



ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ

БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ
«СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

НАУКА И ИННОВАЦИИ XXI ВЕКА

Материалы X Всероссийской конференции молодых ученых

Сургут
2024

УДК 001 (063)
ББК 72
Н 34

Н 34 Наука и инновации XXI века: Сборник материалов X Всероссийской конференции молодых ученых, Сургут, 15 декабря 2023 г. / Редактор А. А. Исаев; Сургутский государственный университет. – Сургут: СурГУ, 2024. – Ч. 2. Естественные науки. – 190 с.

В сборнике представлены материалы X Всероссийской конференции молодых ученых, ориентированной на формирование исследовательской и инновационной активности в сфере образования и науки; создание условий для обмена опытом; выявление и систематизацию актуальных проблем и приоритетов современного знания в области формальных, естественных, социальных и гуманитарных наук.

Издание предназначено для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов; для всех, кого интересуют фундаментальные и теоретические проблемы современной науки, прикладные исследования и перспективы инновационной деятельности.

УДК 001 (063)
ББК 72

СОДЕРЖАНИЕ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

ФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ ВОЗДУХА И РАСТВОРА САХАРА В ВОДЕ <i>Абдуллаева Г.А., Заводовский А.Г.</i>	7
ВРАЩЕНИЕ ГАЗОВОЗДУШНОГО ПЛАМЕНИ МЕЖДУ ДИСКАМИ <i>Ахроров И.И., Семенов О.Ю., Алексеев М.М.</i>	11
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТ И МОЩНОСТИ СВЧ-ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО ПЛАСТА ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ РАЗОГРЕВЕ <i>Джариев И.Э., Петров Е.А., Ельников А.В.</i>	15
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФРОНТА ПЛАМЕНИ ПО СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ ПРОПАНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ <i>Керимов А.Ш., Алексеев М.М., Семенов О.Ю.</i>	19
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ СМЕСИ ГАЗОВ В МИКРОКАНАЛЕ <i>Левецкий Д.О., Алексеев М.М., Семенов О.Ю.</i>	23
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА <i>Муругов Д.А.</i>	27
ПРИМЕНЕНИЕ ДЕТАНДЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ ГАЗА <i>Муругов Д.А.</i>	31
ОБЪЕМНАЯ ЗОНА ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ СВЧ ИЗЛУЧЕНИИ ГАЗОГИДРАТНОГО ПЛАСТА <i>Петров Е.А., Джариев И.Э., Ельников А.В.</i>	34
ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ФРОНТА ПЛАМЕНИ В ТРУБЕ С КРУГЛОЙ ПЕРЕГОРОДКОЙ <i>Пирмагомедов А.А., Семенов О.Ю., Алексеев М.М.</i>	37
РАЗВИТИЕ ГАЗООХЛАЖДАЕМЫХ РЕАКТОРОВ <i>Селендюкова О.О.</i>	41
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕТАНДЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКИХ ГАЗОВ <i>Муругов Д.А.</i>	44

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ТОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА УЧЕБНЫХ ТЕКСТОВ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ <i>Гончаров А.Р., Лысенкова С.А.</i>	47
---	----

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ <i>Дюкин И.Р., Храпцов К.В.</i>	52
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТА НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ <i>Поддубный И.В., Ассенгеймер Д.Э.</i>	55
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВРАЩЕНИЯ СМЕСИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА <i>Постовой А.А.</i>	56
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Ряжских А.И., Дмитриенко В.А.</i>	61
АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЦБ <i>Шулякевич Е.Е., Рыжов Н.А.</i>	66
PC-CONSTRUCT AND RELAX – ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СБОРКИ СОВМЕСТИМЫХ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ПК <i>Шумский Д.И., Назина Н.Б.</i>	69
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В НЕФТИ <i>Комирчая И.В.</i>	72
<i>ПОЖАРНАЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА <i>Ахатова Л.Д., Фомина Е.Р.</i>	76
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПРЕПЯТСТВЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ЗДАНИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ <i>Канаилов А.С., Фаясов А.П., Мартынова Д.Ю.</i>	81
АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ СО СМЕРТЕЛЬНЫМ ИСХОДОМ ПО ДАННЫМ РОСТЕХНАДЗОРА ЗА 2011-2022 гг. <i>Карпенко И.Е., Кузнецова Ю.В.</i>	85
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ ПЯТОГО КЛАССА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ <i>Китикова А.А., Фомина Е.Р.</i>	91
РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕЗЕРВУАРОВ – ОТСТОЙНИКОВ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ <i>Мягких К.П., Лысенкова А.В.</i>	96
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ СОТРУДНИКОВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ (2019-2023 гг.) <i>Мягких К.П.</i>	98

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ <i>Орунбаев С.К.</i>	103
ПОВЫШЕНИЕ КУЛЬТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ <i>Пронин А.С., Андреева Т.С.</i>	106
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ЖИДКОСТИ <i>Фомина Е.Р., Ионова Т.С.</i>	109
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА <i>Фомина Е.Р., Лазар А.В.</i>	114
ПОВЫШЕНИЕ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ <i>Фомина Е.Р., Москаленко Н.С.</i>	119
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ <i>Хакимова Л.А., Андреева Т.С.</i>	123
<i>БИОЛОГИЯ</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКА И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ МОБИЛЬНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ <i>VIBRIO CHOLERAЕ</i> <i>Гапурова А.Х.</i>	127
ВЛИЯНИЕ ВОДЫ ИЗ РЕКИ САЙМА НА ГИДРОБИОНТОВ <i>Загирова Н.С.</i>	132
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСТРАКТ-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА КЛЕТКИ ЧЕЛОВЕКА <i>Искужина Л.И., Рожин А.О.</i>	138
ПОЧВЫ ГОРОДА СУРГУТА <i>Калимуллина А.Р.</i>	142
АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ <i>Мельник М.В.</i>	145
КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ <i>Петрешина М.А.</i>	149
МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА «КАМЕННЫЙ МЫС» <i>Речебакиева А.И., Сарapultьцева Е.С.</i>	153

ОЦЕНКА УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ У СТУДЕНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ <i>Сафронова М.Л., Морозкина А.В.</i>	158
<i>ЭКОЛОГИЯ</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АУТОЭКОЛОГИИ <i>Еськов В.В., Газя Н.Ф., Кухарева А.Ю., Газя Г.В., Самойленко И.С.</i>	162
СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА <i>THYMUS VULGARIS L.</i> В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ <i>Мулюкин М.А., Бараненко Д.А., Кравченко И.В., Булатова Е.В., Самойленко З.А., Гулакова Н.М., Макарова Т.А.</i>	165
РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРИМЕНЕНИЮ БАКТЕРИИ <i>ALCANIVORAX BORKUMENSIS</i> И НАНОТРУБОК ГАЛЛУАЗИТА ДЛЯ БИОДЕГРАДАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ БУРОВЫХ ШЛАМОВ <i>Рожин А.О., Фахруллина Г.И.</i>	168
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА <i>Янгличева Ю.Р.</i>	171
<i>МЕДИЦИНА</i>	
ОЦЕНКА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ, ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ, ТЕЧЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ И ИСХОДОВ, А ТАКЖЕ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ГСД У ЖЕНЩИН С УГРОЗОЙ ПРЕРЫВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ ВО ВТОРОМ ТРИМЕСТРЕ ГЕСТАЦИИ <i>Афоница В.А., Мальшикина А.И., Батрак Н.В.</i>	174
ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У ЖЕНЩИН С ГСД И УГРОЗОЙ ПРЕРЫВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ ВО ВТОРОМ ТРИМЕСТРЕ <i>Батрак Н.В., Афоница В.А., Мальшикина А.И.</i>	178
МИКРОДОЗИНГ МУХОМОРА КРАСНОГО. ФОРМИРОВАНИЕ ШИЗОФРЕНОПОДОБНОГО РАССТРОЙСТВА НА ПРИМЕРЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ <i>Ревечук И.В., Новиков А.П., Чернова Н.А., Кузьмина И.О., Мельникова Д.О., Чернов В.В.</i>	181
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ, ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ <i>Симонова В.Г.</i>	188

УДК 796.011.1.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ НА ГРАНИЦЕ ВОЗДУХА И РАСТВОРА САХАРА В ВОДЕ

*Абдуллаева Г.А., Заводовский А.Г.
Сургутский государственный университет*

Аннотация. В работе исследовалась зависимость коэффициента поверхностного натяжения на границе воздух – водный раствор сахара от концентрации сахара в интервале от 0 до 35% методом вращающейся капли при температуре 20°C с помощью тензиометра SDT фирмы KRUSS (Германия).

Анализ опытных данных показал, что с увеличением концентрации сахара, который является поверхностно-нейтральным веществом (ПНВ) в водном растворе коэффициент поверхностного натяжения остается величиной постоянной и равен $71,7 \pm 3,6$ мН/м.

Ключевые слова: поверхностное натяжение; водный раствор сахара; поверхностно-неактивное вещество; метод вращающейся капли.

Введение. У поверхности любой жидкости имеется очень важное свойство – поверхностное натяжение, которое определяется силой взаимодействия между молекулами жидкости и соседней фазы (воздухом, раствором и т.п.). Поверхностное натяжение имеет большое практическое значение в различных отраслях промышленности и науки [1].

Определение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от концентрации сахарного раствора является актуальным в нескольких направлениях:

1. Пищевая промышленность. Экспериментальное изучение поверхностного натяжения водного раствора сахара может помочь в оптимизации процесса производства и контроле качества продуктов, таких как сладкие конфеты, напитки и другие сахаристые продукты. Знание влияния концентрации сахара на поверхностное натяжение позволяет точно определить оптимальный уровень сахара для получения желаемых свойств продукта.

2. Физическая химия и жидкостная динамика. Исследование зависимости между концентрацией и поверхностным натяжением важно для понимания физико-химических свойств растворов и поверхностей. Это имеет значение при изучении свойств поверхностей, структур и взаимодействий молекул.

3. Биология и медицина. Зависимость между концентрацией сахара и коэффициентом поверхностного натяжения играет значимую роль в биологических системах, таких как клетки и биологические мембраны. Изучение этой зависимости может помочь в понимании физиологических процессов и функций клеток.

4. Научно-исследовательская работа. Изучение зависимости концентрации сахара и поверхностного натяжения – актуально для проведения новых экспериментов, разработки материалов и предсказания свойств растворов в различных условиях.

