232.001

**РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ВОЗДУХА  
ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ДВУХ  
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОБОСОБЛЕННОЙ СТРУЕЙ  
ВОЗДУХА**

**Ашихмин В.Д.** (ст. науч. сотр., МакНИИ)  
**Тишин Р.А.** (канд. техн. наук, науч. сотр., МакНИИ)  
**Плаксиенко О.В.** (ст. науч. сотр., МакНИИ)  
**Мустьяца Т.Н.** (инженер, ГП «Горезантрацит»)  
**Оверчук И.А.** (инженер, ГП «Ровенькиантрацит»)  
**Мельникова В.В.** (аспирант, ДОННТУ)

*Ашихмин В.Д., Тишин Р.А., Плаксиенко О.В., Мустьяца Т.Н., Оверчук И.А., Мельникова В.В. Предложен порядок расчета минимально необходимого количества воздуха для последовательного проветривания двух подготовительных выработок одной обособленной струей воздуха, с учетом требований нормативных документов относительно расходов воздуха и концентрации метана в вентиляционных струях.*

*Ключевые слова: подготовительная выработка, вентилятор местного проветривания, свежая струя воздуха, исходящая струя воздуха, концентрация метана, последовательное проветривание.*

*Ashikhmin V., Tishin R., Plaksienko O., Musteatsa T., Overchuk I., Melnikova V. A procedure for calculating the minimum required amount of air for sequential ventilation of two development workings with one isolated air stream is proposed, taking into account the requirements of regulatory documents regarding air consumption and methane concentration in ventilation streams.*

*Keywords: preparatory development, local ventilation fan, fresh air stream, outgoing air stream, methane concentration, successive ventilation.*

Проветривание подготовительных выработок и очистных забоев в общей схеме вентиляции шахты, как правило, увязан с порядком подготовки выемочного поля и системой разработки.

При сплошной системе разработки с отработкой пласта по простиранию примыкающая к очистному забою проводимая впереди него подготовительная выработка проветривается вентилятором местного проветривания (ВМП), а исходящая струя, разбавленная свежим воздухом, направляется в очистной забой. Наряду с этим простейшим случаем в прогрессивных технологических схемах разработки угольных пластов длинными столбами по восстанию (падению) пласта порядок ведения горных работ требует одновременного проведения нескольких подготовительных забоев в пределах выемочного поля [1]. Это значительно осложняет проветривание ввиду невозможности изолированно от-

водить исходящие из тупиков струи воздуха и направлять их непосредственно в исходящую струю выемочного поля, минуя другие очистные и подготовительные забои. Как правило, в технологической схеме (Рисунок 1) предусматривается лишь одна выработка, служащая для вентиляции, по которой необходимо подать и отвести воздух из двух, а иногда и более подготовительных выработок.

Проветривание подготовительных забоев несколькими ВМП, установленными в одной выработке со свежей струей и работающими на разные трубопроводы, при значительной длине выработок технологически нецелесообразно. Вариант обособленного проветривания подготовительных выработок путем очередного их проведения значительно увеличивает время подготовки выемочного поля.

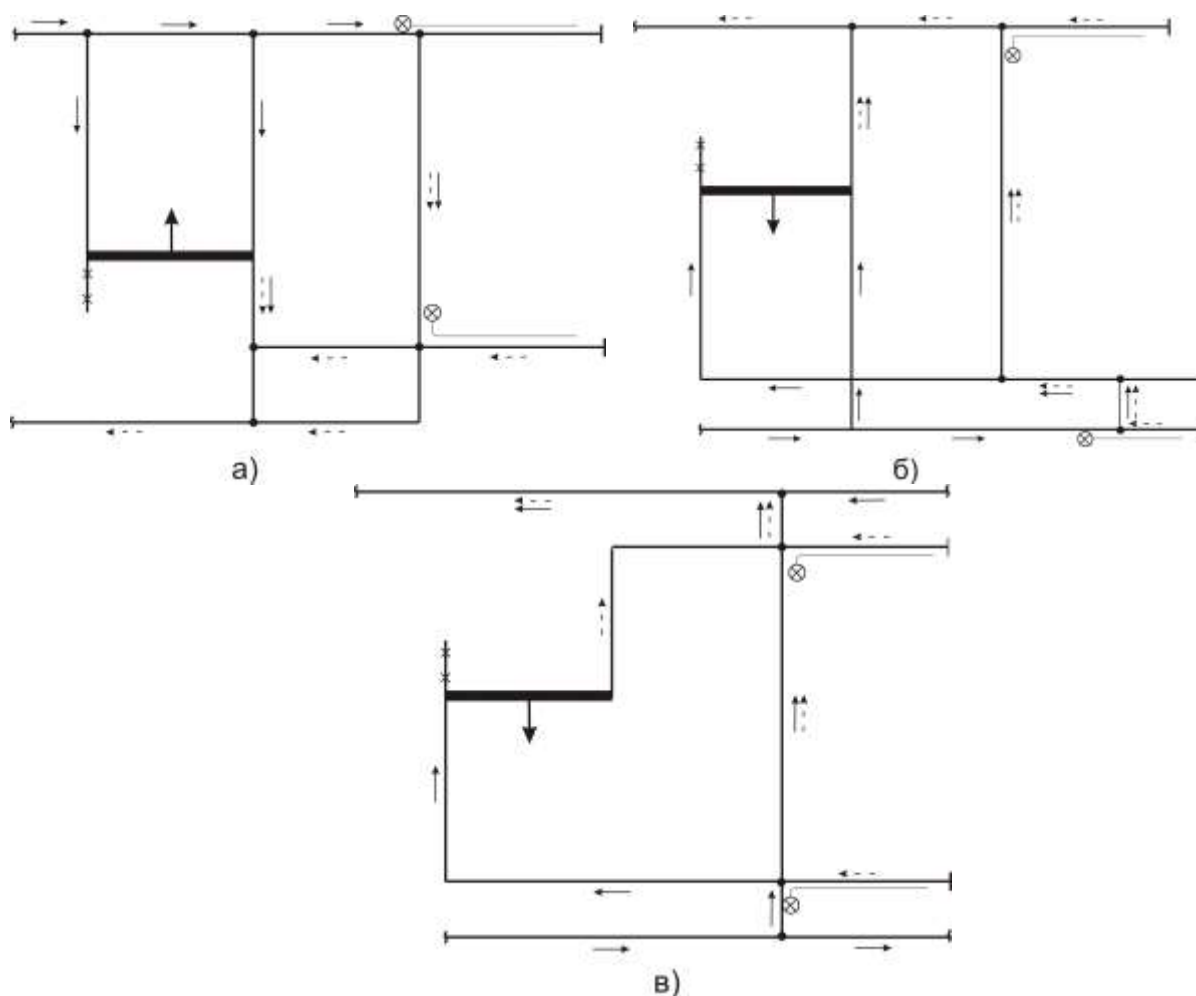


Рисунок 1 – Технологические схемы подготовки и разработки угольных пластов с углом падения: а)  $0 - 10^\circ$  и мощностью  $0,7 - 1,2$  м; б)  $0 - 10^\circ$  и мощностью  $1,1 - 2,5$  м; в)  $40 - 45^\circ$  и мощностью  $0,7 - 1,5$  м.

Необходимо отметить и тот факт, что основной причиной, вызывающей необходимость увеличения количества воздуха, подаваемого в шахту – это увеличение протяженности сети горных выработок и увеличение площади поперечного сечения проводимых подготовительных выработок. Надежность же

вентиляционной сети выше, если (как указывалось выше) свежий воздух подается к местам его потребления и отводится от них не по одной, а по нескольким параллельным выработкам. Однако, иногда в силу сложившихся обстоятельств, при исчерпанных возможностях по увеличению подачи главной вентиляционной установки (ш. Степная» ООО «Павлоградуголь»), несоответствия развития фронта очистных и подготовительных работ (ш. им. Н.И.Сташкова ООО «Павлоградуголь», ш. им. Л.И. Лутугина, ш. «Ударник» ГП «Торезантрацит») обособленное проветривание выработок не предоставляется возможным, и возникает вопрос о последовательном проветривании двух и более подготовительных выработок, и определению минимально необходимого количества воздуха для последовательного проветривания двух подготовительных выработок одной обособленной от подготовительных забоев струей воздуха [4].

**Цель статьи** – вывод формулы расчета минимально необходимого количества воздуха для последовательного проветривания двух подготовительных выработок обособленной струей воздуха Согласно п.6.5.7 Правил безопасности [2] допускается последовательное проветривание тупиковых выработок при условии выполнения рекомендаций специализированного отраслевого института, С разрешения главного инженера шахты, согласно п.6.4.3 Правил безопасности [2], допускается установка ВМП в выработках с исходящей струей воздуха, проветриваемых за счет общешахтной депрессии, при условии, что в воздухе, подходящем к всасу вентилятора, содержание метана не превышает 0,5 %, а состав воздуха соответствует требованиям ПБ. При этом производительность вентилятора не должна превышать 70 % количества воздуха, поступающего к всасу вентилятора.

Ограничения, накладываемые Правил безопасности [2] на исходные параметры закладываются в расчет, и некоторые связи между самими исходными данными несколько усложняют определенность расчета количества воздуха для последовательного проветривания двух подготовительных выработок обособленной по отношению к подготовительным забоям струей воздуха. В связи с этим представляет интерес определения в общем виде порядка расчета количества воздуха для данного случая.

Для вывода формулы расчета минимально необходимого количества воздуха для последовательного проветривания двух подготовительных выработок обособленной струей воздуха введем следующие обозначения:

–  $I_{п1}, Q_1, c_1, k_{н.п.1}$  – соответственно метановыделение, коэффициент неравномерности метановыделения в тупиковой выработке, количество воздуха, концентрация метана в первой по ходу вентиляционной струе тупиковой выработке;

–  $I_{п2}, Q_2, c_2, k_{н.п.2}$  – соответственно метановыделение, коэффициент неравномерности метановыделения в тупиковой выработке, количество воздуха, концентрация метана во второй тупиковой выработке;

- $Q$  – общее количество воздуха в сквозной выработке;
- $c_o$  – концентрация метана в поступающей в сквозную выработку вентиляционной струе;
- $c_{1,2}$  – концентрация метана в сквозной выработке между первой и второй тупиковыми выработками (у всаса второго ВМП);
- $c_{исх}$  – концентрация метана в исходящей из сквозной выработке струе воздуха.

Согласно Правилам безопасности [2] и Руководству по проектированию вентиляции угольных шахт [3] должны выполняться следующие требования:

- $c_1 \leq 1,0 \%$ ,  $c_2 \leq 1,0 \%$ ,  $c_{исх} \leq 1,0 \%$ ,  $c_{1,2} \leq 0,5 \%$ ;
- $Q_2 \leq 0,7Q$ ;
- $c_o = 0 \%$  (при подаче в сквозную выработку свежего воздуха).

Количество воздуха для проветривания подготовительной выработки определяется по формуле [2]:

$$Q = \frac{100 \cdot I_{п} \cdot k_{н.п.}}{c - c_o}, \quad (1)$$

где  $I_{п}$  – метановыделение в тупиковой выработке, м<sup>3</sup>/мин;  $k_{н.п.}$  – коэффициент неравномерности метановыделения в тупиковой выработке, принимается согласно требованиям [2];  $c$  – допустимая согласно ПБ концентрация метана в исходящей из выработки вентиляционной струе, %;  $c_o$  – концентрация метана поступающей в сквозную выработку вентиляционной струе, %;

При расчете максимально необходимого для последовательного проветривания двух подготовительных выработок расходе воздуха (т.е  $c_1 = c_2 = 1,0$ ):

$$Q_1 = 100 \cdot I_{п_1} \cdot k_{н.п._1}, \quad (2)$$

$$Q_2 = \frac{100 \cdot I_{п_2} \cdot k_{н.п._2}}{1 - c_{1,2}}, \quad (3)$$

Обозначив соотношения  $Q_1/Q = \delta$ ,  $Q_2/Q = \lambda$ , из формул (2) и (3) при максимально допустимых концентрациях  $c_1 = c_2 = 1,0 \%$  и концентрация метана поступающей в сквозную выработку вентиляционной струе  $c_o = 0 \%$  получим следующие формулы:

$$Q = 100 \cdot I_{п_1} / \delta, \quad (4)$$

$$Q = 100 \cdot I_{п_2} / (1 - \lambda), \quad (5)$$

Из вышеприведенных формул (4) и (5) получим следующее соотношение:

$$I_{п_2} / I_{п_1} = \lambda(1 - \delta) / \delta, \quad (6)$$

В приведенных выше формулах величина  $\delta$  в численном выражении соответствует концентрации метана у всаса второго ВМП, а  $\lambda$  составляет часть воздуха, забираемого вентилятором местного проветривания из общей вентиляционной струи воздуха.

Соотношение (6) связывает нормативные параметры  $\delta$  и  $\lambda$  с величинами дебитов метана в каждой подготовительной выработке.

Следовательно при  $\delta = 0,5$  параметр  $\lambda = Q_2/Q = I_{п2}/I_{п1}$ , и необходимо выполнение условия  $Q_2 \leq 0,7Q$ , т.е.  $\lambda \leq 0,7$ .