В целом, определение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от концентрации сахарного раствора имеет практическую и научную значимость в различных областях, связанных с химией, биологией и промышленностью.

Для определения коэффициента поверхностного натяжения используют различные экспериментальные методы, а именно: метод вращающейся капли, метод Янга-Лапласа, метод Вильгельми и др. Одним из самых чувствительных среди них является метод вращающейся капли, который позволяет измерять малые значения коэффициента поверхностного натяжения на границе газ-жидкость, жидкость-жидкость. Для определения коэффициента поверхностного натяжения в этом случае используется уравнение Воннегута [2]:

$$a = \frac{\omega^2 \Delta \rho r_0^3}{4}$$

где ω – частота вращения капли, $\Delta \rho$ – разность плотностей газа X и жидкости Y, r_0 – радиус вращающегося пузырька газа X в жидкости Y.

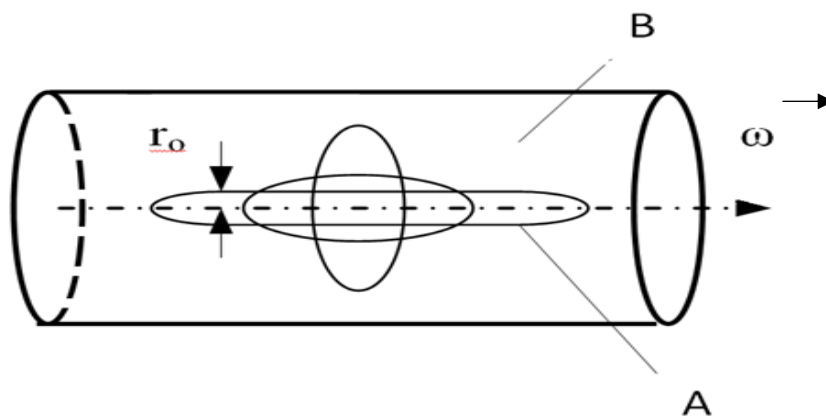


Рис. 1. Метод вращающейся капли

Экспериментальные результаты и их анализ. В работе для определения коэффициента поверхностного натяжения на границе воздух – водный раствор сахара использовался тензиометр SDT, в работе которого применяется метод вращающейся капли. Этот прибор состоит из системного блока, монитора, главной консоли и термостата.

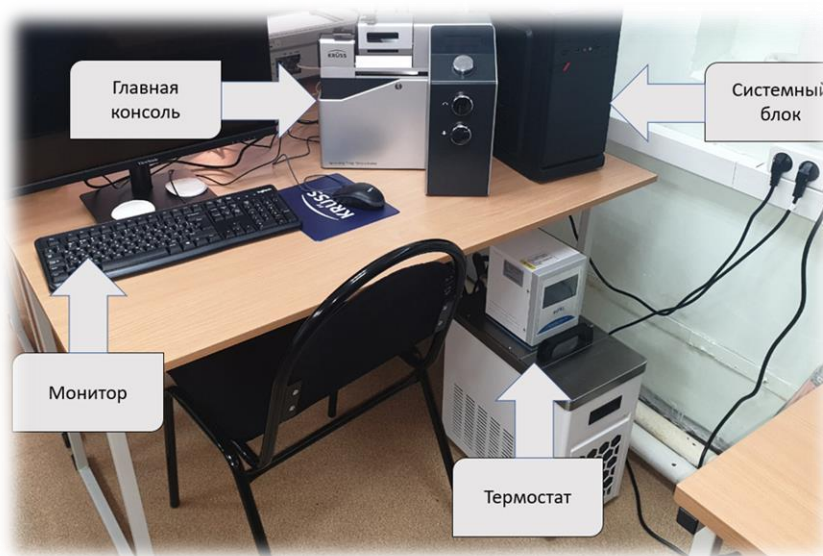


Рис. 2. Тензиометр SDT

Тензиометр SDT имеет закрытый корпус, в котором закреплены компоненты прибора. Все элементы контроля (дисплей, кнопки управления и вращающиеся ручки) расположены справа на панели управления. Вращающиеся ручки управляют двигателями для вращения капилляра, наклоном рабочей камеры и положением видеокамеры. Кнопки под дисплеем дают доступ к меню SDT и используются для базовых настроек скорости вращения, температуры и подсветки капилляра. Блок наклона размещен позади блока управления. Камера для образца расположена в центре блока наклон. Видеокамера, которая работает параллельно блоку наклона, имеет положение парковки ниже дисплея блока управления.

Для выполнения работы были приготовлены растворы сахара различной концентрации в интервале от 0 до 35%. После приготовления раствора рабочая кювета (капилляр) заполнялась полученной жидкостью. Затем пузырек воздуха (легкая фаза) с помощью шприца с иглой через заглушку создавался в этой жидкости (рис. 3).



Рис. 3. Капилляр в системе с заглушкой

Экспериментальные результаты и их анализ. Эксперименты выполнялись при температуре 20°C. Опытные результаты представлены в таблице 1 и на рис. 4.

Таблица 1.

с, %	0	5	10	15	20	25	30	35
σ , мН/м	73	64,1187	71,0955	76,9997	76,824	70,9124	74,5129	66,3486

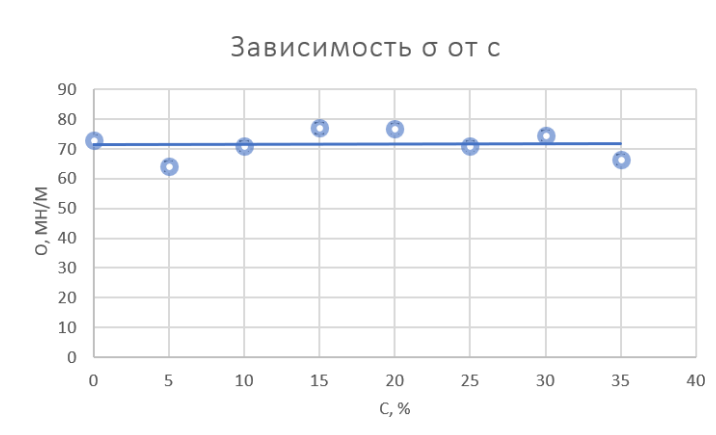


Рис. 4. Зависимость поверхностного натяжения на границе водный раствор сахара и воздуха от концентрации сахара

Анализ опытных данных показывает, что коэффициент поверхностного натяжения с увеличением концентрации сахара в водном растворе не изменяется в данном интервале концентраций при 20°C и составляет $71,8 \pm 3,6$ мН/м. Сахар является малоактивным веществом и поверхностное натяжение его водного раствора на границе с воздухом не должно зависеть от содержания сахара в растворе. В работе [3] показано, что при этой же температуре и концентрации раствора 55% поверхностное натяжение составляет 76,45 мН/м, что отличается от полученного в нашей работе результата. Скорее всего, это связано с тем, что в работе [3] исследования проводились для пересыщенного раствора сахара.

Заключение. Методом вращающейся капли с помощью тензиометра SDT фирмы KRUSS была определена зависимость коэффициента поверхностного натяжения на границе раздела воздух и водный раствор сахара при температуре 20°C от концентрации сахара в интервале от 0 до 35%. Показано, что коэффициент поверхностного натяжения в пределах погрешности в данном интервале концентраций остается величиной постоянной и равной $71,7 \pm 3,6$ мН/м. Это значение в пределах погрешности близко к данным, приведенным в работе [3]; отличие в том, что в этой работе использовался перенасыщенный раствор сахара.

Литература:

1. Попов В. Д Основы теории тело- и массообмена при кристаллизации сахарозы. М.: Пищевая промышленность, 1973. 300 с.
2. Vonnegut В. Rotating bubble method for the determination of surface and interfacial tensions // Research and development laboratories, HartfordEmpire Company. Connecticut, 1942. V. 13. P. 6–9.
3. Дубровский И. М., Егоров Б. В., Рябошапка К. П. Справочник по физике. Киев: Наукова думка, 1986. 280 с.

УДК 536.46, 520.33

ВРАЩЕНИЕ ГАЗОВОЗДУШНОГО ПЛАМЕНИ МЕЖДУ ДИСКАМИ

*Ахроров И.И., Семенов О.Ю., Алексеев М.М.
Сургутский государственный университет*

Аннотация. Изучено горение газовых смесей различной концентрации между параллельными дисками. Обнаружено вращение отдельных участков горения смеси после разделения основного кольцевого пламени в экспериментальной камере сгорания. Предложен способ управления процессом вращения пламени с помощью изменения концентрации газовой смеси и кольцевой перегородки с отверстием.

Ключевые слова: параллельные диски; камера сгорания; концентрация газовой смеси; вращение пламени; кольцевая перегородка; цифровая фотосъемка.

Авторами научных работ [1, 2] установлено, что на скорость вращения пламени влияет скорость подачи газовой смеси, приводящая к срыву и прекращению горения смеси. В работах [3–5] исследовалось вращающееся пламя в радиальной камере сгорания по периметру плоских дисков при движении фронта пламени по горючей пропано-воздушной смеси.

В работе [6] представлены экспериментальные исследования структуры и параметров пламени между плоскими дисками, проверялась возможность самопроизвольного формирования вращающихся пламен из кольцевого в процессе уменьшения расхода горючей смеси. Предположение о такой возможности основывалось на аналогии с явлением спинового движения, возникающего в условиях, приводящих к снижению скорости горения [7, 8]. Снижение скорости горения за счёт снижения расхода горючего в камере сгорания должно приводить к переходу одномерного фронта пламени во вращающийся. Образование нескольких участков фронтов горения возникает в дефлаграционной области скоростей до величин, при которых в камере сгорания существование самоподдерживающегося стационарного горения из-за потерь энергии является невозможным.

На экспериментальной установке описанной в данной работе проверялась возможность получить вращающиеся пламена при стационарном состоянии горючей газовой смеси после заполнения внутреннего пространства между плоскими прозрачными дисками (рис. 1).