Таким образом, с учетом вышеизложенного расчет количества воздуха необходимого для проветривания двух последовательно проветриваемых подготовительных выработок необходимо вести в следующем порядке:

– по заданным величинам  $I_{п1}$  и  $I_{п2}$  рассчитывается соотношение  $I_{п2}/I_{п1}$ ;

– если  $I_{п2}/I_{п1} \leq 0,7$  то принимается  $\delta = 0,5$ ,  $\lambda = Q_2/Q = I_{п2}/I_{п1}$  и расчет общего количества воздуха производится по формуле:

$$Q = 200 \cdot I_{п1}. \quad (7)$$

В этом случае при соблюдении требуемых правил безопасности условий ( $c_1 = 1,0\%$ ,  $c_2 = 1,0\%$ ,  $c_{1,2} = 0,5\%$ ) концентрация метана в общей исходящей вентиляционной струе определяется по формуле:

$$c_{исх} = (1 - I_{п2}/I_{п1}) \cdot 0,5 + I_{п2}/I_{п1}, \quad (8)$$

– если  $I_{п2}/I_{п1} \geq 0,7$ , то принимается  $\lambda = 0,7$ , а параметр  $\delta$  определяется по формуле:

$$\delta = \frac{1}{1 + I_{п2}/0,7 \cdot I_{п1}}, \quad (9)$$

Расчет общего количества воздуха при этом ведется по формуле:

$$Q = 100 \cdot (I_{п1} + I_{п2}/0,7) \quad (10)$$

Концентрация метана в этом случаев в исходящей вентиляционной струе воздуха ведется по формуле:

$$c_{исх} = \frac{0,7 \cdot (I_{п1} + I_{п2})}{0,7I_{п1} + I_{п2}}, \quad (11)$$

Формула была успешно апробирована при расчете количества воздуха необходимого для последовательного проветривания подготовительных выработок одной обособленной струей воздуха на шахтах ПАО «Павлоградуголь» (ш. Степная, ш. им. Н.И. Сташкова), ГП «Горезантрацит» (ш. «Ударник», ш. им. Л.И. Лутугина) (Таблица 1).

Таблица 1

Результаты расчета расходов воздуха и концентрации метана при последовательном проветривании двух подготовительных выработок обособленной струей воздуха

Наименование выработки	Метановыделение, м <sup>3</sup> /мин			Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин			Концентрация метана, %			Примечание
	$I_{п_1}$	$I_{п_2}$	$I_{п_2}/I_{п_1}$	$Q_1$	$Q_2$	$Q$	$c_1$	$c_2$	$c_{исх}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>ш. Стенная ПАО «Павлоградуголь»</b>										
<i>Восточное крыло шахты</i>										
117-й сборный штрек пл. с <sub>6</sub>	2,10			210			0,54			
магистральный откаточный штрек гор. 300 м		3,17	0,66		317	634		0,45	0,83	последовательно проветриваемая выработка
215-й бортовой штрек пл.	2,44		1,04	244			0,47			
217-й сборный штрек пл. с <sub>6</sub>		2,56			256	605		0,62	0,82	последовательно проветриваемая выработка
209-й сборный штрек пл. с <sub>6</sub>	2,80			280			0,48			
207-й бортовой штрек пл. с <sub>6</sub>		3,25	0,86		325	744		0,45	0,81	последовательно проветриваемая выработка
115-й бортовой штрек пл. с <sub>6</sub>	2,65			265			0,51			
117-й бортовой штрек пл. с <sub>6</sub>		2,65	1,00		265	642		0,49	0,83	последовательно проветриваемая выработка
разрезная печь 123-й «бис» лавы пл. с <sub>6</sub>	3,72		0,68	372		744	0,50		0,95	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
разрезная печь 121-й «бис»		5,45			545			0,66		последовательно

**«ДОНБАСС БУДУЩЕГО ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ»**

лавы пл. с <sub>6</sub>										проветриваемая выработка
<i>Западное крыло шахты</i>										
106-й сборный штрек пл. с <sub>6</sub>	3,30		1,12	330		460	0,48		0,82	
108-й бортовой штрек пл. с <sub>6</sub>		3,70			370					0,51
110-й сборный штрек пл. с <sub>6</sub>	3,65		0,63	365		452	0,50		0,82	
112-й бортовой штрек пл. с <sub>6</sub>		2,26			226					0,37
западный вентиляционный штрек гор. 400м	3,15		0,6	315		630	0,61		0,80	
сбойка на пл. с <sub>6</sub>		1,89			189					0,11
<i>ш. им. Сташкова ПАО «Павлоградуголь»</i>										
северный откаточный ходок пл. с <sub>5</sub>	5,01		0,88	501		625	0,64		0,84	
главный конвейерный квершлаг пл. с <sub>5</sub> гор. 300		4,43			443					0,48
5033 сборный штрек пл. с <sub>5</sub>	6,01		1,23	601		717	0,70		0,81	
восточный магистральный откаточный штрек пл. с <sub>5</sub>		4,88			488					0,45

**«ДОНБАСС БУДУЩЕГО ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ»**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b><i>ш. «Ударник» ГП «Торезантрацит»</i></b>										
13-й восточный конвейерный штрек пл. h <sub>7</sub>	0,61		0,86	61		165	0,62		0,82	
откаточная выработка гор. 412 м		0,53			53					0,31
вентиляционный штрек лавы №3 «бис»	2,11			211		422	0,27		0,72	
вспомогательный ходок		0,97			97			0,37		
<b><i>ш. им. Л.И. Лутугина ГП «Торезантрацит»</i></b>										
вентиляционный штрек лавы 2-й восточней коренной лав пл. h <sub>7</sub>	4,0		0,78	400		511	0,46		0,84	
2-й западный откаточный штрек гор.455 м		3,13				313		0,44		последовательно проветриваемая выработка
вентиляционный штрек лавы 2-й восточней коренной лав пл. h <sub>7</sub>	3,86		0,89	386		514	0,45		0,74	
магистральная наклонная выработка пл. пл. h <sub>7</sub>		3,45					345			0,45

*P.S* – средние значения концентраций  $c_1$  и  $c_2$  взяты за весь период проведения подготовительных выработок



**Выводы.** Предлагаемый порядок расчета позволяет определить минимально необходимое количество воздуха для последовательного проветривания двух подготовительных выработок одной обособленной от подготовительных забоев струей воздуха, пользуясь в качестве исходных величинами метановыделения в каждой из выработок и нормативами правил безопасности относительно расходов воздуха и концентрации метана в вентиляционных струях. Приведенный анализ показывает возможность обеспечения безопасных по газовому фактору условий при последовательном проветривании двух подготовительных выработок.

При большем числе забоев для определенности анализа потребуется введение некоторых новых нормативов, именно на максимальную производительность ВМП и концентрацию метана у всасов ВМП.

#### Список литературы

1. Технологические схемы очистных и подготовительных работ на угольных шахтах. Министерство угольной промышленности СССР. М., Недра, 1971, - 288с.
2. Правила безопасности в угольных шахтах. Государственный Комитет горного и технического надзора ДНР и Министерства угля и Энергетики ДНР от 18.04.2016 г. №36/208. – 217с.
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Киев, 1994. – 311с.
4. Ашихмин В.Д. Обеспечение безопасных по газовому фактору условий труда при последовательном проветривании тупиковых выработок //Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах. Сб. науч. трудов. Макеевка: МакНИИ. – 2001. – С.68-75.

УДК 544.431.22

## НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ГОРЕНИЕ В СИСТЕМАХ $\text{MeSO}_4 - \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{NaO}_2$ КАК МЕТОД СИНТЕЗА СУПЕРПАРАМАГНЕТИКОВ

Берестовая А.А., ст. преп.

Донецкий национальный технический университет,  
Факультет экологии и химической технологии, г. Донецк, ДНР

*Берестовая А.А. Экспериментально и теоретически проанализировано взаимодействие в системе  $\text{CoSO}_4 - \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{NaO}_2$ .*

*Установлено, что достаточно высокая температура, которая достигается во фронте самораспространяющегося взаимодействия, перестройка кристаллических решеток реагирующих веществ, образование новых кристаллических структур, а также выделение кислорода способствуют образованию оксидов в весьма реакционном состоянии с малыми размерами частиц. А данные микроанализа частиц правильной огранки показали, что основными компонентами продукта взаимодействия являются атомы (ионы) железа и кобальта, что также подтверждает образование фазы  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$*

*Ключевые слова: Феррит, ИК-спектроскопия, самораспространяющийся синтез, петля гистерезиса, наночастица.*

*The interaction in the  $\text{CoSO}_4 - \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{NaO}_2$  system has been analyzed experimentally and theoretically.*

*It has been established that a sufficiently high temperature, which is reached in the front of self-propagating interaction, the rearrangement of the crystal lattices of the reacting substances, the formation of new crystal structures, and the evolution of oxygen contribute to the formation of oxides in a very reactive state with small particle sizes. And the microanalysis data of particles of correct faceting showed that the main components of the interaction product are atoms (ions) of iron and cobalt, which also confirms the formation of the  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  phase.*

*Keywords: Ferrite, IR spectroscopy, self-propagating synthesis, hysteresis loop, nanoparticle*

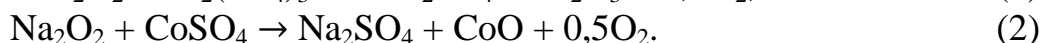
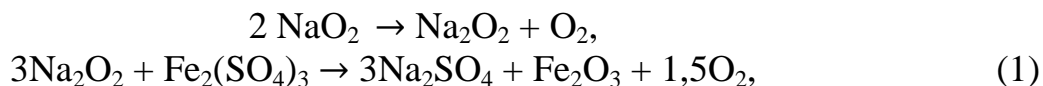
Самораспространяющимся синтезом называются процессы низкотемпературного горения, приводящие к образованию целевых продуктов.

Цель настоящей работы состояла в установлении возможности образования наноразмерной фазы  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ , проявляющей свойства суперпарамагнетика, при самораспространяющемся синтезе в системе  $\text{CoSO}_4 - \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{NaO}_2$ .

Особенностью рассматриваемой системы является то, что после иницирования системы тепловым высокотемпературным источником выделяющего в

ходе превращений тепла достаточно для осуществления реакций в режиме горения [1].

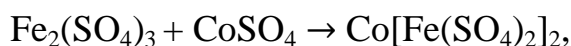
Данные дифференциально-термического анализа, определения скорости и температуры горения, рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии, а также термодинамические расчеты показывают, что в волне горения развивается температура около 800°C и основные процессы в целом не противоречат схеме [2]:



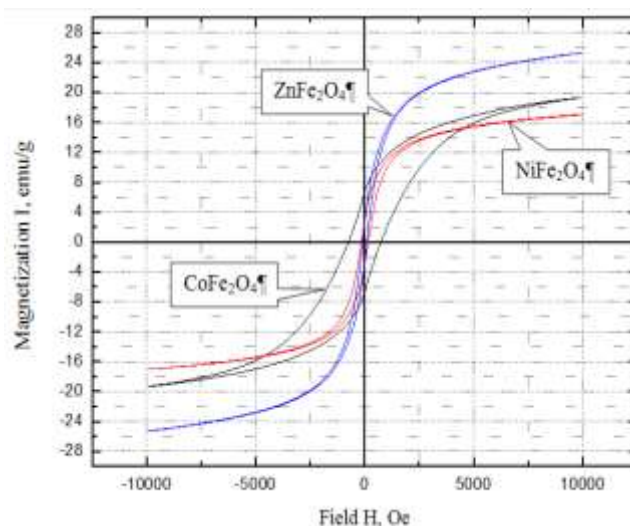
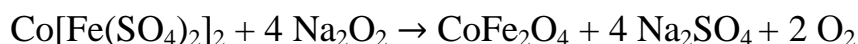
Тогда образование феррита будет протекать по классической схеме:



Вместе с тем, получить образцы феррита при приведенной выше температуре спеканием оксидов, полученных по реакциям (1) и (2), не удалось. Это свидетельствует о том, что существует стадия облегчающая процесс ферритизации, например:



а затем суммарно:



Р

*Рисунок 1. Петли гистерезиса суперпарамагнетиков полученных самораспространяющимся синтезом*

Данные электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа частиц показал, что основными их компонентами является наноразмерная фаза  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ .

Аналогичным способом были получены ферриты цинка  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  и никеля  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ . Порошки всех образцов являются наноразмерными и проявляют сильную намагниченность (рисунок), что позволяет отнести их к суперпарамагнетикам, а сам процесс их получения к достаточно эффективным. Их применение перспективно для использования при разработке магнитных жидкостей, в медицине в качестве магнитных меток, в качестве специальных покрытий.

#### Список литературы

1. В.В. Шаповалов, А.А. Берестовая Низкотемпературное горение в пероксидно-солевых системах / В.В. Шаповалов, А.А. Берестовая // Научный вестник НИИГД Респиратор - №1. – 2019. - С. 110-118.
2. Берестовая А. А. Самораспространяющееся взаимодействие в системе  $\text{CoSO}_4 - \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{NaO}_2$  / А. А. Берестовая, В. В. Шаповалов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер.: Хімія і хімічна технологія. - 2014. - Вип. 1. - С. 71-81.