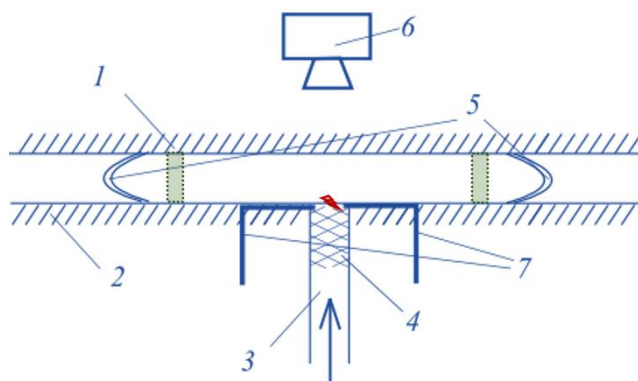


Рис. 1. Схема установки для проведения экспериментов (вид сбоку):

1, 2 – стеклянные диски-пластины камеры сгорания с перегородкой, 3 – трубка подачи смеси, 4 – пламегаситель, 5 – радиальный фронт пламени; 6 – фотокамера, 7 – электроды

Фотографирование процесса вращения пламени выполняли цифровой камерой через прозрачную стеклянную пластину. Фотокамера с функцией видеозаписи устанавливалась на определенной регулируемой высоте над пластинами установки, что позволяло охватить всю площадь пластин установки. Размеры круглых пластин были одинаковы, расстояние между ними регулировали подбором и заменой металлических калибровочных шайб.

В лабораторном газометре смешивали газ-пропан и атмосферный воздух, создавая горючую смесь выбранной концентрации. Для предотвращения обратного движения пламени в камеру сгорания в газовой трубке подачи топлива устанавливали пламягаситель, выполненный из металлической проволоки малого диаметра. Объем подаваемой смеси контролировали газовым расходомером. Смесь воспламеняли электрическим разрядником, пламя расходилось от центра нижнего диска к периферии и свободно выходило в атмосферу.

В нескольких опытах применяли газовые смеси с разным содержанием пропана в воздухе, от стехиометрических до смесей с концентрационными пределами, что влияло на устойчивость поверхности фронта пламени. В некоторых случаях заполнение камеры сгорания обогащенными или обедненными газовыми смесями приводило к равномерному увеличению размеров кольцевого пламени, а затем к проявлению вихреобразования и разрывам на участках фронта пламени.

После сгорания кольцевого пламени между дисками оставались мелкие участки горения газов, движущиеся в одном направлении. Возникновение турбулентности возле открытых краев пластин камеры сгорания влияло на разделение фронта пламени на отдельно вращающихся участках с частотой от 15 до 60 Гц, как по часовой стрелке, так и против.

Линейные скорости вращения отдельных дуг пламени находились в диапазоне 0.2–1.4 м/с. После возникновения вращающихся пламен происходило догорание пропано-воздушного горючего и дуговых участков пламени по краям дисков с формированием складок на поверхности фронта пламени (рис. 2).

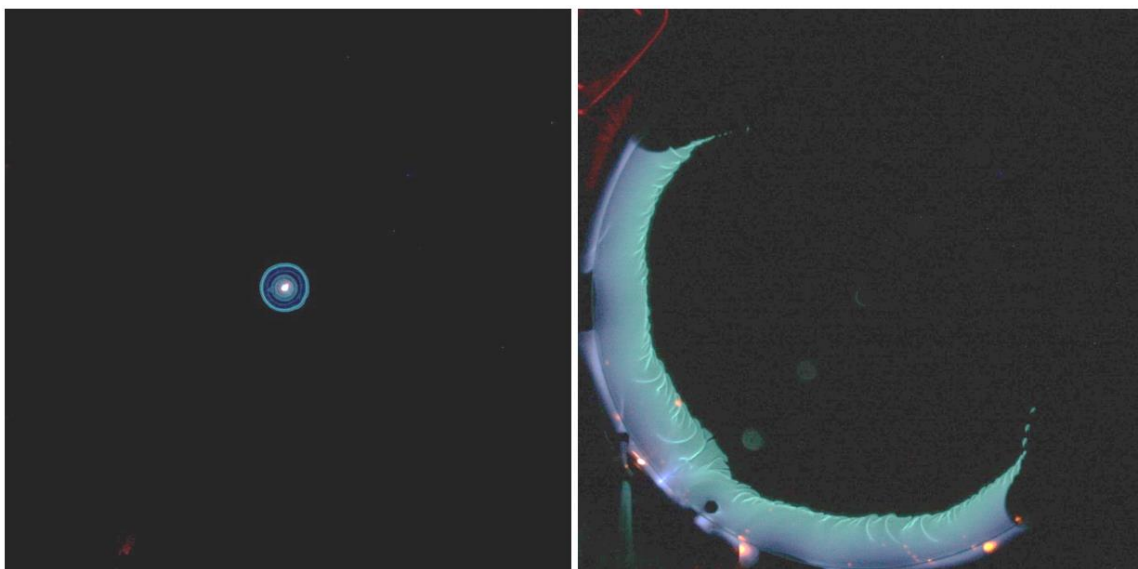


Рис. 2. Начальное и конечное положение фронта пламени в камере сгорания

На рис. 3 показана серия фотографий вращения дугообразного фронта пламени по часовой стрелке, разноцветными стрелками отмечены элементы камеры сгорания и направление движения фронта пламени.

Вращение отдельных участков фронта пламени приводило к образованию дуговых пламен и, затем, к их угасанию по мере уменьшения энергии. Дальнейшее увеличение скорости вращения фронта пламени способствовало его погасанию.

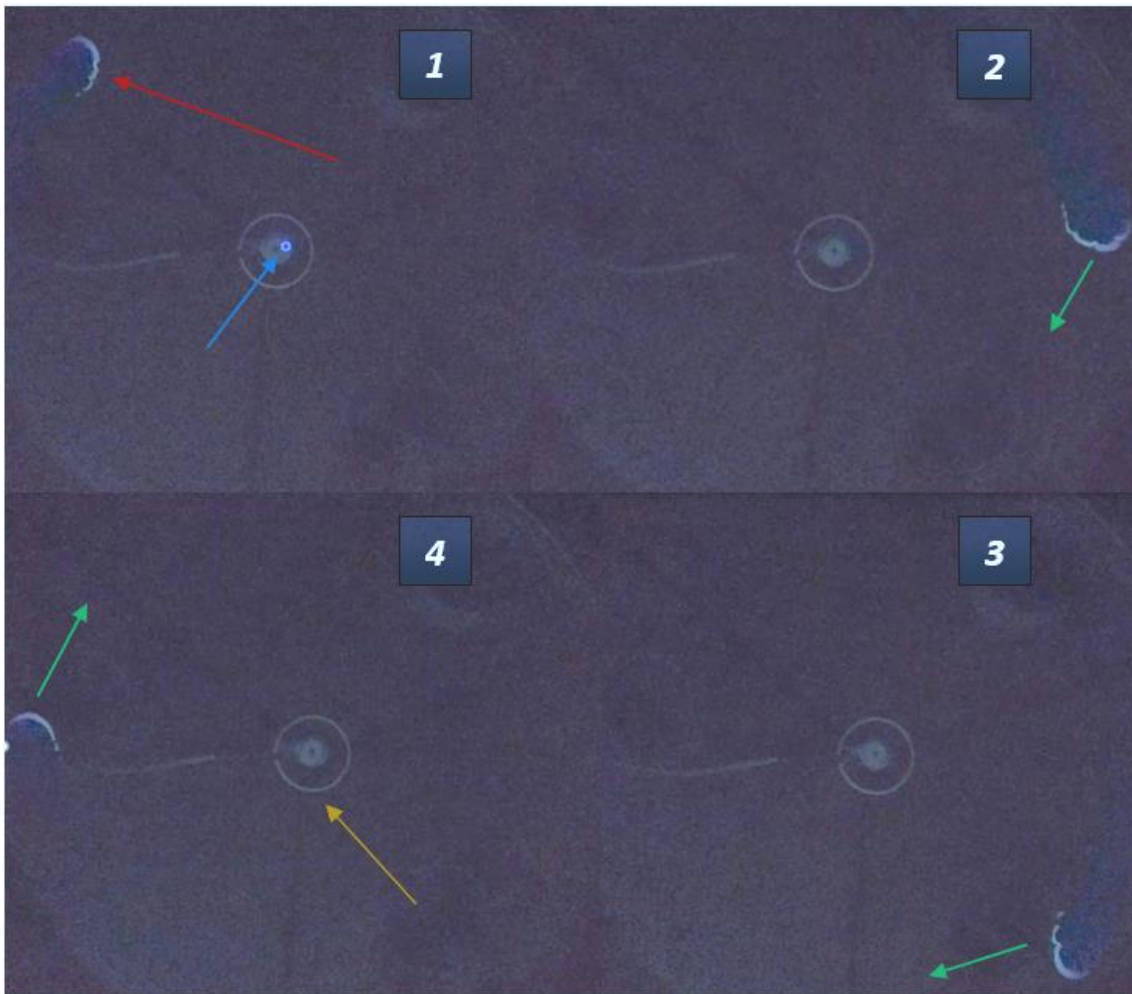


Рис. 3. Фотографии дуги фронта пламени, вращающегося между дисками по часовой стрелке относительно центра; стрелками отмечены: красная – фронт пламени, синяя – начальное развитие пламени, зелёные – направление вращения, оранжевая – кольцевая перегородка с вырезом

Экспериментальные результаты, представленные в статье, описывают вращение фронта пламени в зависимости от содержания пропана в газовой смеси между плоскими дисками. Обнаружен переход кругового пламени в отдельные вращающиеся дуговые пламена на краях пластин камеры сгорания. Показана возможность управления процессом вращения пламени и его затуханием с помощью изменения концентрации газовой смеси и установки кольцевой перегородки с отверстием. Полученные результаты могут применяться для создания газовых горелок на природном топливе.