УДК 622.788

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ САУ ВЛАЖНОСТИ В УСЛОВИЯХ АГЛОМЕРАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Олейник Д.С., студент  
Жукова Н.В., канд. тех. наук, доц.

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

*Олейник Д.С., Жукова Н.В. Проведен сравнительный анализ показателей качества регулирования существующей системы с принципом управления по отклонению и регулятором соотношения шихты/воды и разработанной САУ влажности с комбинированным принципом управления. Результаты моделирования доказали работоспособность систем и подчеркнули достоинства разработанной системы, связанные с быстрой реакцией и качеством обработки основного возмущения по расходу сухой шихты.*

*Ключевые слова: Агломерационное производство, барабан окомкователь, процесс увлажнения, расход шихты, влажность шихты, регулятор влажности шихты, регулятор расхода воды на увлажнение, регулятор соотношения, ошибка отклонения, канал компенсации, транспортное запаздывание.*

*Oleinik D.S., Zhukova N.V. A comparative analysis of the quality indicators of the regulation of the existing system with the principle of control by deviation and the regulator of the charge / water ratio and the developed ACS of humidity with the combined principle of control is carried out. The simulation results proved the efficiency of the systems and highlighted the advantages of the developed system associated with the speed and quality of processing the main disturbance in terms of dry charge consumption.*

*Key words: Sinter production, pelletizing drum, humidification process, charge consumption, charge moisture, charge moisture regulator, water flow regulator for humidification, ratio regulator, deviation error, compensation channel, transport delay.*

**Постановка задачи.** В работе [1] авторами выполнено обоснование принятого решения автоматизации технологического процесса увлажнения шихты в барабане – смесителе. Система автоматического управления влажностью имеет комбинированный принцип управления с внутренним контуром по расходу воды в барабан - смеситель и компенсацией возмущения по каналу загрузки сухой шихты. Построена схема анализа концепции построения САУ влажности шихты, аргументированы ожидаемые варианты выбранной концепции [1].

Проведенный анализ существующих систем управления влажностью шихты в барабане показал, что их структура также двухконтурная, с внутрен-

ним контуром по расходу воды. Но компенсация по расходу сухой шихты не реализована, а реализован регулятор соотношения сухой шихты и воды, такой что:

$$F_{вода}(t) = \gamma(\mu) \cdot F_{шх}(t),$$

т.е задающее воздействие для расхода воды определяется как произведение коэффициента соотношения  $\gamma(\mu)$ , зависящего от текущей влажности и расхода шихты. Поэтому анализ качества регулирования разработанной системы управления, имеет смысл выполнить в виде сравнения с показателями качества регулирования существующей системы. Данный анализ позволит доказать методами математического моделирования работоспособность разработанной системы, что является актуальной задачей.

Методика решения задачи. Сравнительный анализ показателей качества регулирования проводится в условиях схем моделирования, приведенных на рис.1, рис.2.

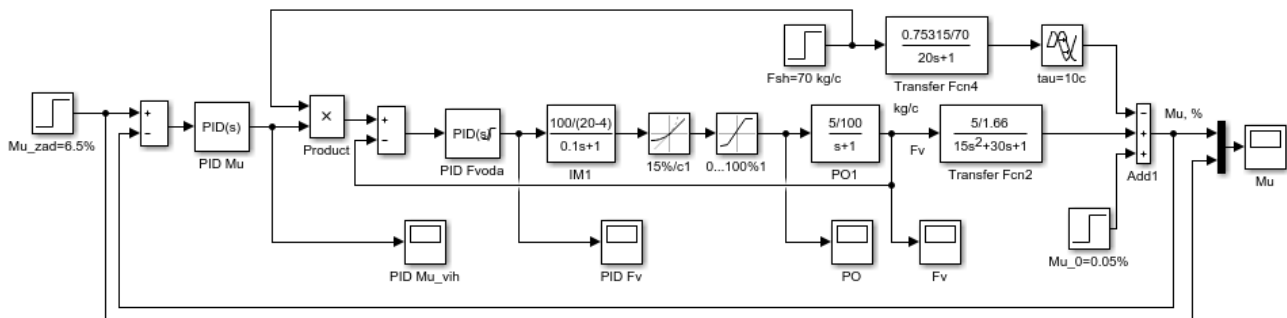


Рисунок 1 – Схема моделирования существующей САУ влажности с регулятором соотношения шихты и воды

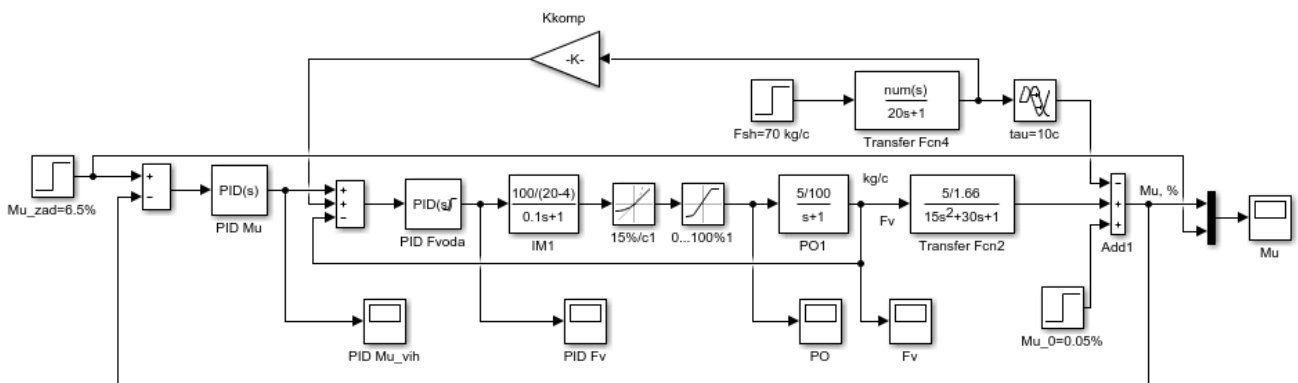


Рисунок 2 – Схема моделирования САУ влажности с компенсацией по расходу шихты

Моделирование осуществляется при номинальных параметрах процесса:

- подача шихты  $F^{шх} = 70 - 100$  кг/с,
- расход воды в барабан – смеситель  $F^{вода} = 1,66 - 5$  кг/с;
- транспортное запаздывание по каналу расхода шихты  $\tau = 20$ с.

Переходные характеристики влажности разработанной САУ и существующей приведены на рис. 3.

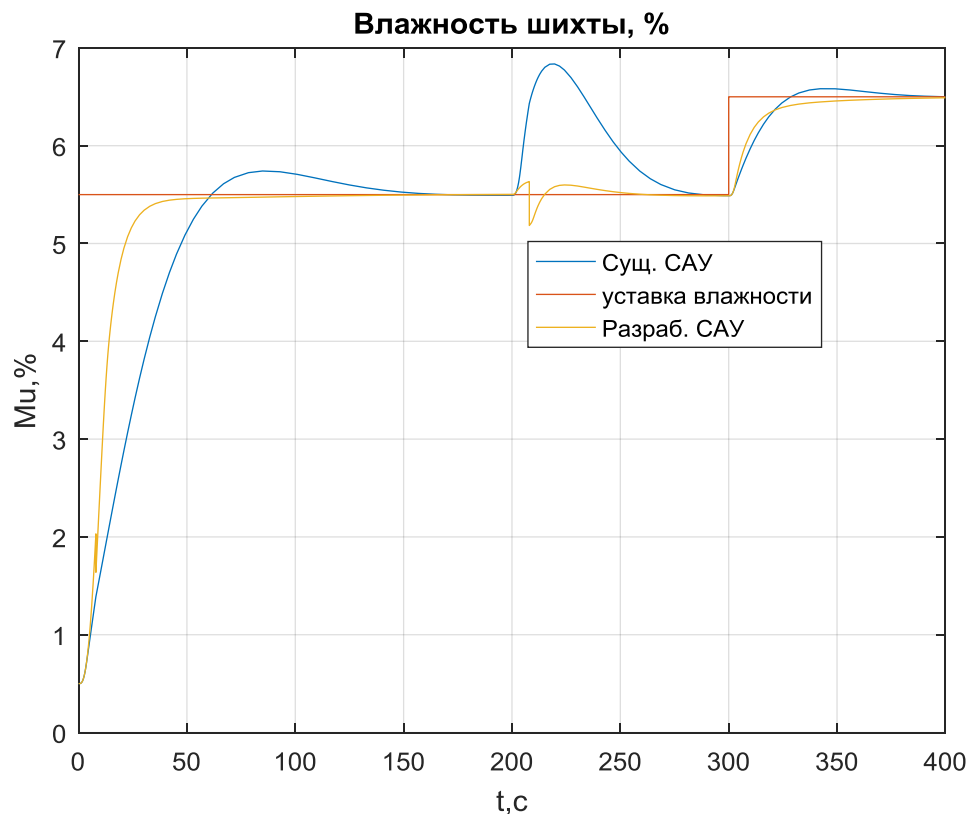


Рисунок 3- Переходная характеристика влажности разработанной САУ и существующей

Из рис.3 следует, что введение компенсации по расходу шихты в регулятор, обеспечивает увеличение быстродействия. Время регулирования разработанной системы составляет 50 с, что в три раза меньше по сравнению с существующей (время регулирования существующей 150 с).

В разработанной системе наблюдается плавный апериодический характер процесса влажности с отсутствием перерегулирования, в отличие от существующей, перерегулирование которой составляет 4%.

В момент времени 200 с происходит ступенчатое изменение расхода сухой шихты с 70 кг/с до 100 кг/с. Разработанная САУ обрабатывает данное возмущение за 50 с, а существующая за 75 с. Амплитуда переходного процесса при обработке возмущения в разработанной системе снижена в 1,5 раза за счет введения компенсации по каналу расхода сухой шихты. А в существующей присутствует большое перерегулирование, что характерно для каналов возмущения с транспортным запаздыванием.

В момент времени 300 с происходит ступенчатое изменение уставки по заданию влажности. Время отработки сигнала задания разработанной системой также меньше, чем существующей, что подтверждает переходной процесс на рис. 3, и составляет 50 с.

Рассмотрим переходные характеристики основных элементов систем и выполним сравнительный анализ отработки возмущений и сигнала уставки (рис.4 – рис.5).

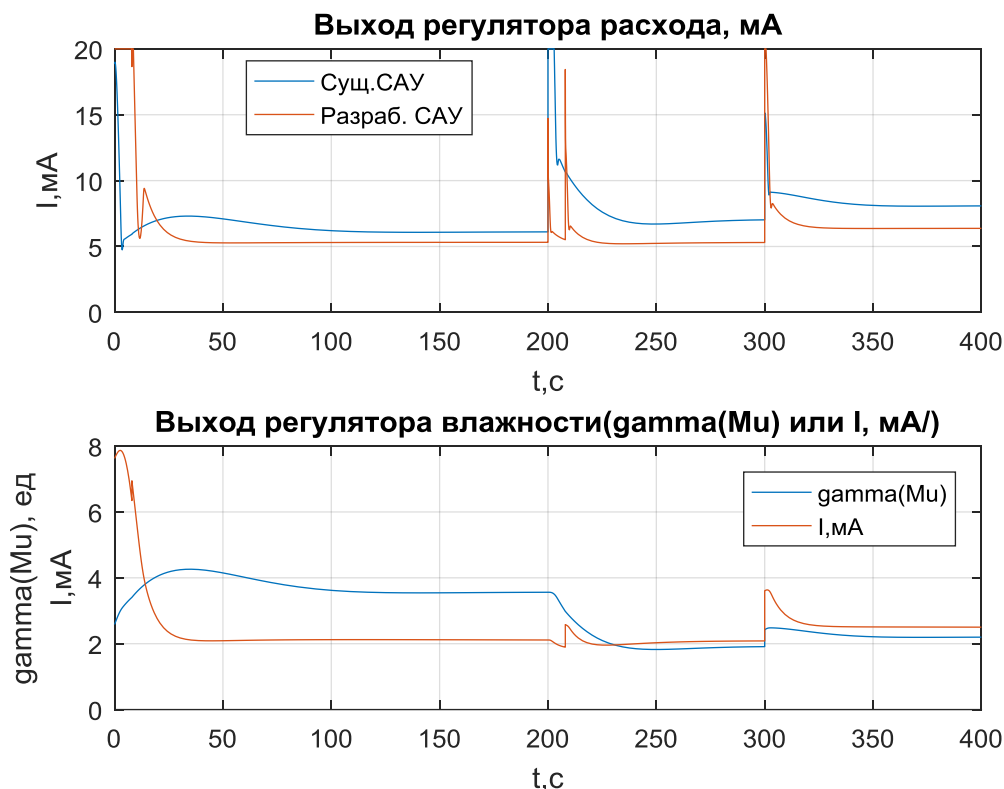


Рисунок 4 - Переходные характеристики выходов регуляторов расхода воды и влажности

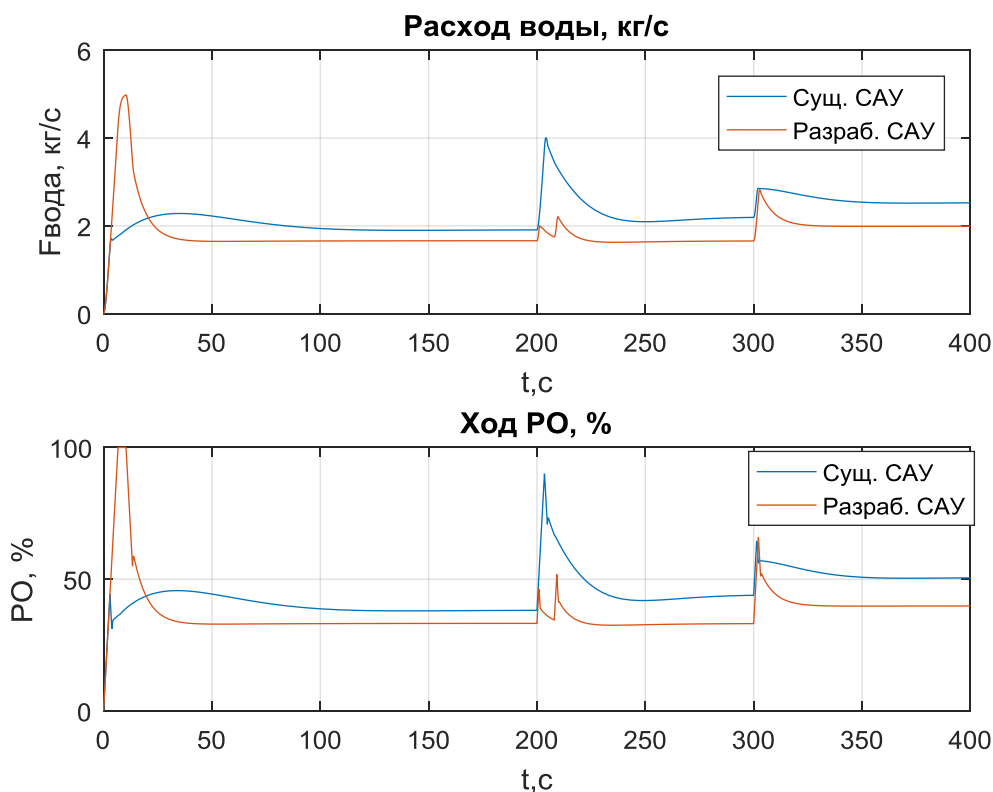


Рисунок 5 - Переходные характеристики расхода воды хода РО  
Высокое быстродействие существующей САУ следует из всплеска сигнала



ла управления, который обеспечивает полный ход РО (рис.4), обеспечивая при этом максимальный расход воды в 5кг/с (рис. 5). При этом необходимо заметить, что сигнал управления регулятора расхода воды ограничен верхним пределом в 20 мА. При отработке возмущения по увеличению подачи сухой шихты уже не наблюдается резкого всплеска по расходу воды (в пределах 50%) (рис. 5).

Также одним из возмущающих факторов является исходная влажность составляющих компонентов, поскольку перед барабаном - смесителем в шихту еще добавляется коксик. В момент времени 400 с моделируется изменение исходной влажности на 0,5% (рис.6). Данное возмущение разработанная система также обрабатывает лучше, чем система с регулятором соотношения шихты и воды.

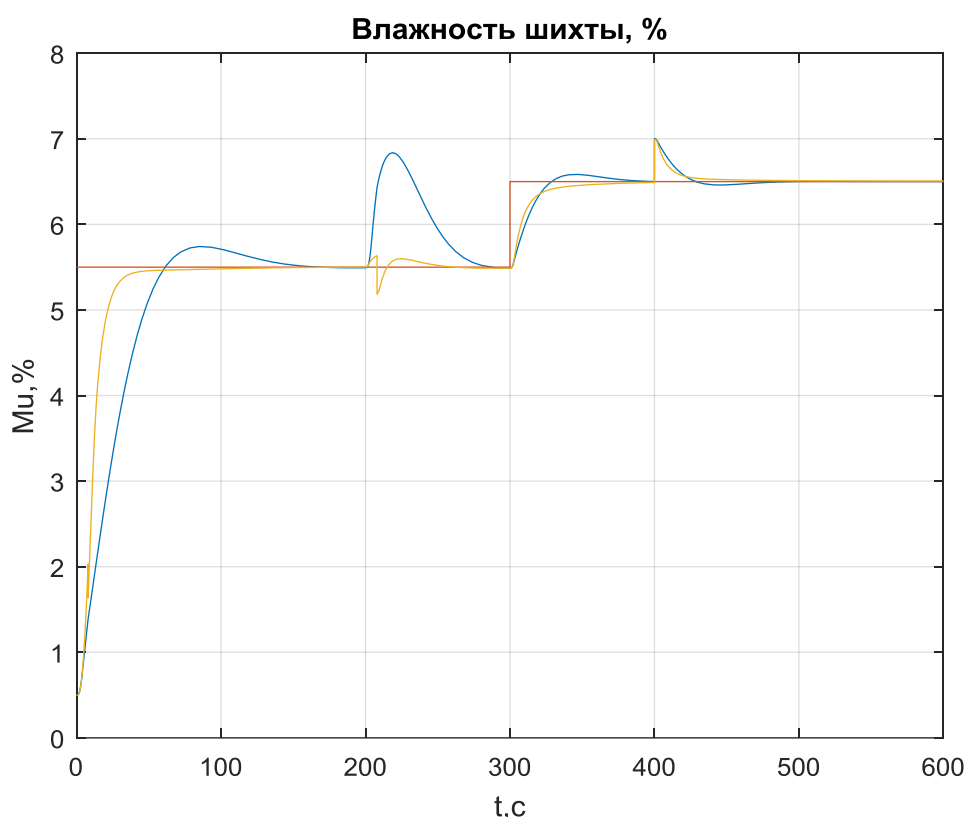


Рисунок 6 - Переходная характеристика влажности разработанной САУ и существующей

Таким образом, анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что разработанная система с комбинированным принципом управления имеет преимущества по сравнению с существующей системой с принципом управления по отклонению с регулятором соотношения шихты и воды. Разработанная система полностью отвечает требованиям по быстродействию и точности регулируемой влажности шихты на выходе, что обеспечит хорошую газопроницаемость, а соответственно и качество агломерата.

#### **Выводы.**

1. Разработана математическая модель процесса увлажнения шихты в ба-

рабанае смесителе по каналу управления (расходу воды) и по каналу возмущения (подачи шихты с учетом ее исходной влажности), а также математические модели исполнительного механизма и регулирующего органа, учитывающие реальные ограничения на входные и выходные сигналы. Учтено транспортное запаздывание на тракте подачи шихты. Проверена состоятельность полной математической модели методами математического моделирования.

2. Составлена комплексная модель САУ влажности, в которой реализован комбинированный принцип управления и подчиненное регулирование расхода воды. Выполнен синтез регуляторов внешнего и внутреннего контуров системы. Обоснован выбор ПИД – законов управления.

3. Проведен сравнительный анализ показателей качества регулирования существующей системы с принципом управления по отклонению и регулятором соотношения шихты/воды и разработанной САУ влажности с комбинированным принципом управления. Результаты моделирования доказали работоспособность систем и подчеркнули достоинства разработанной системы, связанные с быстродействием и качеством отработки основного возмущения по расходу сухой шихты.

4. Разработанная САУ влажности удовлетворяет показателям качества регулирования:

- апериодический характер переходного процесса с допустимым перерегулированием при отработке сигнала задания не более 3%;
- время установления (регулирования) не превышает 50 с;
- время отработки нагрузки по расходу сухой шихты не более 30 с.
- время отработки изменения сигнала задания не более 50 с.

#### Список литературы

1. Олейник Е.А., Жукова Н.В. Анализ динамики САУ режимом нагрева насадки в доменном воздухонагревателе /Автоматизация технологических объектов и процессов. Поиск молодых: сборник научных трудов XX научно-технической конференции аспирантов и студентов в г. Донецке 26-28 мая 2020 г. - Донецк: ДОННТУ, 2020. – 452с. С.72 – 75.

УДК 623.77

## ОБЗОР СПОСОБОВ УМЕНЬШЕНИЯ ОТРАЖЕННОГО РАДИОСИГНАЛА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Стальнов Д.С., студент denis\_stalnov@mail.ru  
Паслен В.В., к.т.н., доцент

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
Кафедра радиотехники и защиты информации*

*Стальнов Д.С., Паслен В.В. Маскировка – комплекс мероприятий, направленных на скрытие от противника войск, различных объектов и на введение его в заблуждение относительно наличия, расположения, состава, состояния, действий и намерений войск. Методики обнаружения стратегически важных объектов с каждым годом ставятся все изощренней. Активное развитие этого направления приводит к созданию новых комплексов и мер защиты от обнаружения. Самыми актуальными методами являются методы интеграции наноматериалов, с уникальными свойствами, в уже существующие, рабочие, системы. Так был разработан сверхширокодиапазонный радиопоглощающий материал на основе наноструктурного ферромагнитного микропровода (НФМП). Данный материал интегрируется в маскировочную ткань, которой накрывает стратегически важный объект.*

*Ключевые слова: маскировка, наноматериал, ферромагнитный микропровод.*

*Abstract: Camouflage is a set of measures aimed at concealing troops and various objects from the enemy and at misleading him about the presence, location, composition, state, actions and intentions of troops. Methods for detecting strategically important objects are becoming more sophisticated every year. The active development of this area leads to the creation of new complexes and measures for protection against detection. The most relevant methods are methods of integrating nanomaterials with unique properties into existing working systems. Thus, an ultra-wide-range radio-absorbing material based on a nanostructured ferromagnetic microwire (NFMP) was developed. This material is integrated into a camouflage fabric that covers a strategically important object.*

*Key words: camouflage, nanomaterial, ferromagnetic microwire.*

При выполнении данной работы использовались научные и учебно-методические работы отечественных и зарубежных авторов, таких как Устименко Л. В., Хандогина, Е. И., Вадимиров Д. Н. и другие [1]. Целью работы является достижение нового уровня в области радиомаскировки путем снижения заметно-

сти радиотехнических объектов путем разработки радиопоглощающего тканного материала с добавлением наноструктурного ферромагнитного микропровода

При разработке маскировочного полотна так же следует учесть, что защищаемый объект, облученный электромагнитной волной, может являться пассивным источником отражения электромагнитной волны или вторичной переотражающей антенной и повторно излучать энергию обратно по направлению к передатчику. Передающая сторона ожидает это излучение и извлекает сведения о расстоянии, положении в пространстве и форме объекта за счет задержки «эха», учитывая, что скорость распространения волны равна скорости света.

Уровень отраженного сигнала свойством «обнаруживаемости» объекта, которая основана на задержки эхо-сигнала, отраженного от объекта.

Решение поставленной задачи достигается путем поглощения полученной энергии и конвертации ее в тепло, которое потом рассеивается в открытом пространстве. Поглощение электромагнитной энергии производится благодаря специальной конструкции наноструктурного ферромагнитного микропровода.

Наноструктурный ферромагнитный микропровод в стеклянной изоляции (НФМП) представляет собой композиционный материал с внутренней жилой из аморфных металлических сплавов на основе переходных. Для выполнения перечисленных функций ферромагнитные микропровода объединяют в кластеры, которые закреплены на диэлектрической пластине. Соединены кластеры при помощи прорезиненного, не смачиваемого материала, данное соединение обеспечивает гибкость материала. В свою очередь диэлектрик с кластерами закреплен на магнитотвердой резине, которая позволяет плотно обхватывать любые металлизированные поверхности. Для достижения максимальной эффективности данным тканым, прорезиненным материалом накрывают шарообразный металлизированный каркас, который накрывает защищаемый объект.

Структура такого рода весьма удобна и обеспечивает компактность. Размещение и форма каркаса определяется исходя из формы защищаемого объекта и возможностей локального ландшафта. Конечно, чем более округлая форма достигнута в направлении противника, тем большее количество энергии сможет поглотить покрытие[2].

Разработанная модель относится к области радиотехники, а именно устройствам, уменьшающих эффективную поверхность рассеивания радиотехнических объектов при их облучении электромагнитной энергией.

Новизна такого метода поглощения радиоизлучения заключается в применении сразу двух составляющих. С одной стороны, мы используем радиопоглощающее покрытие, с другой — шарообразный каркас, который служит для уменьшения ЭПР стратегического объекта. Если стратегический объект имеет активные источники радиосвязи, данный процесс выполняется в состоянии радиомолчания[3].

Исследования в данном направлении ведутся давно и всё больше набирают силу. Эффект «невидимости» устройства занимает свое место на ряду с та-

кими показателями как маневренность, проходимость, облегчение веса различного рода объектов и другие.