Литература:

1. Валаев А. А. Трансформации пламен при изменениях расхода в кольцевой камере сгорания // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2013. Т. 14. Вып. 1. Электронный журн. – URL: <http://chemphys.edu.ru/media/files/2013-02-21-001.pdf>.
2. Замашиков В. В. Газовые вращающиеся пламена // Физика горения и взрыва. 2003. Т. 39. № 2. С. 9–10. – URL: <http://www.kinetics.nsc.ru/comp/comp2005/kor9.pdf>.
3. Jang H. J., Jang G. M., Kim N. I. Unsteady propagation of premixed methane / propane flames in a mesoscale disk burner of variable-gaps. Proc. Combust. Inst. 2019 (37). P. 1861–1868.
4. Fernandez-Galisteo D., Kurdyumov V., Ronney P. Analysis of premixed flame propagation between two closely-spaced parallel plates. Combustion and Flame. 2018 (190). P. 133–145.
5. Зельдович Я. Б. Избр. тр. Химическая физика и гидродинамика. Теория предела распространения тихого пламени. М: Наука, 1984. С. 233–246.
6. Самсонов В. П. Механизм формирования спиновоего фронта пламени / В. П. Самсонов, М. М. Алексеев, И. В. Смирнова // Успехи физических наук. 2011. Т. 181. № 9. С. 965–972. – DOI: 10.3367/UFNr.0181.201109d.0965.
7. Alexeev M. M., Semenov O. Yu., Yakush S. E. Experimental study on cellular premixed propane flames in a narrow gap between parallel plates. Combust. Sci. Technol. 2018 (191). № 7. P. 1256–1275. – DOI: 10.1080/00102202.2018.1521394.
8. Yakush S. E., Semenov O. Yu., Alexeev M. M. Premixed propane-air flame propagation in a narrow channel with obstacles. Energies. 2023. V. 16. № 3. Paper 1516. P. 1–19. – DOI: 10.3390/en16031516.

УДК 532.546:537.531:537.87

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТ И МОЩНОСТИ СВЧ-ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО ПЛАСТА ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ РАЗОГРЕВЕ

*Джариев И.Э., Петров Е.А., Ельников А.В.
Сургутский государственный университет*

Аннотация. Электромагнитный разогрев, как и микроволновое излучение, является одним из новейших и наиболее перспективных методов термического повышения нефтеотдачи пластов для добычи тяжелой нефти. Основой метода является снижение вязкости тяжелой нефти для улучшения ее подвижности к добывающей скважине. Использование электромагнитной энергии оказалось особенно привлекательным из-за ее преимуществ по сравнению с традиционными методами рекуперации тепла. В работе проведены численные исследования нагрева пластов с высоковязкой нефтью при воздействии высокочастотным электромагнитным полем. Исследования проводятся при частоте электромагнитного поля 1000 МГц. Построена математическая модель электромагнитного воздействия включает в себя уравнение теплопроводности с распределенными источниками тепла. В постановке задачи учитываются эффекты термического расширения нефти, зависимость вязкости пластовой жидкости от температуры, влияние скважин окружения на нестационарные поля давлений и температуры вокруг добывающей скважины с тепловым воздействием.

Ключевые слова: математическая модель; высоковязкая нефть; сверхвысокочастотное электромагнитное воздействие; технологии повышения нефтеотдачи.

Введение. Мировые запасы легкой нефти сокращаются, а спрос на ископаемое топливо растет. Поскольку ископаемое топливо необходимо использовать в течение многих лет, крайне важно использовать альтернативные источники легкой нефти, такие как тяжелая нефть, битум и горючий сланец. Поскольку месторождения тяжелой нефти содержат больше технически извлекаемых запасов, чем обычные нефтяные месторождения, их разработка является важной стратегической задачей, которая была актуальна для научного и инженерного сообщества в течение нескольких последних десятилетий. Однако извлечение тяжелой нефти затруднено из-за высокой вязкости и плотности таких нефтей [1].

Добыча нефти из пластов тяжелой нефти в основном осуществляется термическими методами, снижая ее вязкость и улучшения вытеснения жидкости внутри пласта по направлению к эксплуатационной скважине. В последние годы наблюдается интерес к использованию метода электромагнитного нагрева для решения многих из этих проблем. Основной целью этого процесса является подача тепла в пласт для значительного повышения температуры и улучшения физических и химических свойств нефти на основе преобразования энергии электромагнитного излучения в тепло.

Поглощение электромагнитных волн зависит от типа материала, присутствующего в пласте. Полярные молекулы и диэлектрический материал поглощают электромагнитную энергию и преобразуют ее в тепло за счет ударов, трения соседних молекул. Поглощение электромагнитных волн и выделение тепла в нефтяных пластах зависят от присутствия в нефти полярных материалов, таких как асфальтен и смола. Когда полярные молекулы находятся под действием колеблющегося электрического поля (из-за электромагнитных волн),

они начинают выравниваться в направлении электрического поля. Из-за колебаний генерируется электрический дипольный момент. Кинетическая энергия увеличивается, и за счет трения между этими молекулами выделяется тепло, а температура повышается из-за линейной зависимости между температурой и кинетической энергией [2].

Ограниченное применение этого метода в полевых условиях показало, что метод экономически целесообразен и имеет меньше экологических проблем, чем обычные методы термического воздействия [3].

Постановка задачи. В данной работе построена математическая модель, состоящая из уравнения для электромагнитного поля с учетом объемного тепловыделения в среде, уравнения теплопроводности с учетом фазовых переходов и уравнения пьезопроводности. Эффективная зона нагрева, отражающая влияние частоты и времени нагрева, является лучшим показателем для оценки тепловой эффективности электромагнитного нагрева. Текущая модель также предлагает простой метод оценки числа поглощения энергии по асимптотическому решению в течение длительного времени [4–6].

Увеличение частоты и мощности электромагнитного излучения может расширить диапазон нагрева пласта, также это приводит к повышению температуры пласта и облегчить поступление тяжелой нефти. Однако важно отметить, что после определенного момента преимущества увеличения мощности и частоты становятся ограниченными и могут привести к чрезмерно высокой температуре тяжелой нефти.

Результаты моделирования. Математическая постановка задачи в полном объеме представлена в статье [7]. Выделим основные моменты. В результате численного моделирования были графически получены поля температур, давления, вязкости и скорости фильтрации нефти в пласте. На рисунках ниже показаны кривые распределения давления, температуры и вязкости вдоль скважины при различных временных интервалах.

На рис. 1 приведены зависимости температуры пластовой жидкости от радиального расстояния. Нагрев производится в течение 30 суток. Далее источник электромагнитного разогрева находится в выключенном состоянии. Температурная зависимость пластового флюида позволяет определить характер изменения состояния текучести вязкой нефти в призабойной зоне скважины, внутри которой находится источник излучения.

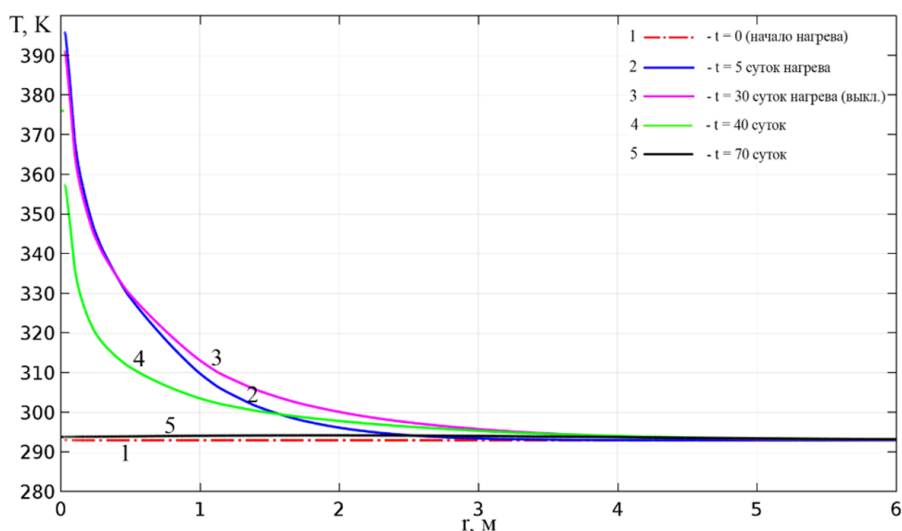


Рис. 1. Изменение температуры в нефтяном пласте от радиального расстояния (параметры источника излучения: $W = 10$ кВт, $f = 1$ ГГц)

После отключения нагревателя, температура в нефтяном пласте стремится к температуре «холодной скважины», равной 293 К. Однако, 30-дневный разогрев нефтяного пласта увеличивает его температуру до 400 К. Из полученных решений видно, что фильтрационная

волна проникает в нефтяной пласт значительно дальше области температурных перепадов. С течением времени происходит снижение температуры пласта вблизи скважины и соответствующее увеличение вязкости, что будет приводить к замедлению процесса фильтрации нефти в пласте.

Радиус возмущения давления на рис. 2 указывает на образование воронки депрессии в около скважинном пространстве более 15 м; отсюда, приток пластовой жидкости в скважину.

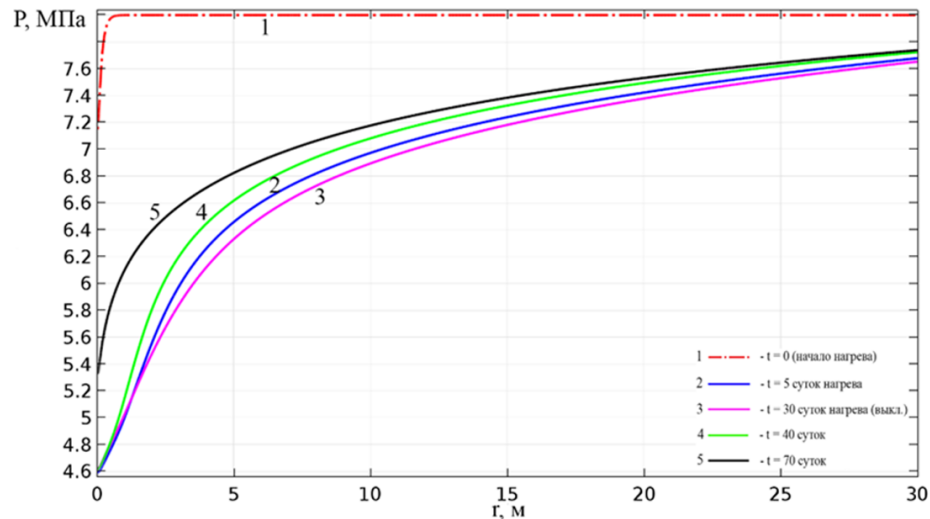


Рис. 2. Распределение давления в нефтяном пласте от радиального расстояния (параметры источника излучения: $W = 10$ кВт, $f = 1$ ГГц)

Тепловое воздействие осуществляется воздействием магнетрона мощностью $W = 10$ кВт, которое сопровождается снижением вязкости в нефтяном пласте с $0,55$ Па·с до $0,05$ Па·с к моменту времени 30 суток. В то же время наблюдается увеличение скорости фильтрации жидкости в скважину в случае теплового воздействия по сравнению с «холодной» скважиной.

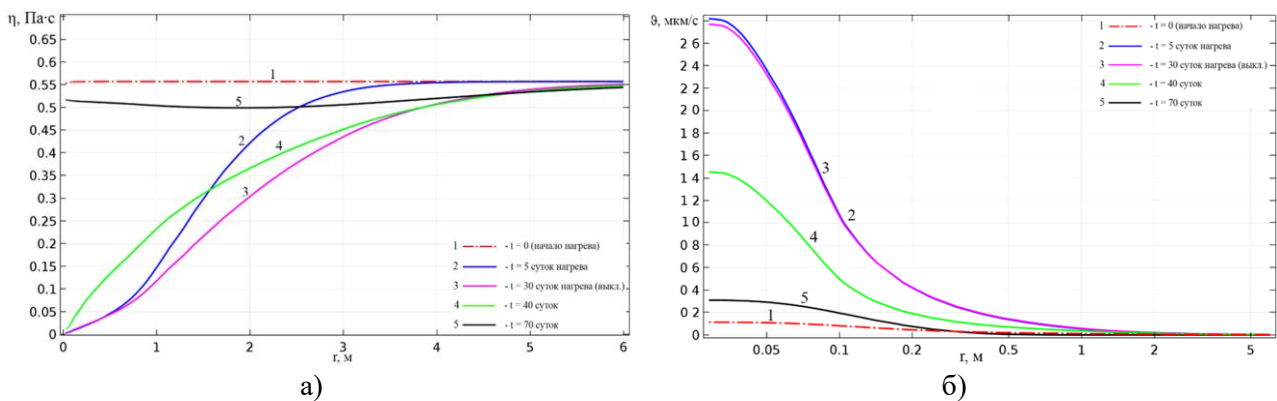


Рис. 3. Нефтяной пласт: а) зависимость динамической вязкости от радиального расстояния; б) Зависимость скорости от радиального расстояния; параметры источника излучения: $W = 10$ кВт, $f = 1$ ГГц, $Z = 0$

Нагревание нефти приводит к уменьшению ее вязкости, что улучшает отбор нефти из коллектора. Значение скорости фильтрации нефти на границе пласт-скважина определяет величину дебита скважины. Увеличение скорости фильтрации нефти в пласте при ее нагреве (более $2,6$ мкм/с) вызывает повышение дебита скважины. При выключенном генераторе электромагнитных волн (после нагрева), скорость в призабойной зоне пласта снижается до $0,1$ мкм/с за счет теплопередачи в скважину вместе с отобраным пластовым флюидом.

Заключение. Предложенный способ направлен на повышение эффективности разработки нефтяного пласта с высоковязкой нефтью за счет обеспечения равномерного прогрева разрабатываемой зоны месторождения. Проблема является актуальной, поскольку в исследовании рассматривается новый метод увеличения дебита скважины для пласта с высоковязкой нефтью. Стоит отметить, что очень важной деталью в получении ощутимого эффекта прогрева пласта является приток в скважину – достаточно прогреть только призабойную зону продуктивного пласта, ограниченную несколькими метрами, а не весь пласт. Источники СВЧ-излучения (например, магнетроны) в диапазоне частот 1–5 ГГц имеют достаточно малые габаритные размеры, позволяющие их опустить в скважину на глубину расположения нефтяного пласта. Это снимает проблему транспортировки электромагнитной энергии от источника излучения, находящегося на поверхности, до нефтяного пласта. Технология электромагнитного воздействия СВЧ-диапазона на призабойную зону является эффективной с практической точки зрения.

Литература:

1. Benyamin Y. J. Electromagnetic Heating for Heavy-Oil and Bitumen Recovery: Experimental, Numerical and Pilot Studies. *SPE Res Eval & Eng*, 25 (2022): 433–454 (дата обращения: 10.01.2024). – DOI: 10.2118/209194-PA.
2. Hong-Wei Chen, Shan-Shan Zhang, Yang Li, Chen Xu, Jin-Yuan Liang (2022). Numerical simulation of electromagnetic heating of heavy oil reservoir based on multi-physical fields coupling model, *Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 44:4, 8465–8489 (дата обращения: 10.01.2024). – DOI: 10.1080/15567036.2022.2123997.
3. Рабцевич А. А. Целесообразность применения электромагнитных технологий в разработке нефтяных месторождений Республики Башкортостан // *Экономика и управление: научно-практический журнал*. 2023. № 2 (170). С. 64–71 (дата обращения: 10.01.2024). – DOI: 10.34773/EU.2023.2.12.
4. Davletbaev A. Y., Kovaleva L. A., Mukhametova Z. S. Mathematical Modeling of the Heavy Oil Production with Hydraulic Fracturing under Radio-Frequency Electromagnetic Irradiation. *J. Appl. Ind. Math.* 2023 (17). P. 32–42 (дата обращения: 10.01.2024). – DOI: 10.1134/S1990478923010040.
5. Джариев И. Э. Учет долговременного влияния электромагнитного разогрева нефтяного пласта на дебит скважины / И. Э. Джариев, Е. А. Петров, С. М. Сысоев // *Нефтяная столица: V Междунар. мол. науч.-практ. форум, Сургут, 23–24 марта 2022 г. Сургут: Центр науч.-техн. решений (АНО ЦНТР), 2022. С. 58–63 (дата обращения: 10.01.2024).*
6. Сысоев С. М., Петров Е. А., Джариев И. Э. Исследование модели диссоциации газогидрата в пласте под действием сверхвысокочастотного электромагнитного излучения // *Вестник кибернетики*. 2023. № 2 (50). С. 59–67 (дата обращения: 10.01.2024). – DOI: 10.35266/1999-7604-2023-2-59-67.
7. Джариев И. Э. Численное моделирование нагрева высоковязкой нефти электромагнитным излучением сверхвысокочастотного диапазона / И. Э. Джариев, Е. А. Петров, С. М. Сысоев // *Нефтяная столица: Сб. м-лов VI междунар. мол. науч.-практ. форума, Нижневартовск, 22–23 марта 2023 г. М.: Центр науч.-техн. решений (АНО ЦНТР), 2023. С. 65–69 (дата обращения: 10.01.2024).*

УДК 536.46, 004.94

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФРОНТА ПЛАМЕНИ ПО СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ ПРОПАНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

*Керимов А.Ш., Алексеев М.М., Семенов О.Ю.
Сургутский государственный университет*

Аннотация. Проведено численное моделирование распространения фронта пламени по стратифицированной в поле сил тяжести пропано-воздушной смеси в плоском узком канале, образованном двумя параллельными пластинами. Показано, что результаты моделирования качественно совпадают с результатами экспериментов. Получены поля температур, скоростей, давления при распространении пламени стратифицированной горючей газовой смеси в плоском узком канале.

Ключевые слова: микроканал; фронт пламени; стратифицированная смесь; численное моделирование; OpenFOAM; reactingFoam.

Изучение распространения фронта пламени по границе раздела между топливом и окислителем является актуальной задачей, связанной с разработкой микрокамер сгорания, а также разработкой мер пожарной безопасности. Сжигание углеводородного топлива в микрокамерах сгорания считается перспективной технологией для создания миниатюрных энергетических и двигательных устройств [1, 2]. В работе [3] показано, что фронт пламени в узком плоском канале, в котором находится стратифицированная пропано-воздушная смесь, распространяется вдоль узкой зоны. Ширина зоны, по которой движется фронт пламени определяется начальным составом горючей смеси и времени, в течение которого происходит ее стратификация. В данной работе выполнено численное моделирование формирования и развития фронта пламени в условиях эксперимента, проведенного в указанной работе. Также стратификация смеси может возникать при использовании горючего газа в энергетических установках, его транспортировке в газопроводных и нефтяных системах, утечках [4–7].

Целью работы является получение полей скоростей газа, температур, давлений и концентраций компонентов продуктов горения, которые невозможно получить без применения сложных экспериментальных методов.

Численное моделирование было выполнено в программном пакете для решения задач механики сплошных сред OpenFOAM. На рис. 1 показана расчетная область, соответствующая моделируемому узкому плоскому каналу. Расчетная область имела форму параллелепипеда с размерами 700 мм × 300 мм × 5 мм. В расчетах использовалась однородная ортогональная сетка. Размер ячеек расчетной сетки по оси x и y – 0,5 мм, по оси z – 0,1 мм. Общее число ячеек в расчетах – 1050000.

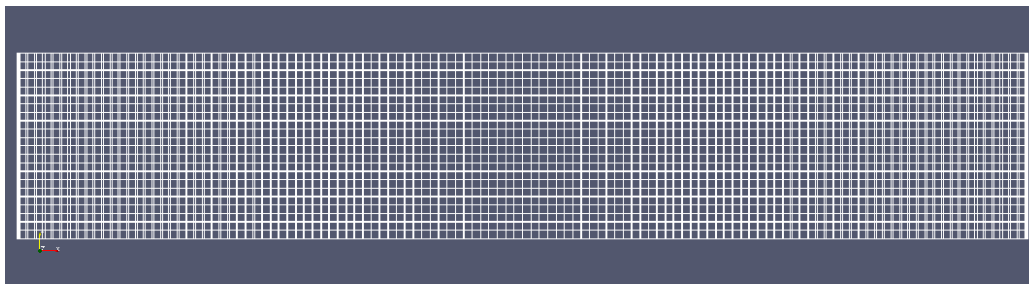


Рис. 1. Расчетная область канала – камеры сгорания

Граничные условия для расчетной области соответствовали условиям закрытой стенки для всех границ, кроме границы для правой грани параллелепипеда – канала. На правой грани задавались условия открытого, сообщающегося с атмосферой конца моделируемого канала. При моделировании горения использовался reactingFoam – «решатель», позволяющий моделировать химические реакции, возникающие во фронте пламени. В связи большими затратами времени на выполнение расчетов на сетке с большим количеством ячеек учитывался только одностадийный процесс окисления пропана: $C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O$.

Процесс получения фронта пламени в стратифицированной смеси разбивался на два этапа – создание в канале неоднородного распределения концентраций компонент пропано-воздушной смеси и воспламенение смеси в точке соответствующей концентрационным пределам воспламенения пропана в воздухе. Для получения стратифицированной смеси, начальным условием для начала моделирования в области канала было равенство 1 массовой доли C_3H_8 (канал заполнен чистым пропаном). В дальнейшем при отсутствии зажигания происходило истечение пропана из нижней части открытого конца канала, и одновременно, втекание воздуха (O_2 и N_2 с соответствующими массовыми долями). При этом в канале образовывалась граница раздела между пропаном и воздухом, с концентрациями компонент соответствующими пределам распространения пламени. На рис. 2 показано цветом распределение концентрации пропана в канале в различные моменты времени. Белыми линиями на рисунках показаны изолинии концентрации пропана, соответствующие пределам распространения пламени в пропано-воздушной смеси. Из рис. 2 видно, что в результате истечения пропана из открытого конца канала образуется узкая область с концентрациями пропана и воздуха, при которых может распространяться пламя.