От видимости объекта другими радиолокационными станциями может зависеть успех проводимой боевой операции, но не всегда удастся спроектировать объект таким образом, чтобы он был менее заметен, либо покрыть его специальным материалом. Поглощающий материал, который описывается в данной магистерской диссертации, позволит скрыть уже существующую единицу, не влияя на её рабочие характеристики и не изменяя её конструкции.

Исходя из вышеперечисленных требований можно сказать, что данный подход к разработке радиопоглощающего материала, состоящего из кластеров наноструктурного ферромагнитного микропровода является инновационным и в современных реалиях является крайне востребованным способом в отраслях радиомаскировки и в радиоэлектронной борьбе в целом[4].

#### Список литературы

1. Наноматериалы для поглотителей электромагнитных волн и защиты информации: [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://kit-e.ru/wp-content/uploads/2010\\_12\\_144.pdf](https://kit-e.ru/wp-content/uploads/2010_12_144.pdf).
2. Королёв, А. Ю. Маскировка вооружения, техники и объектов / А. Ю. Королёв, А. А. Королёва, А. Д. Яковлев. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2015. – 155 с
3. Ахромеев, С. В. Военный энциклопедический словарь / под ред. С. В. Ахромеева, А. Т. Алтунина, Д. А. Волкогорова и др. – М. : Воениздат, 1986. – 922 с.
4. Цветнов, В. В. Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита : учебное пособие / В. В. Цветнов, В. П. Демин, А. И. Куприянов. – М. : МАИ, 1999. – 240 с

УДК 681.521

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Светличный А.В., к.т.н., доцент  
Близнюк А.С., магистрант

*ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк  
Кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок*

*Светличный А.В., Близнюк А.С. Обоснована целесообразность использования программно-аппаратных комплексов для разработки управляющих программ. Приведен пример отладки программного обеспечения системы управления подачей воды на контроллерах Micro PC.*

*Ключевые слова: система управления, программное обеспечение, средства разработки, контроллеры, отладочные комплексы.*

*Svetlichnyi A., Blizniuk A. The expediency of using hardware and software systems for the development of control programs has been substantiated. An example of debugging the software of a water supply control system on Micro PC controllers is given*

*Key words: control system, software, development tools, controllers, debugging complexes.*

При разработке управляющих программ для производственных механизмов обязательным этапом является отладка с имитацией объекта управления. Такая имитация может выполняться с применением аппаратных технических средств или программного обеспечения. Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки. При аппаратном моделировании объекта сигналы обратной связи от датчиков имитируются релейными и аналоговыми сигналами, значения которых задаются соответствующими органами управления, а выходные сигналы контроллера индицируются индикаторами и измерительными приборами. В таком варианте удобно проверять работу дискретных систем, находящихся в одном из нескольких устойчивых состояний. Также в этом случае тестируются каналы ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов. Недостатком является сложность имитации переходных процессов в системе управления при изменении возмущающих воздействий с определенной интенсивностью.

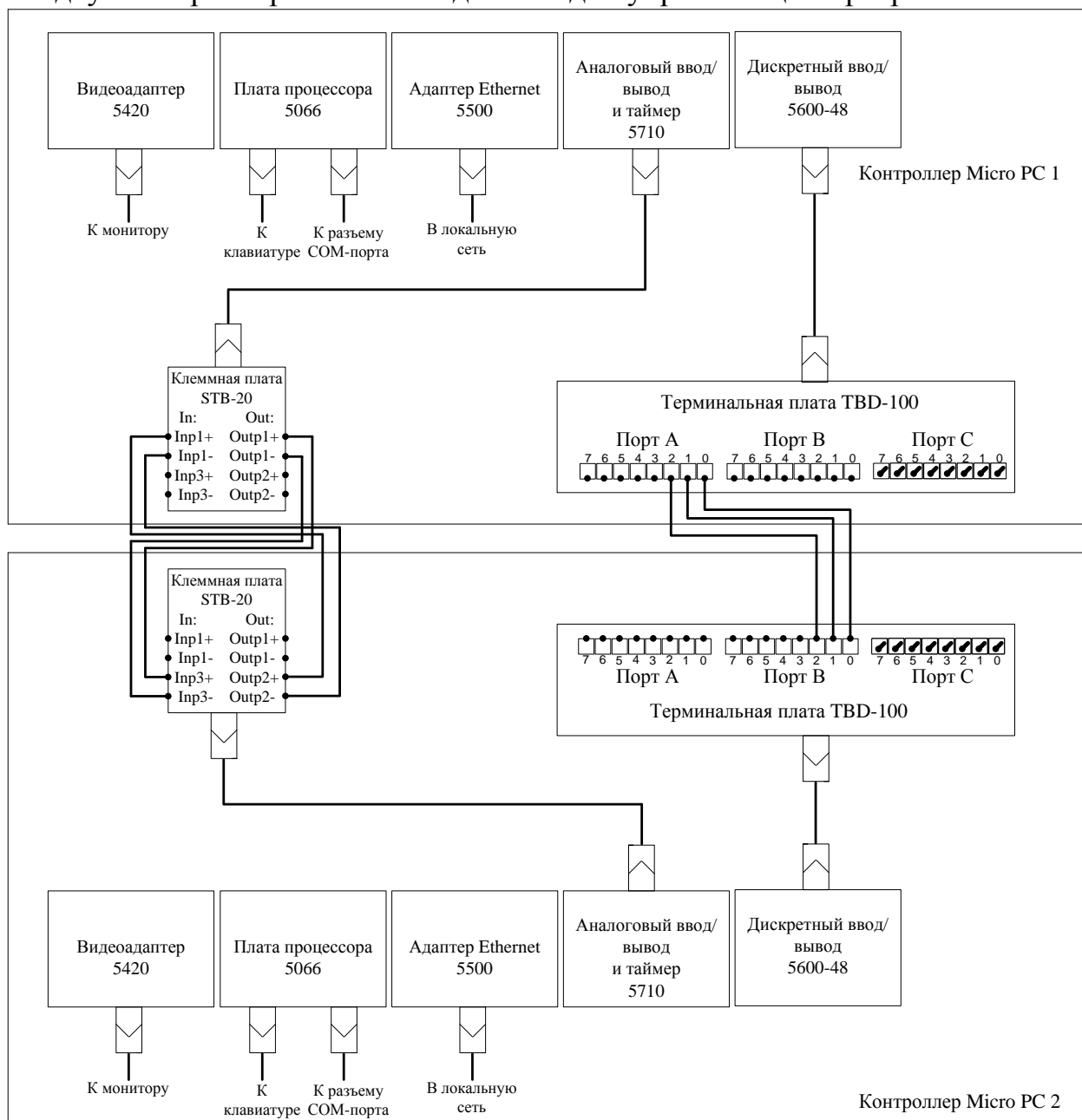
Динамические процессы удобнее исследовать с использованием программной модели объекта, где могут быть математически задана система алгебраических и дифференциальных уравнений, описывающая его поведение. Такие модели удобнее всего реализовывать с применением специализирован-

ных программных пакетов, например Matlab. Недостатком является сложность учета реальных временных характеристик каналов ввод-вывода данных.

Компромиссным вариантом для проведения отладочных работ является использование программно-аппаратных комплексов, в котором программа моделирования объекта реализуется на компьютере, снабженном аналого-цифровыми и цифроаналоговыми преобразователями и модулями ввода-вывода дискретных сигналов.

Одним из таких вариантов является промышленный контроллер MicroPC [1], в состав которого входят модули центрального процессора, ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов и подключения устройств визуализации.

На рисунке 1 представлена структурная схема отладочного комплекса на базе двух контроллеров MicroPC для отладки управляющих программ.



*Рисунок 1 – Структурная схема отладочного комплекса.*

На контроллере 1 реализована программная модель водонапорной башни, учитывающая нелинейную зависимость давления в выходном трубопроводе от уровня воды, нелинейную характеристику регулирующей заслонки на входе и люфт в механической передаче исполнительного механизма [2]. Для формирования обратной связи по уровню воды в баке и модели заложены дискретные датчики верхнего и нижнего уровня, а также аналоговый датчик для измерения текущего значения. В контроллер 2 загружается управляющая программа регулирования уровня воды в баке путем изменения количества воды в подающем трубопроводе. В такой конфигурации могут моделироваться как позиционные регуляторы, срабатывающие по сигналам дискретных датчиков модели объекта, так и непрерывные с различной структурой, использующие в качестве обратной связи аналоговый датчик с непрерывным выходом.

Программа модели объекта обеспечивает индикацию его состояния на жидкокристаллическом индикаторе, входящем в состав 1 контроллера. На рисунке 2 представлен вид индикатора, на котором отображаются значения входного и выходного расходов, положения заслонок на входе и выходе, а также уровень воды в баке.

```
Level 0.0 EMPTY
In: F=0.00 P=0.00
Out: F=0.00 P=0.00
K1-K4: 0, 0, 0, 0
```

*Рисунок 2 – Отображение состояния объекта на жидкокристаллическом индикаторе.*

На экран монитора, подключенного к контроллеру регулятора может выводиться вся интересующая пользователя информация, включая значения П, И. и Д – составляющих регулятора.

Программное обеспечение написано на языке C++ и содержит драйвера модулей ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов. Применение такого отладочного комплекса обеспечивает следующие преимущества:

1. Работа программы имитатора объекта с максимальным быстродействием, определяем производительностью процессора, а программы регулятора с заданной дискретностью по времени, соответствующей циклу контроллера, для которого производится отладка.

2. Отработка операций обмена информацией по каналам ввода-вывода с учетом их дискретности по уровню и времени преобразования.

3. Возможность использования для широкого круга объектов, для которых имеется математическое описание в виде алгебраических и дифференциальных уравнений.

### Список литературы

1. Micro PC встраиваемые системы. Электронный ресурс. <https://embedded.prosoft.ru/products/types/3997/>
2. Гуревич Д.Ф. Расчет и конструирование трубопроводной арматуры. М.: ЛКИ, 2008. -480 с.



УДК 620.9:62-83:621.671

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДРЕНАЖНЫХ НАСОСОВ

**Светличный А.В., к.т.н., доц.  
Ларионов В.О., магистрант**

*ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк  
Кафедра электропривода и автоматизации промышленных установок*

*Светличный А.В., Ларионов В.О. Представлен анализ влияния параметров линии электропитания на энергетические показатели электропривода дренажных насосов.*

*Ключевые слова: электропривод, асинхронный двигатель, энергоэффективность, кабель, коэффициент полезного действия.*

*Svetlichnyi A., Larionov V. The analysis of the influence of the parameters of the power supply line on the energy indicators of the electric drive of drainage pumps is presented.*

*Key words: electric drive, asynchronous motor, energy efficiency, cable, efficiency.*

Наиболее распространенным для дренажных насосов является нерегулируемый электропривод переменного тока, включение в работу которого производится по команде персонала или по срабатыванию датчика уровня. На многих предприятиях длина питающих линий для насосных установок достигает сотен метров, а двигатели работают с загрузкой 75-100% от номинальной мощности. В связи с этим для оценки энергоэффективности таких электроустановок необходимо учитывать потери в кабельных линиях.

Согласно [1] диапазон мощностей электродвигателей дренажных насосов составляет от 0,37 до 85 кВт. Исключая нижний диапазон мощностей, не используемый в промышленных условиях, примем для анализа энергетические показатели электроприводов насосов мощностью 5,5 и 55 кВт. Технические характеристики электродвигателей представлены в таблицах 1 и 2. Параметры питающей линии соответствуют требованиям ПУЭ. Длина линий электропитания варьируется от 20 до 200 м

Таблица 1 - Паспортные данные двигателя АИР112М4

Тип двигателя	Мощность, кВт	Номинальная частота вращения	КПД	$\cos \varphi$	$I_{II} / I_H$	$M_{II} / M_H$	$M_{max} / M_H$	$I_H$
АИР112М4	5,5	1440	85,7	0,83	7,0	2,3	2,3	11,7

Таблица 2 - Паспортные данные двигателя АИР225М4

Тип двигателя	Мощность, кВт	Номинальная частота вращения	КПД	$\cos \varphi$	$I_{II} / I_H$	$M_{II} / M_H$	$M_{max} / M_H$	$I_H$
АИР112М4	55,0	1480	93,0	0,87	7,2	2,2	2,3	103,0

Расчетные значения токов  $I_{расч}$  для выбора сечения питающих кабелей составляют соответственно 11,7 и 103 ампер.

Предварительно выбираем кабель (ГОСТ 31996— 2012) из условия:

$$I_{\text{д.дон}} > I_{\text{расч}}.$$

- для АИР112М4: АВВГзнг 4х2,5 (силовой кабель с заполнением, с алюминиевой жилой, изоляцией из ПВХ, оболочкой из ПВХ пониженной горючести), у которого  $I_{\text{д.дон}} = 21 \cdot 0,93 = 19,53$  А (0,93 поправочный коэффициент для многожильных проводов, согласно ГОСТ 31996— 2012), с номинальным сечением жилы  $S_{np} = 2,5$  мм<sup>2</sup>.

- для АИР225М4: АВВГзнг 4х50 у которого  $I_{\text{д.дон}} = 126 \cdot 0,93 = 117,18$  А, с номинальным сечением жилы  $S_{np} = 50$  мм<sup>2</sup>.