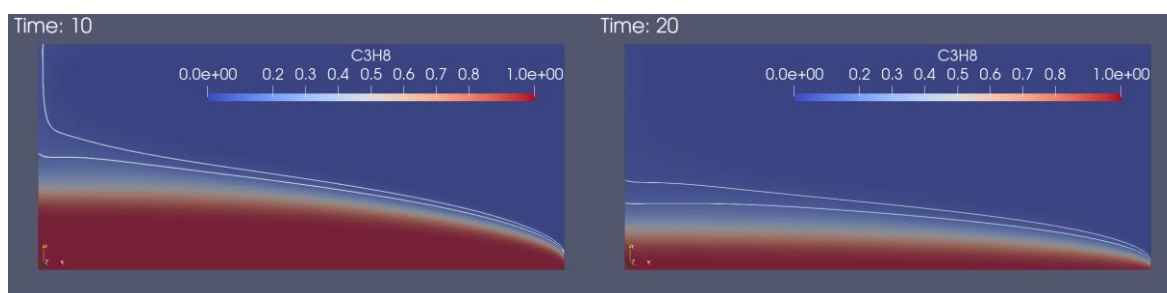


Рис. 2. Изменение распределения концентрации пропана при его истечении из канала

После получения необходимого распределения концентраций производилось зажигание смеси включением источника тепла у открытого конца канала, который разогревает смесь до температур, при которых начинается устойчивый процесс горения (рис. 3).

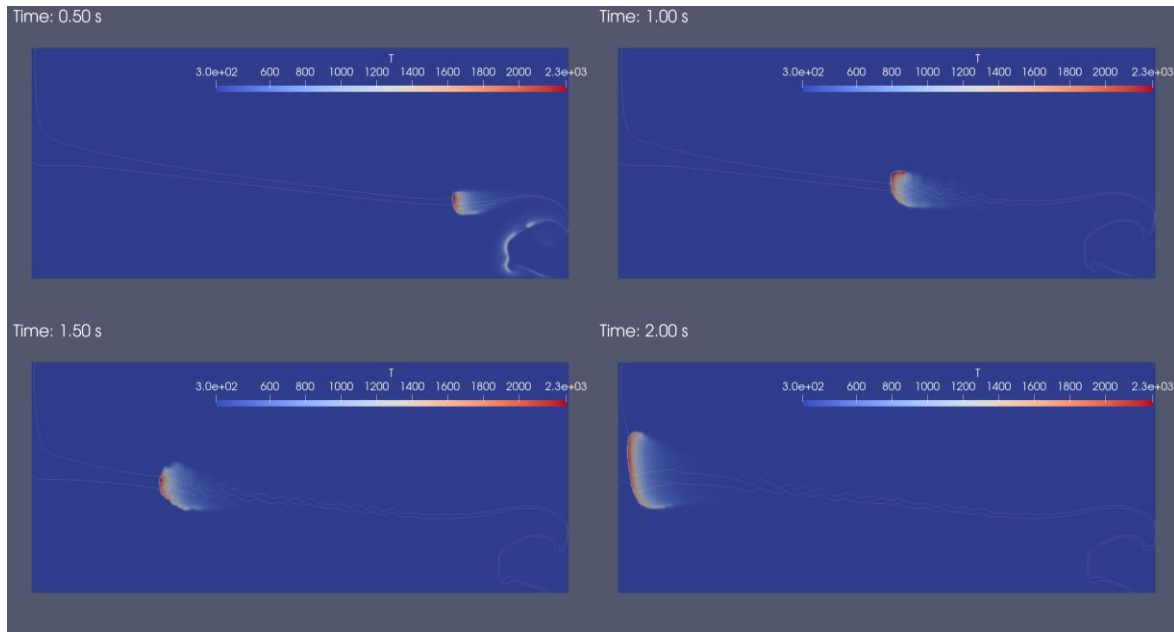


Рис. 3. Распределение температур в канале в различные моменты времени после воспламенения смеси

Из результатов моделирования видно, что фронт пламени движется вдоль узкой границы между пропаном и воздухом с определенным соотношением концентраций пропана и кислорода из воздуха, что соответствует результатам физического моделирования, представленными в работе [3].

На рис. 4 представлены распределения различных величин в канале, соответствующие одному и тому же моменту времени.

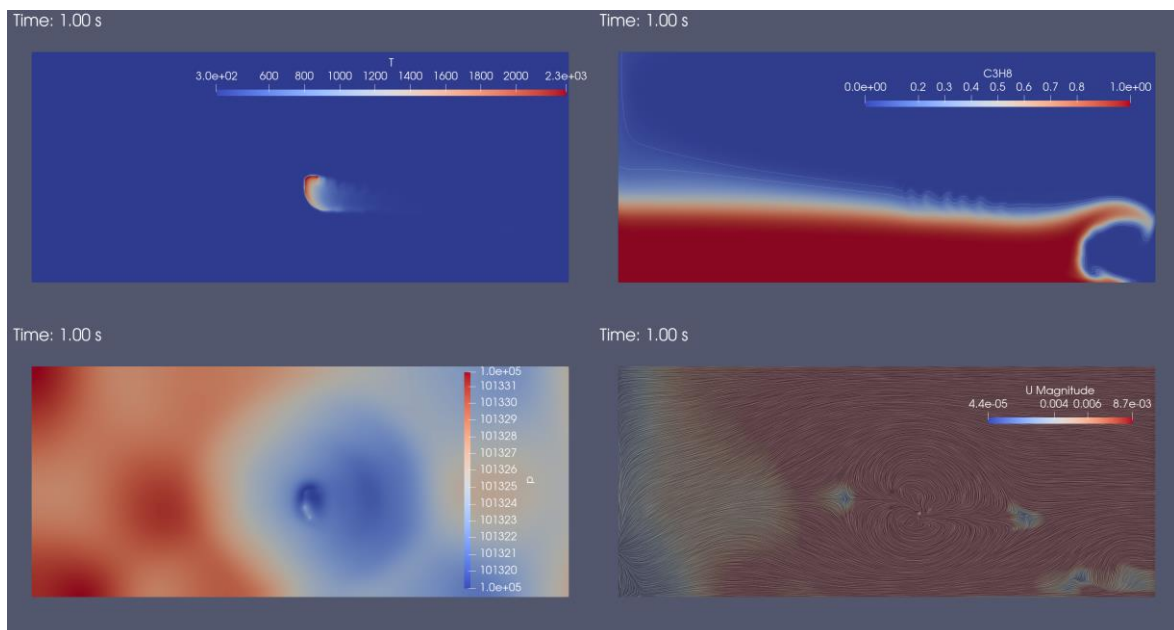


Рис. 4. Распределение температур, концентрации пропана, давления, скорости и линии тока канале

Результаты численного моделирования, представленные в статье, описывают движение фронта пламени в стратифицированной газовой смеси в канале, образованном параллельными пластинами и качественно повторяют данные физических экспериментов. Установлено, что

фронт пламени движется вдоль узкой области, где концентрации пропана и воздуха соответствуют пределам распространения пламени. Показана возможность получения распределений различных параметров, которые в реальном эксперименте требуют применение специальных измерительных приборов и методик.

Литература:

1. Ju Y., Maruta K. Microscale combustion: technology development and fundamental research. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2011. 37(6): 669–715.
2. Aravind B., Hiranandani K., Kumar S. Development of an ultra-high capacity hydrocarbon fuel based micro thermoelectric power generator. *Energy*. 2020. 206: 118099.
3. Alekseev M. M., Smirnova I. V., Semenov O. Y., et al. Modeling edge flame propagation in a stratified fuel gas-air mixture. *Tech. Phys. Lett.* 2012 (38). P. 1010–1012. – DOI: 10.1134/S106378501211017X.
4. Bychkov V. V., Liberman M. A. Dynamics and stability of premixed flames. *Phys. Rep.* 2000 (325). P. 115–237.
5. Alexeev M. M., Semenov O. Y., Yakush S. E. Experimental study on cellular premixed propane flames in a narrow gap between parallel plates. *Combust. Sci. Technol.* 2018 (191). P. 1256–1275. – DOI: 10.1080/00102202.2018.1521394.
6. Zeldovich Y. B., Barenblatt G. I., Librovich V. B., Makhviladze G. M. *The Mathematical Theory of Combustion and Explosions*. NY: Consultants Bureau, 1985.
7. Yakush S. E., Semenov O. Yu., Alexeev M. M. Premixed propane-air flame propagation in a narrow channel with obstacles. *Energies*. 2023 (16). № 3. Paper 1516. P. 1–19. – DOI: 10.3390/en16031516.

УДК 536.46, 520.33

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ СМЕСИ ГАЗОВ В МИКРОКАНАЛЕ

Левицкий Д.О., Алексеев М.М., Семенов О.Ю.
Сургутский государственный университет

Аннотация. Проведено моделирование горения метановоздушной смеси. Представлены экспериментальные результаты изучения распространения пламени стехиометрической смеси в микроканале – пространстве между параллельными плоскими пластинами. Получена динамика положения фронта пламени во времени для различных расстояний между пластинами.

Ключевые слова: микроканал; фронт пламени; параллельные пластины; моделирование; неустойчивость Дарье-Ландау; визуализация.

Постоянный интерес к изучению неустойчивого распространения пламени связан с преобразованием тепловой энергии в её другие виды, с разработкой и модернизацией конструкций двигателей внутреннего сгорания и устройств для сжигания газа [1, 2]. В трубках и каналах небольшого поперечного сечения фронт горения смеси газов может разделяться на отдельные области - ячейки, формируя несколько очагов горения, с последующим развитием и погасанием [3–7].

Для выявления факторов, влияющих на горение в плоских каналах, эксперименты проводили на установке с прозрачными параллельными пластинами зажигая газоздушную смесь между ними в центре. Свободное пространство между пластинами заполнялся газовой смесью с заранее выбранной концентрацией: 10 % метана и 90 % воздуха, после чего зажигали электрической искрой в центре (рис. 1).