Определим длительно допустимый ток с учетом поправочных коэффициентов. Нормальной температурой окружающей среды при прокладке проводов и кабелей на воздухе считается +25°С. При фактической температуре воздуха или земли, отличной от указанных выше значений, вводится поправочный коэффициент  $k_1$ . Поправочный коэффициент при фактической температуре среды 35°С для кабеля, проложенного в воздухе равен 0,9.

С учетом этого:

- для АИР112М4  $I_{\text{ф.д.дон}} = k_1 I_{\text{д.дон}} = 0,9 \cdot 19,53 = 17,58$  А;

- для АИР225М4  $I_{\text{ф.д.дон}} = k_1 I_{\text{д.дон}} = 0,9 \cdot 117,18 = 105,46$  А.

Условие  $I_{\text{ф.д.дон}} > I_{\text{расч}}$  выполняется.

Определяем допустимую потерю напряжения на клеммах двигателя в вольтах, с учетом того, что относительное падение напряжения не должно превышать 5%

$$\Delta U_{\text{дон}} = \frac{\Delta U \% \cdot U_n}{100} = \frac{5 \cdot 380}{100} = 19 \text{ В.}$$

Потери напряжения в кабелях найдем по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3} I_{\text{расч}} \cdot L (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi),$$

где:  $L$  – длина участка, км;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности;

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,83^2} = 0,56 \text{ – для АИР112М4;}$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,87^2} = 0,49 \text{ – для АИР225М4;}$$

$r_0 = 12,5$ , Ом/км,  $x_0 = 0,104$  Ом/км – активное и реактивное сопротивление алюминиевого кабеля для сечения кабеля  $S_{np} = 2,5$  мм<sup>2</sup> [2];

$r_0 = 0,625$ , Ом/км,  $x_0 = 0,063$  Ом/км – активное и реактивное сопротивление алюминиевого кабеля и сечения кабеля  $S_{np} = 50$  мм<sup>2</sup> [2];.

Для кабеля сечением 2,5 мм<sup>2</sup>, длиной 20 м имеем

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 11,75 \cdot 0,02 \cdot (12,5 \cdot 0,83 + 0,104 \cdot 0,56) = 4,24 \text{ В} \leq 19 \text{ В}$$

Условие  $\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$  выполняется.

Для кабеля сечением 2,5 мм<sup>2</sup>, длиной 200 м имеем

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 11,75 \cdot 0,2 \cdot (12,5 \cdot 0,83 + 0,104 \cdot 0,56) = 42,43 \text{ В} \geq 19 \text{ В}$$

Условие  $\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$  не выполняется и необходимо выбрать кабель с большим сечением - АВВГзнг 4х6 ( $S_{np} = 6$  мм<sup>2</sup>).

Для этого кабеля значения удельных сопротивлений:  $r_0 = 5,21$ , Ом/км,  $x_0 = 0,09$  Ом/км. Находим падение напряжения

$$I_{\text{д.дон.}} = 37 \cdot 0,93 = 34,41 \text{ А};$$

$$I_{\text{ф.д.дон.}} = k_1 I_{\text{д.дон.}} = 0,9 \cdot 34,41 = 30,97 \text{ А};$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 11,75 \cdot 0,2 \cdot (5,21 \cdot 0,83 + 0,09 \cdot 0,56) = 17,81 \text{ В} \leq 19 \text{ В}$$

Условие  $\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$  выполняется.  $\Delta U < \Delta U_{\text{доп}}$

Аналогичные расчеты, проведенные для кабеля сечением 500 мм<sup>2</sup>, показывают, что для длины линии 20 метров условие проверки на допустимое падение напряжения выполняется

( $\Delta U = 2,06$  В), а для линии длиной 200 м не выполняется ( $\Delta U = 20,56$  В). Поэтому выбираем кабель с большим сечением АВВГзнг 4х70 ( $S_{np} = 70$  мм<sup>2</sup>) у которого значения удельных сопротивлений:  $r_0 = 0,441$ , Ом/км,  $x_0 = 0,061$  Ом/км и падение напряжения  $\Delta U = 14,8$ В.

Выбранные кабели для разных длин участков приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Марки кабелей

АИР112М4		АИР225М4	
$L = 20$ м	$L = 200$ м	$L = 20$ м	$L = 200$ м
АВВГзнг 4х2,5	АВВГзнг 4х6	АВВГзнг 4х50	АВВГзнг 4х70

Сопротивление жилы можно определить по формуле:

$$R_{np} = \frac{\rho \cdot L}{S_{np}},$$

где  $\rho = 0,03$ ,  $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$  – удельное сопротивление алюминия;

$L$ , м – дли линии;

$S_{np}$ , мм<sup>2</sup>, – сечение проводника.

Расчет сопротивлений жилы сведен в таблицу 4.

Таблица 4 – Сопротивления жил кабелей

Тип двигателя	АИР112М4		АИР225М4	
	АВВГзнг 4х2,5	АВВГзнг 4х6	АВВГзнг 4х50	АВВГзнг 4х70
$L, \text{ м}$	20	200	20	200
$R_{np}, \text{ Ом}$	0,24	1,0	0,012	0,0857

Потери напряжения для одной жилы

$$\Delta U = I \cdot R_{np}$$

Мощность потерь в кабеле

$$\Delta P = 3I_n \Delta U$$

КПД линии рассчитывается по формуле:

$$\eta_l = \frac{P_{\text{двиг}}}{P_{\text{двиг}} + \Delta P} \cdot 100\% .$$

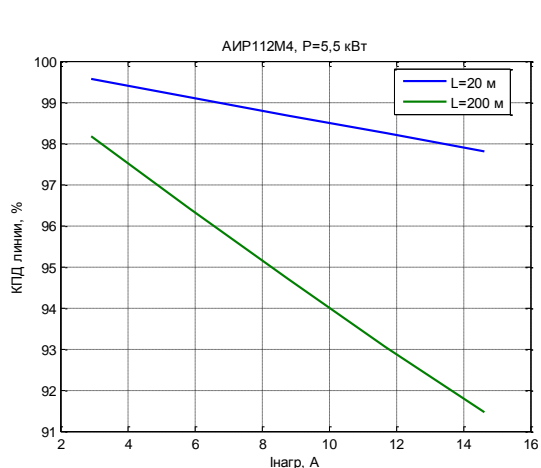
Результаты расчетов энергетических показателей кабельных линий для рассматриваемых случаев приведены в таблице 5. При расчетах приняты значения токов на уровнях 0,25,0,5,0,75,1,0 и 1,25 от номинальных токов двигателей.

Таблица 5 – Энергетические показатели кабельных линий

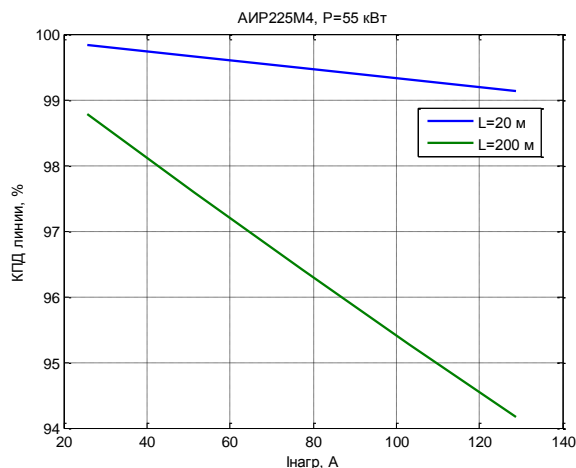
Параметр	Двигатель / Кабель				
	АИР112М4 / АВВГзнг 4х2,5				
$I, \text{ А}$	14,625	11,7	8,775	5,85	2,925
$\Delta U, \text{ В}$	3,51	2,808	2,106	1,404	0,702
$\Delta P, \text{ Вт}$	123,201	98,5608	73,9206	49,2804	24,6402
$\eta_l, \%$	97,8091	98,2395	98,6738	99,1119	99,554
Параметр	Двигатель / Кабель				
	АИР112М4 / АВВГзнг 4х6				
$I, \text{ А}$	14,625	11,7	8,775	5,85	2,925
$\Delta U, \text{ В}$	14,625	11,7	8,775	5,85	2,925
$\Delta P, \text{ Вт}$	513,3375	410,6700	308,0025	205,3350	102,6675
$\eta_l, \%$	91,4634	93,0521	94,6969	96,4010	98,1675
Параметр	Двигатель / Кабель				
	АИР225М4 / АВВГзнг 4х50				
$I, \text{ А}$	128,75	103,0	77,25	51,5	25,75
$\Delta U, \text{ В}$	1,5450	1,2360	0,9270	0,6180	0,3090
$\Delta P, \text{ Вт}$	477,4050	381,9240	286,4430	190,9620	95,4810
$\eta_l, \%$	99,1395	99,3104	99,4819	99,6540	99,8267
Параметр	Двигатель / Кабель				
	АИР225М4 / АВВГзнг 4х70				
$I, \text{ А}$	128,75	103,0	77,25	51,5	25,75
$\Delta U, \text{ В}$	11,0357	8,8286	6,6214	4,4143	2,2071

$\Delta P$ , Вт	3410	2728	2046	1364	682
$\eta_{л}$ , %	94,1619	95,2743	96,4134	97,5800	98,7752

На рисунках 1 и 2 представлены графики зависимости КПД линии передачи для двигателей мощностью 5,5 и 55 кВт соответственно от коэффициента загрузки. Полученные результаты свидетельствуют о том, что для мощных двигателей, находящихся на значительном удалении от питающего трансформатора, КПД линии может снижаться до 93-95% при номинальной нагрузке.



а) двигатель АИР112М4



б) двигатель АИР225М4

**Рисунок 1 - Зависимости изменения КПД линии электропитания от коэффициента загрузки электродвигателя при различных длинах линий питания**

Таким образом можно сделать вывод о том, что для длинных линий питания насосов, кабели которых соответствуют условиям допустимого падения напряжения, необходимо учитывать потери мощности для оценки общих энергетических показателей электропривода.

### Список литературы

1. Дренажные насосы Calpeda (каталог). Электронный ресурс. Режим доступа: [https://calpeda.su/catalog/podbor-nasosa-calpeda/drenazhnye/?PAGEN\\_1=8/](https://calpeda.su/catalog/podbor-nasosa-calpeda/drenazhnye/?PAGEN_1=8/).
2. Хромченко, Г.Е. Проектирование кабельных сетей и проводок. / под общей редакцией Г.Е. Хромченко. – Москва: "Энергия", 1980. – 383 с.

УДК 658.62

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ТОВАРНОЙ ПОЛИТИКИ

Горовенко В. А., ст. преп.  
Михайлова Т. И., студентка

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

*Горовенко В.А., Михайлова Т.И. В статье рассмотрена товарная политика как элемент, играющей ключевую роль в управлении предприятием, затрагивая все аспекты его деятельности. Основной идеей данного научного исследования является раскрытие сущности товарной политики, как экономически значимого и эффективного инструмента управления предприятием и определение критериев оценки ее результативности. Предложена методика формирования товарной политики. И определен базовый критерий оценки эффективности товарной политики. Применение на практике данного критерия оценки товарной политики позволит проводить анализ эффективности товарной политики.*

*Ключевые слова: товарная политика, эффективность, управление товарной политикой, оценка эффективности товарной политики, инструмент маркетинга.*

*Gorovenko V., Mikhailova T. Criteria for evaluating the effectiveness of product policy*

*The article considers the product policy as an element that plays a key role in the management of an enterprise, affecting all aspects of its activities. The main idea of this research is to reveal the essence of product policy as an economically significant and effective tool for enterprise management and to define criteria for evaluating its effectiveness. The method of product policy formation is proposed. And the basic criterion for evaluating the effectiveness of the product policy is defined. The practical application of this criterion for evaluating the product policy will allow analyzing the effectiveness of the product policy.*

*Key words: product policy, efficiency, product policy management, product policy effectiveness assessment, marketing tool.*

**Изложение основного материала.** Для современных предприятий, работающих в высоко конкурентной и динамично развивающейся рыночной среде, обеспечение и поддержание необходимого уровня конкурентоспособности предприятия может быть достигнуто только при грамотном управлении товарной политикой. Она занимает особое место в маркетинге, как система управления производственно - сбытовой деятельностью предприятия.

В общем смысле под товарной политикой понимается маркетинговый инструмент, представленный как совокупность целенаправленных решений и мер в отношении установления оптимального ассортимента продукции, формирования и управления ассортиментом, поддержания качества и конкурентоспособности товаров на соответствующем уровне, создания упаковки и маркировки товаров, разработки марочной политики предприятия[1].

Товарная политика – это комплексная система маркетинговых воздействий, охватывающая следующие направления: регулирование ассортиментной политики, управление жизненным циклом продукции, дифференциация и модификация продукции, повышение конкурентоспособности и качества продукции, формирование бренда и упаковки, предоставление дополнительных услуг, позиционирование продукции на рынке.

Управление продуктовой политикой – это процесс, направленный на повышение конкурентоспособности компании за счет внедрения инструментов товарной политики и воздействия ее руководителей на участников процесса.