Визуализацию и анализ данных при распространении пламени проводили с помощью цифровых изображений, полученных с помощью высокоскоростной видеозаписи путем разделения её на отдельные фотокадры и последующей компьютерной обработкой. Фронт пламени между дисками-пластинами двигался радиально от центра при постоянном давлении, т. к. края пластин были открыты во время проведения эксперимента.

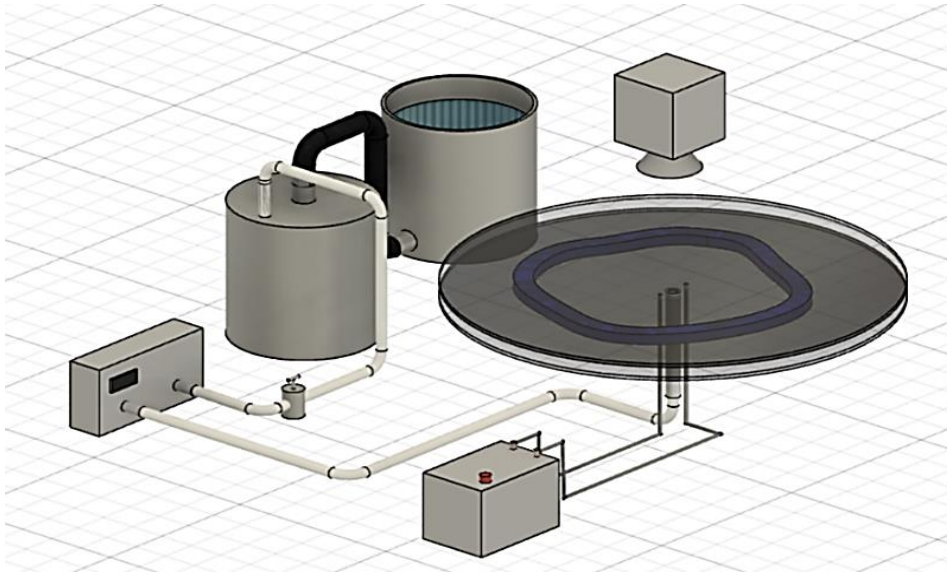


Рис. 1. Схематическое изображение экспериментальной установки

На рис. 2 представлено формирование неустойчивости Дарье-Ландау на поверхности пламени. Фронт пламени меняет свою форму - изгибается и вытягивается, после чего на нём появляются ячейки разной длины волны, мелкие разрушаются или сливаются в несколько крупных. Процесс образования ячеек пламени повторяется до крайних точек прозрачных дисков установки.

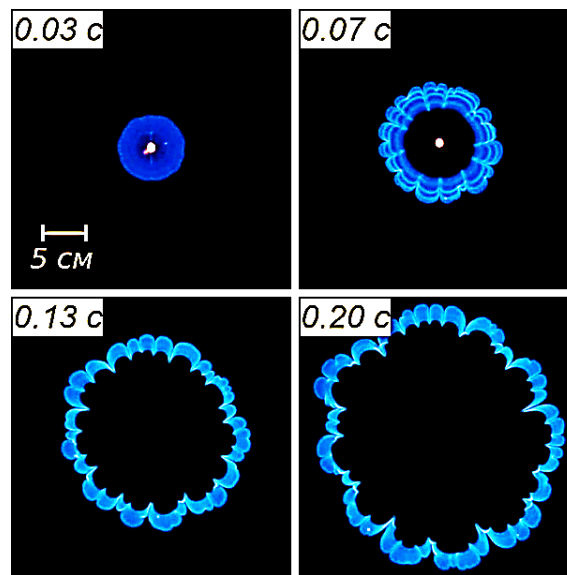


Рис. 2. Развитие неустойчивости фронта пламени

Изображение на рис. 3 показывает мгновенную фиксацию распространения фронта пламени, выполненную с помощью фотокамеры с открытым затвором. Линии, идущие от центра пластин, определяют границы между разномасштабными ячейками на поверхности пламени. На количество ячеек влияет повышение температуры в областях соприкосновения фронтов пламени идущих от линий бифуркаций меняющих структуру их поверхностей.

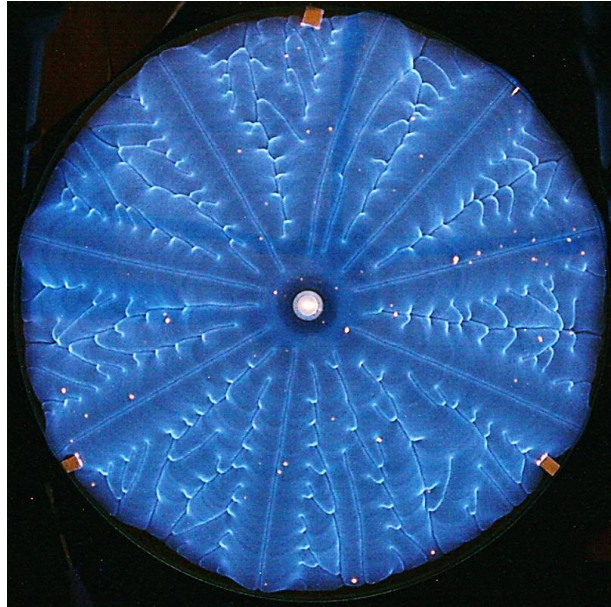


Рис. 3. Длительная экспозиция распространения фронта пламени между плоскими прозрачными дисками при горении метано-воздушной смеси

Анализ экспериментальных данных позволил построить график, из которого видно, что полученные значения аппроксимируются линейными функциями, т.к. распространение пламени происходило примерно с постоянной скоростью, зависящей от расстояния между дисками (рис.4).

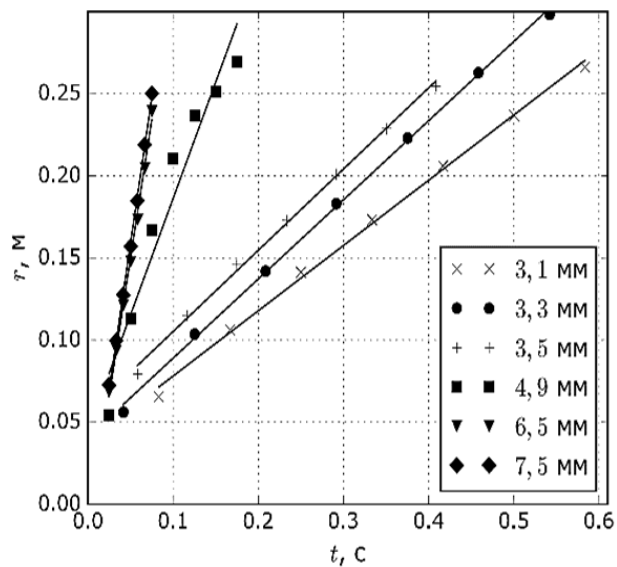


Рис. 4. Динамика положения фронта пламени во времени для различных расстояний между пластинами

Результаты работы представляют возможность описать развитие неустойчивости пламени, построить модель в отношении структуры пламени и скорости его распространения. Данные подтверждают, что микроканалы обладают преимуществами для изучения физических процессов в пламени, которые могут применяться для проверки моделей изучения неустойчивости пламени.

Литература:

1. Jang H. J., Jang G. M., Kim N. I. Unsteady propagation of premixed methane / propane flames in a mesoscale disk burner of variable-gaps. *Proc. Combust. Inst.* 2019 (37). P. 1861–1868.
2. Alexeev M. M., Semenov O. Y., Yakush S. E. Experimental study on cellular premixed propane flames in a narrow gap between parallel plates. *Combust. Sci. Technol.* 2018 (191). P. 1256–1275. – DOI: 10.1080/00102202.2018.1521394.
3. Bychkov V. V., Liberman M. A. Dynamics and stability of premixed flames. *Phys. Rep.* 2000 (325). P. 115–237.
4. Zeldovich Y. B., Barenblatt G. I., Librovich V. B., Makhviladze G. M. *The Mathematical Theory of Combustion and Explosions*. NY: Consultants Bureau, 1985.
5. Tayyab M., Radisson B., Almarcha C., Denet B., Boivin P. Experimental and numerical Lattice-Boltzmann investigation of the Darrieus – Landau instability. *Combust. Flame.* 2020 (221). P. 103–109.
6. Yakush S. E., Semenov O. Yu., Alexeev M. M. Premixed propane-air flame propagation in a narrow channel with obstacles. *Energies.* 2023 (16). № 3. Paper 1516. P. 1–19. – DOI: 10.3390/en16031516.
7. Fernandez-Galisteo D., Kurdyumov V. N., Ronney P. D. Analysis of premixed flame propagation between two closely-spaced parallel plates. *Combustion and Flame.* 2018 (190). P. 133–145.

УДК 621.355

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА

Муругов Д.А.

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Данная статья направлена на рассмотрение интеграции водорода в распределительные сети и крупномасштабные приложения; существование надежного и надежного способа хранения этого вектора энергии имеет решающее значение для удовлетворения текущего потенциального спроса на водород на энергетическом рынке. Было разработано множество форм хранения, которые в основном можно разделить на физические и материальные подходы. Физическое хранилище включает в себя сжатый газ, жидкость и криосжатый водород, и это наиболее широко используемый тип хранения среди этих систем.

Ключевые слова: водород; сосуд под давлением; сжатый водород; жидкий водород; изолированные резервуары; способ хранения водорода.

Сжатый газообразный водород (CGH_2) для его хранения – идея не новая; фактически, в 1880 году водород уже хранился для использования в военных целях под давлением 12 МПа. Лишь в 1960-х годах, когда военная и аэрокосмическая промышленность разработали композитные сосуды для высокого давления сделанные из алюминия с полимерной облицовкой и оберткой из стекловолокна, были разработаны резервуары, способные выдерживать гораздо более высокие давления.

Каждый из них отличается максимально допустимым давлением, используемыми материалами и общей конструкцией, а также стоимостью и, следовательно, долей рынка. Выбор типа резервуара для использования в первую очередь зависит от конечного применения, обычно требующего компромисса между техническими характеристиками и конкурентоспособностью затрат. Сейчас применяются резервуары в четырех различных типах сосудов под давлением, которые используются для хранения водорода.