Оценка реализации товарной политики должна осуществляться по пяти основным аспектам:

- организация внутренних бизнес-процессов;
- трудовые ресурсы;
- инновации и развитие;
- отношения с потребителями;
- финансовые результаты[2].

Наряду с понятием "товарная политика" используется термин "эффективность", связанный с этим понятием. С латинского (effectus) «эффективность» означает – действие.

Также, учитывая основные направления товарной политики, очевидно, что оценка эффективности товарной политики имеет особую связь с измерением конкурентоспособности.

Анализ научной литературы показал, что оценка эффективности товарной политики и оценка товарной политики в целом является достаточно новым направлением и носит преимущественно описательный характер, в то время как классификация методов оценки практически не встречается в литературе.

Оценка эффективности выполнения товарной политики – это особый функциональный процесс, ориентированный на определение мнений, суждений, результатов и выводов об объекте оценки и его свойствах[1].

Объективность мнений, суждений, результатов и выводов о предмете оценки должна основываться на количественных характеристиках, в некоторых случаях должны применяться качественные характеристики, если некоторые параметры и показатели не могут быть применены для количественного измерения.

Эффективное управление товарной политикой – это направляющий, координирующий и стимулирующий процесс, направленный на повышение конкурентоспособности предприятия за счет улучшения свойств и характеристик

товаров, брендов, упаковки, сопутствующих услуг, основанный на концепции жизненного цикла, формировании ассортимента товаров и контроле качества товаров и услуг; влияние органов управления предприятия на участников процесса с использованием различных методов, экономических регуляторов, норм и стимулов, а также результат взаимодействия между контролируемой и контролирующей системой, отвечающий установленным критериям.

Оценка эффективности товарной политики, как процесса исследования продукции и самого предприятия, а также их взаимодействия с рыночной средой, предусматривает использование соответствующей методологической базы, включающей подходы, принципы и методы и др.[1].

Разные авторы по-разному подходят к выбору показателей для оценки эффективности формирования товарной политики. Одни предлагают выбирать эффективность инвестиционных вложений в качестве показателей, другие - сбалансированность с точки зрения жизненного цикла продукции или аналитические показатели ассортиментного анализа (полнота, глубина, гармоничность).

Таким образом, возникает теоретико-методологическая необходимость разработки и исследования методологических основ процесса разработки товарной политики предприятия данной отрасли.

В структурированном виде предлагаемая методика формирования продуктовой политики представлена в виде многоступенчатого процесса последовательно выполняемых процедур преобразования исходной информации.

На первом этапе на основе анализа проблемной ситуации происходит формулирование задачи формирования комплексной товарной политики[4].

Второй этап включает осуществление поиска источников информации, необходимых для формирования товарной политики. Основная информация на данном этапе подразделяется на: внутреннюю (данные о структуре себестоимости выпускаемой продукции, рациональном использовании производственных мощностей) и внешнюю (данные о состоянии спроса на продукцию и его сезонных колебаниях, структуре потребительских предпочтений, состоянии конкуренции на рынке).

На третьем этапе осуществляется отбор критериев оценки эффективности товарной политики. Показатель EVA (экономическая добавленная стоимость) берется в качестве основного критерия оценки ценности долгосрочной товарной политики компании.

Этот показатель позволяет проводить интегральную оценку факторов, которые фиксируют конечное состояние принимаемых решений. Положительное значение этого показателя свидетельствует об увеличении стоимости компании, а отрицательное – о снижении.

Экономическую добавленную стоимость можно рассчитать по формуле:

$$EVA = EBITDA - WACC * C,$$

где EBITDA – величина доходов до уплаты налогов и процентов;

WACC – средневзвешенная цена капитала;

C – стоимостная оценка капитала в руб.



Из приведенного соотношения видно, что увеличение показателя экономической прибыли достигается за счет снижения стоимости капитала, операционных затрат, избавления от непроизводительных активов.

На четвертом этапе выявляются и анализируются факторы, которые влияют на поведение критерия оценки товарной политики.

Пятый этап включает оценку управляемости и силы влияния выявленных факторов на поведение критерия оценки комплексной товарной политики. Данная оценка проводится с помощью использования метода экспертных оценок.

На шестом этапе происходит разработка программы мероприятий, направленных на повышение эффективности формирования товарной политики предприятия на основе использования методов экспертной оценки.

На седьмом этапе осуществляется оценка экономической эффективности товарной политики от реализации предложенных мер. В качестве базового инструмента оценки эффективности предлагаемых решений используется параметрическая зависимость возможного финансового результата от средств, вложенных в проекты изменений, то есть предельная рентабельность.

На восьмом этапе осуществляется мониторинг за осуществлением предлагаемых мероприятий. Таким образом, предложенный метод представляет собой системную модель последовательного преобразования исходной информации в процессе формирования товарной политики предприятия с учетом фактора сезонности спроса.

Наличие обратной связи между различными этапами процесса формирования товарной политики позволяет оперативно осуществлять корректирующие действия, как при разработке товарной политики, так и при ее реализации[4].

**Выводы.** Проведя данное исследование, были определены основные этапы формирования товарной политики и критерии оценки ее эффективности. Построение универсальной модели формирования эффективности товарной политики достаточно проблематично в связи с наличием множественности и неоднородности, как факторов эффективности, так и самих результатов. Такая модель должна учитывать специфические особенности компании и рынка.

#### Список литературы

1. Барамыко Л. В. Методические подходы к формированию и оценке эффективности товарной политики предприятия [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-formirovaniyu-i-otsenke-effektivnosti-tovarnoy-politiki-predpriyatiya>
2. Щербакова С. Г. Методические подходы к оценке эффективности товарной политики компании.
3. Тихонюк Н. Е., Наянзин Н. Г. Методические основы формирования товарной политики предприятий легкой промышленности [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-osnovy-formirovaniya-tovarnoy-politiki-predpriyatiy-legkoy-promyshlennosti>

УДК 621.74, 629.113

**БОРЬБА С ПРЕЖДЕВРЕМЕННЫМ ВЫХОДОМ ИЗ СТРОЯ  
ПОГРУЖНЫХ ОГНЕУПОРНЫХ СТАКАНОВ  
ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ**

**Ткачев М.Ю., к. т. н., доцент, mishel-tkachev@ya.ru**  
**Стребиж Н.В., ст. преподаватель, strebizsh\_nataly@mail.ru**

*Автомобильно-дорожный институт ГОУВПО «Донецкий национальный  
технический университет», г. Горловка  
кафедра общепромышленных дисциплин*

*Ткачев М.Ю., Стребиж Н.В. Задача выпуска металлургической продукции высокого качества, обеспечиваемого чистотой стали по неметаллическим включениям, физико-химической и структурной однородностью металла, является актуальной задачей в условиях рыночной экономики. Стабильность технологии процесса непрерывной разливки стали во многом предопределена поддержанием заданного уровня расплава в кристаллизаторе, что в свою очередь обуславливается постоянством пропускной способности защитного огнеупорного изделия – погружного стакана, устанавливаемого на участке промежуточный ковш – кристаллизатор МНЛЗ. Преждевременный выход из строя погружных стаканов влечет за собой снижение выхода годного, что отрицательно отражается на экономических показателях технологического процесса. В работе выполнен анализ современных способов борьбы с преждевременным выходом из строя погружных огнеупорных стаканов для непрерывной разливки стали. Показано, что использование манипуляционных систем быстрой смены погружных стаканов является залогом к успеху в вопросе выпуска конкурентоспособной непрерывнолитой заготовки.*

*Ключевые слова: погружной стакан, машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), манипулятор.*

*The task of producing high quality metallurgical products, ensured by the purity of steel in terms of non-metallic inclusions, physicochemical and structural homogeneity of the metal, is an urgent task in a market economy. The stability of the technology of the process of continuous casting of steel is largely predetermined by the maintenance of a given level of the melt in the mold, which, in turn, is determined by the constancy of the throughput of the protective refractory product - the submerged nozzle, installed in the section of the tundish - mold of the continuous casting machine. Premature failure of the submersible nozzles entails a decrease in the yield, which negatively affects the economic indicators of the technological process. The paper analyzes modern methods of combating premature failure of submersible refractory nozzles for continuous casting of steel. It is shown*

*that the use of manipulation systems for quick change of submersible nozzles is the key to success in the production of a competitive continuous cast billet.*

**Keywords:** *submersible nozzle, continuous casting machine (CCM), manipulator.*

**Введение.** Современные тенденции металлургического производства характеризуются задачами непреклонного увеличения производства высококачественной стали с низкой себестоимостью, в том числе для нужд автомобильной промышленности. Поэтому проблема обеспечения разливки длинными сериями выходит в настоящее время на первый план, а с ней – вопрос разработки удовлетворяющих этим требованиям огнеупоров для промежуточных ковшей, особенно погружных стаканов, осуществляющих защиту струи стали, истекающей из промежуточного ковша в кристаллизатор МНЛЗ. Ввиду этого *цель* настоящего *исследования* заключалась в обобщении и систематизации известных современных действенных способов борьбы с преждевременным выходом из строя погружных огнеупорных стаканов, а также выделении наиболее значимых из них.

**Материал и методы.** Итак, наиболее распространенными видами износа погружных стаканов являются следующие:

- зарастание каналов погружных стаканов тугоплавкими соединениями, как правило, с включениями «корольков» металла (рисунок 1);
- эрозия выходных отверстий погружных стаканов и их внутренних каналов;
- эрозийный износ огнеупорных изделий в месте их контакта с шлакообразующей смесью (ШОС), покрывающей мениск стали в кристаллизаторе, ее расплавами и поверхностью жидкого расплава в кристаллизаторе (рисунок 2);
- образование трещин и полное разрушение стаканов из-за теплового удара на начальной стадии разливки, возникающее, как правило, из-за недостаточного предварительного нагрева огнеупорных изделий (рисунок 3) [1].

Практика эксплуатации погружных стаканов показывает, что их износ и зарастание наиболее сильно прогрессируют при разливке высоколегированных марок стали; ферритной стали с 17% хрома (Cr) без алюминия; ферритной стали с 17% хрома, обработанной алюминием и соединением SiCa (в этом случае отложения на внутренних стенках каналов представлены преимущественно тугоплавким соединением глиноземом – оксидом алюминия  $Al_2O_3$ ); ферритной стали, стабилизированной титаном или цирконием. Следует отметить, что наряду с этим даже незначительно наличие атмосферного воздуха в канале огнеупора особенно во время разливки легированных и высоколегированных марок стали вызывает окисление металла, что может повлечь за собой местное разрушение погружного стакана.



*Рисунок 1 – Общий вид отложение тугоплавких соединений на внутренней поверхности глуходонных (верхний ряд) и прямоточных (нижний ряд) погружных стаканов [2, 3]*



*Рисунок 2 – Общий вид погружных стаканов, выведенных из эксплуатации*

*из-за эрозийного износа их шлаковых поясов*



*Рисунок 3 – Общий вид погружных стаканов, выведенных из эксплуатации из-за растрескивания их стенок*

**Результаты исследования.** Многолетний анализ различных литературных источников и результатов патентного поиска по указанной проблеме позволил выделить следующие основные направления в борьбе с преждевременным выходом из строя погружных огнеупорных стаканов:

1. для снижения скорости зарастания каналов огнеупорных изделий тугоплавкими отложениями используют:

- подачу в них инертного газа, например аргона, через осевую полость стопора-моноблока или специальные пористые вставки;

- уплотнение зазора между стаканом-дозатором и погружным стаканом для уменьшения окисления струи металла между промежуточным ковшом и кристаллизатором;

- модификацию, а также модернизацию конструкции погружных стаканов в том числе за счет применения новых материалов (в том числе композитов, газоплотных химически инертных огнеупоров (для снижения диффузии кислорода через разливочную керамику)) и «антиклоггинговых» покрытий при их изготовлении с минимально возможной шероховатостью поверхности (для предотвращения химических реакций между огнеупором и жидкой сталью и уменьшения поверхностного натяжения на границе раздела фаз жидкой стали и огнеупорного материала);

- дополнительный подогрев разливочных каналов огнеупоров в ходе их эксплуатации;

- организацию вихревого движения металла в полости стакана за счет изменения его классической конструкции, что позволяет создать избыточное давление внутри огнеупора и исключить слипание включений благодаря эффекту возникновения центростремительных сил;

- подбор рационального режима раскисления для каждой марки стали;

- меры, направленные на предотвращение переноса ковшового шлака в струю разливаемой стали для сокращения количества экзогенных включений в расплаве;

- поддержание надлежащего перегрева стали в промежуточном ковше и отвод тепла от жидкой стали на участке между промежуточным ковшом и кристаллизатором;

2. для снижения скорости эрозии погружного стакана в зоне шлакового пояса используют:

- автоматическое регулирование положения этой зоны за счет изменения вертикальной ориентации промежуточного ковша в процессе разливки [4];

- модернизацию конструкции стаканов за счет применения вставок из диоксида циркония;

3. для исключения термоудара огнеупоров используют их предварительный подогрев на специальных стендах (рисунок 4).



*Рисунок 4 – Общий вид стенда для разогрева погружного стакана*

Однако все из вышеперечисленных мероприятий не исключают, а лишь замедляют механизмы преждевременного выхода из строя погружных стаканов. В определенном момент времени задача замены огнеупорного изделия становится вновь актуальной. В настоящее время ее проведение на различных отечественных и зарубежных металлургических предприятиях нерационально, как по времени реализации, так и по алгоритму. В ходе замены погружного стакана осуществляется кратковременное перекрытие стопором ручья разливки (рисунок 5), что влечет снижение выхода годного, за счет образования в этот период некондиционного участка заготовки, а также требует дополнительных мер по управлению вторичным охлаждением непрерывнолитой заготовки [5].

Рациональным с точки зрения достижения максимальных технико-экономических показателей непрерывной разливки стали для реализации данной технологической операции следует признать, в соответствии с содержи-

ем работы [1], использование манипуляционных систем быстрой замены погружных огнеупорных стаканов.



*Рисунок 5 – Замена погружного стакана на слябовой МНЛЗ в цехе разливки конвертерной стали ПАО «Северсталь» (г. Череповец, РФ)*

**Выводы.** Таким образом, существующие способы борьбы с преждевременным выходом из строя погружных стаканов для непрерывной разливки стали длинными сериями неотвратно ведут к использованию систем их быстрой смены, которые должны иметь максимальную степень автоматизации и рациональности конструкции с целью исключения тяжелого труда обслуживающего персонала в стесненных условиях.

#### Список литературы

1. Ткачев, М.Ю. Обоснование параметров и совершенствование системы быстрой смены погружных стаканов промежуточного ковша при производстве слябовой заготовки: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 / Ткачев Михаил Юрьевич. – Донецк, 2016. – 215 с.
2. Гидродинамические и физико-химические процессы в промежуточных ковшах для непрерывного литья стали / В.И. Дубоделов, А.Н. Смирнов, В.Г. Ефимова и др. – Киев : Наукова думка, 2018. – 262 с.
3. Пащенко, А.В. Отработка технологии обработки низкокремнистых марок стали кальцийсодержащей проволокой с учетом улучшения технологических параметров разливки стали на МНЛЗ на ОАО «АМК» / А.В. Пащенко, Т.В. Горяинова, В.В. Акулов // Режим доступа – <https://uas.su/conferences/2010/50let/14/00014.php> (по состоянию на 30.10.2020).
4. Автоматическое регулирование шлакового пояса погружного стакана / J. Zhang, S.Q. Zhang, L. Wang et al. // *Металлург.* – 2016. – № 9. – С. 26-29.
5. Шипулин, В.А. Управление вторичным охлаждением в МНЛЗ при замене погружного стакана / В.А. Шипулин, В.И. Дождиков, А.Ю. Васютин // *Сталь.* – 2017. – № 3. – С. 13-14.

УДК 65.014:339.13

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Хоришман П.В.,  
Курган Е.Г. к.э.н., доцент

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

*Хоришман П.В., Курган Е.Г. В статье рассмотрено содержание понятия «управление конкурентоспособностью предприятия». Представлена блок-схема процесса управления конкурентоспособностью предприятия. Целью работы является рассмотрение содержания системы управления конкурентоспособностью предприятия.*

*Ключевые слова: конкурентоспособность, экономика, предприятие, процессы, система управления, рынок.*

*Horishman P., Kurgan E. The article discusses the content of the concept of "enterprise competitiveness management". The block diagram of the enterprise competitiveness management process is presented. The aim of the work is to consider the content of the enterprise competitiveness management system.*

*Key words: competitiveness, economy, enterprise, processes, management system, market.*

На современном этапе развития и формирования рыночной экономики значимой становится проблема обеспечения высокого уровня конкурентоспособности предприятий, что представляет собой одно из условий поддержания позиций компаний на внутреннем и международном рынках. Успех предприятия на рынке обуславливается непрерывным мониторингом позиций на рынке, проведением исследований сильных и слабых сторон, как собственной хозяйственной деятельности, так и соперников, возможностью адаптироваться к изменениям рыночных условий.

Становление теории управления конкурентоспособностью относится к последней четверти XX в. Этим вопросом занимались М. Портер, А. Стрикленд и А. Томпсон, И. Ансофф, довольно широко известным в России. В последнее были проведены исследования в области конкуренции, проделанные российскими учеными, Г. А. Азоровым, А. П. Челенковым, Н. К. Моисеевой, Р. А. Фатхутдиновым, В. Е. Хруцким, А. Ю. Юдановым и др. В развитых государствах эффективный механизм управления конкурентоспособность существует давно, и он отлично отлажен. [1]

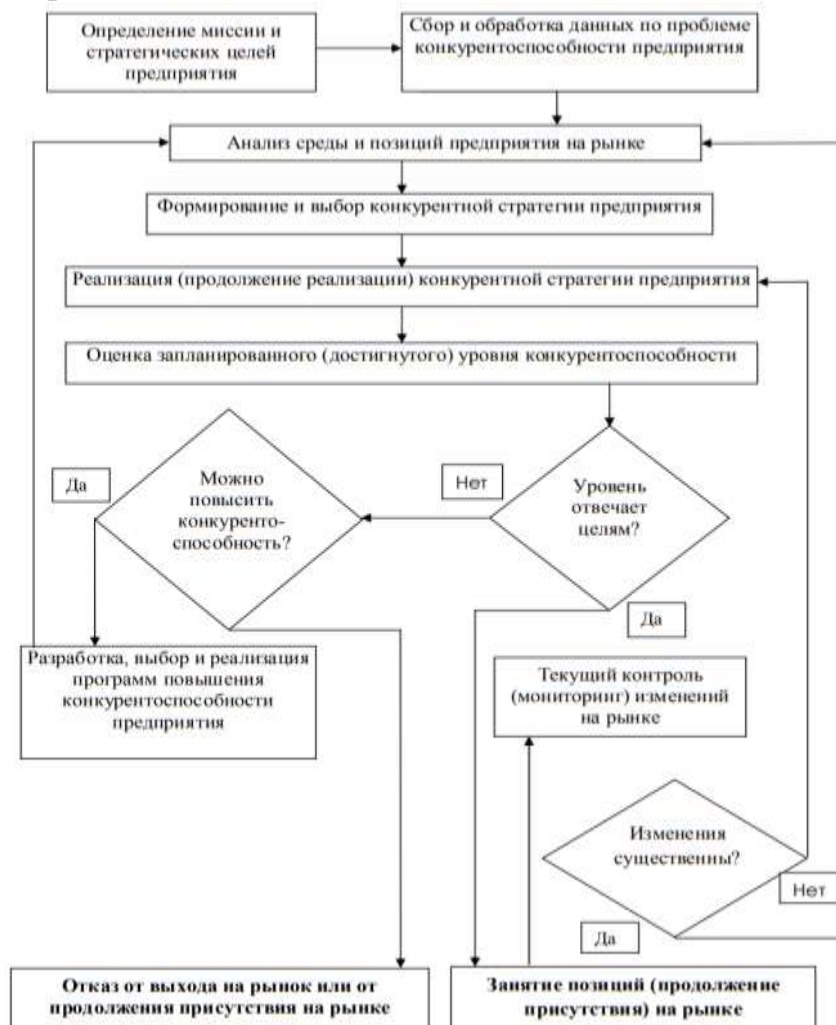
Термин «конкурентоспособность» употребляется применительно и к создаваемой продукции, и к элементам народнохозяйственных систем, т. е. в настоящее время все большее число научных деятелей уделяет внимание во-



просам изучения конкурентоспособности продукции, отдельных компаний, населенных пунктов, регионов, государств, технологий. Данный термин может быть рассмотрен на уровне продукта, предприятия (товаропроизводителя), технологий, цельной отрасли или региона, страны. Конкурентным является продукт, формируемый в рамках бизнес-проекта и способный гарантировать прибыль на конкурентных рынках.

Как система, управление конкурентоспособностью учитывает воплощение ряда процессов и действий, реализующих целенаправленное воздействие на конкурентоспособность предприятия. К ним относятся: установление целей, сбор и обработку предоставленных данных по аспектам конкурентоспособности, формирование, выбор и реализацию конкурентных стратегий предприятия, оценку степени конкурентоспособности (результата реализации конкурентных стратегий), оценку воздействия изменения условий конкурентоспособности, выбор способов управления конкурентоспособностью и способов ее повышения и т. п.

Простая схема управления конкурентоспособностью может быть представлена в виде рис. 1.



*Рисунок 1. – Блок-схема процесса управления конкурентоспособностью предприятия [5]*

Приведенные этапы данного процесса можно поделить на две образующие (группы) – анализ конкурентоспособности предприятия и разработка мероприятий по реагированию на значительные изменения условий деятельности предприятия и их влияния на его конкурентоспособность. [2]

Исследование конкурентоспособности представляет собой сбор и обработку информации (данных) по различным аспектам конкурентоспособности, хорошее исследование влияния разнообразных условий на конкурентоспособность предприятия и количественную оценку (диагностику) ее уровня, текущий контроль (мониторинг) изменений условий деятельности предприятия на рынке.

Мероприятия по реагированию на значительные изменения условий деятельности предприятия и их влияния на его конкурентоспособность включают:

- установление и обоснование в наименьшей степени позвольтельного уровня конкурентоспособности предприятия, который даст возможность ему занять некоторую (запланированную) долю некоторого рынка;
- подбор способов увеличения конкурентоспособности предприятия;
- формирование вариантов (стратегий) увеличения уровня конкурентоспособности предприятия;
- подбор и реализация преимущественно действенного варианта (стратегии).

В перечисленном комплексе этапов и работ, важнейшим этапом является «Сбор и обработка данных». Процесс управления предусматривает получение, переработку, передачу и практическое применение информации:

- о состоянии и условиях определенного рынка и процессов, происходящих в нем;
- об экономической стабильности и платежеспособности партнеров, клиентов, конкурентов;
- о позиции предприятия на рынке;
- об обеспечении запросов и ожиданий потенциальных потребителей, и их восприятия операторов-конкурентов.

Результатом выполнения этапа «Сбор и обработка данных» должна быть четкая информация о потребностях рынка, а также осведомленность о состоянии его конкурентной среды. Информация, полученная на этом этапе, должна быть достоверной, качественной и полной. [4]

Под системой управления конкурентоспособностью предприятия понимают совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, рычагов и стимулов, необходимых для создания и реализации условий, способствующих созданию конкурентных преимуществ предприятия в настоящей или будущей бизнес-среде.

Главной целью системы управления конкурентоспособностью предприятия является обеспечение его жизнеспособности и устойчивого функционирования при любых организационно-экономических, политических, социальных и других изменениях в его внутренней и внешней среде.

Для ее достижения управление конкурентоспособностью предприятия должно быть направленно на:

- нейтрализацию (преодоление) или же ограничение числа негативных (деструктивных) условий воздействия на уровень конкурентоспособности предприятия путем развития защиты против них;
- применение положительных внешних условий воздействия для наращивания и реализации конкурентоспособных преимуществ предприятия;
- воспроизводство и наращивание конкурентоспособности предприятия на основе формирования его топ-характеристик, рыночно-продуктовой и пространственно-временной его адаптации к изменениям внешней среды;
- обеспечение гибкости административных операций и решений, их синхронизацию с динамикой воздействия отрицательных и положительных факторов конкурентной борьбы на определенном рынке.

В системе управления конкурентоспособностью предприятия объектом управления считается степень конкурентоспособности, необходимый и достаточный для обеспечения жизнедеятельности предприятия как субъекта экономической деятельности и экономические отношения между хозяйствующими субъектами в процессе осуществления экономической деятельности. [3]

Субъектом управления в системе управления конкурентоспособностью предприятия представляется некоторое общество (владелец, старший руководящий персонал, менеджеры операционных подразделений, менеджеры-экономисты консалтинговых компаний и т. д.), которое с поддержкой разнообразных приемов и методов управления реализовывают целенаправленное влияние на объект управления, с целью реализации его задач.

Современная концепция, управления конкурентоспособностью находится на этапе собственного развития, предусматривающем модификацию конфигураций и методов менеджмента в направлении успешной реализации конкурентных положительных сторон конкурентного потенциала, конкурентных стратегий, которые в свою очередь, оказывают значительное влияние на конкурентоспособность предприятия, устанавливая на рынке его конкурентный статус. Управление конкурентоспособностью является сложной задачей, которая реализуется на предприятии при помощи определенных управленческих действий.

#### Список литературы

1. Грязнова А.Г., Юданов А.Ю. Микроэкономика. Практический подход. – М.: КноРус., 2011.
2. Ильичева И. В. Маркетинг: учебно-методическое пособие / Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 229 с.
3. Лазаренко А. А. Методы оценки конкурентоспособности / А. А. Лазаренко // Молодой ученый. — 2014. — №1. — С. 374-377.
4. Микроэкономика. Учебник/ под ред. Г.А. Родиной, С.В. Тарасовой. – М.: Юрайт, 2012.
5. Поляничкин Ю. А. Методы оценки конкурентоспособности предприятий/ Ю. А. Поляничкин // Бизнес в законе. — 2012. — №3. — С. 191-194.