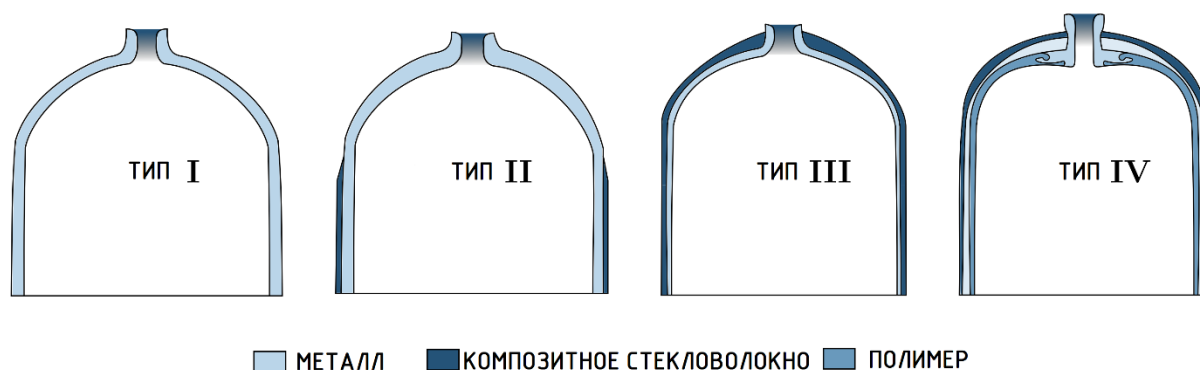


Рис. 1. Различные типы сосудов под давлением

Резервуары типа I полностью металлические, в основном, из алюминия или стали, поэтому они самые дешевые и, следовательно, чаще всего используются для промышленного

хранения водорода; он также самый тяжелый около 1,50 кг на литр водорода, а давление внутри может достигать 50 МПа. Резервуары типа II имеют более тонкие стальные стенки, но имеют обертку из композитного стекловолокна, что обеспечивает одну из самых высоких допусков по давлению и позволяет снизить вес примерно на 40% по сравнению с резервуарами типа I. Его конструкция обеспечивает распределение нагрузки на конструкцию, поровну разделенной между стальными и композитными деталями, что также приводит к увеличению цены изготовления на 50%; он в основном используется для стационарных применений. Сосуды типов III и IV предназначены для мобильного применения, при этом, весовые характеристики оптимизированы; однако они намного дороже. Тип III – это резервуары, полностью обернутые композитной пленкой, с металлической облицовкой для герметизации; структурную нагрузку в основном несет композит из углеродного волокна, который может безопасно выдерживать максимальное давление около 45 МПа. Этот тип сосудов имеет гораздо лучшие весовые характеристики, чем предыдущие: он весит всего около 0,40 кг на литр водорода, но стоит вдвое дороже. Наконец, сосуд типа IV обычно имеют облицовку из полиэтилена высокой плотности и материал из углеродного волокна/углеродного стекла для конструкции. Этот резервуар может выдерживать давление до 100 МПа, будучи самым легким среди всех четырех типов, но при этом и самым дорогим [1].

При проектировании таких сосудов необходимо учитывать несколько аспектов, включая рабочее давление, внешние механические нагрузки или воздействия, которым они подвергаются, их жизненный цикл и срок службы, а также требования к коэффициенту безопасности как для статических, так и для динамических ситуаций. Как правило, все металлические детали обычно изготавливаются из алюминия 6061/7060 или нержавеющей стали, а все полимерные детали в основном изготавливаются из материалов на основе полиэтилена или полиамида. Компоненты композитов обычно представляют собой смесь стекла, арамида или углеродного волокна и смолы, которая может быть полиэфирной, фенольной или эпоксидной (последняя предпочтительнее из-за ее более высоких механических свойств и стабильности).

Жидкий водород (LH₂) хранилище для сжатого водорода существует не так давно, как резервуары для сжатого водорода, оно существует уже некоторое время; криогенные резервуары впервые были использованы около 50 лет назад в промышленных и медицинских газотранспортных предприятиях, и сегодня они полностью внедрены и коммерчески доступны. Чтобы получить водород в жидкой форме, его необходимо сначала охладить до температуры ниже -253 °C, процесс, который обычно требует и много времени, и большого количества энергии, следовательно, имеет лучшую эффективность хранения; вот почему традиционно жидкий водород отдается предпочтение, среди прочего, для космических программ, полетов самолетов и межконтинентальных перевозок для хранения. Однако из-за очень низкой температуры кипения водород становится проблематичным хранить криогенно в течение длительного периода времени, что подвергает его риску потери выхода из-за естественного испарения. Тем не менее, это предпочтительная форма для средних и крупных грузовых перевозок, и международных перевозок на большие расстояния криогенное судно может перевозить около 5000 кг жидкого водорода, что в пять раз превышает номинальную вместимость нынешних прицепов с газообразным водородом, без связанных с этим рисков. Разработано, что при охлаждении до 40% энергосодержания того же водорода в отличие от всего лишь 10% при его сжатии. Несмотря на это, криогенное хранение водорода в атмосферных условиях обеспечивает большую плотность энергии, чем при его сжатии почти в три раза при давлении 35 Мпа [2].

Современные конструкции резервуаров с жидким водородом должны учитывать три основных параметра: форму, объем и изоляцию. Форма резервуара зависит от нескольких элементов, в основном от используемых материалов, доступного для резервуара пространства и нагрузок, которым он будет подвергаться, как и при хранении многих других жидкостей.

Известно, что для любого заданного объема сфера является геометрическим объектом с наименьшей площадью поверхности; таким образом, пассивный тепловой поток наружу снижается, а скорость испарения является самой низкой. Однако сферические резервуары сложны в изготовлении, имеют большую лобовую поверхность и не особенно хороши в мозаичном пространстве, то есть плохо штабелируются. С другой стороны, резервуары цилиндрической формы гораздо легче изготовить, и, хотя они могут иметь одинаковую фронтальную поверхность, они гораздо лучше штабелируются, что обеспечивает более высокую объемную эффективность хранения и оптимальные конфигурации хранения. Основными недостатками сосудов цилиндрической формы являются большее соотношение площади к объему (что приводит к более высокому пассивному тепловому потоку) и неравномерное распределение давления вблизи основания. Чтобы решить эту проблему, можно превратить концы цилиндра в полусферические колпачки; такой сфероцилиндр в настоящее время считается стандартной формой для резервуаров, поскольку он сочетает в себе лучшие черты обеих геометрий [3].

Параметры формы резервуара необходимо выбирать в соответствии с массой, его номинальную температуру, рабочее давление сосуда и толщину изоляции. При проектировании необходимо учитывать компромисс между объемом резервуара и доступным пространством на носителе.

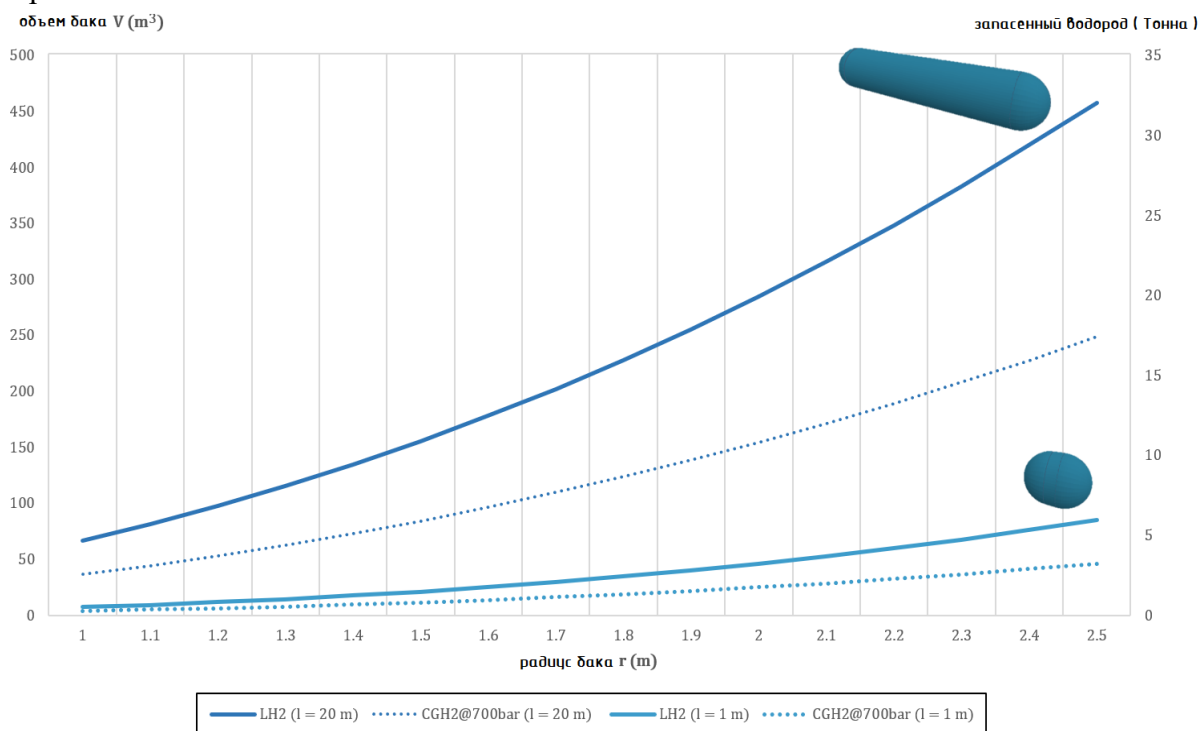


Рис. 2. Соотношение между радиусом, объемом и запасенной массой типичного резервуара в форме водородной капсулы

Объем резервуара (на левой вертикальной оси) и масса запасенного водорода (на правой вертикальной оси) в зависимости от радиуса резервуара; голубая сплошная линия обозначает сфероцилиндр длиной всего один метр, а темно-синяя сплошная линия представляет собой резервуар длиной 20 м. Круглые пунктирные линии обозначают работоспособность аналогичных резервуаров со сжатым газообразным водородом внутри, при давлении 70 МПа. Здесь очень четко видно увеличение плотности при переходе из газообразного состояния в жидкое; капсульный резервуар длиной 20 м может транспортировать удвоенную массу водорода, если он находится в жидком, а не газообразном состоянии. Обратите внимание, что

показанные здесь размеры относятся к внутреннему сосуду; современные криогенные прицепы могут иметь такие же размеры внешнего бака, таким образом, имея внутренние капсулы гораздо меньшего размера, чем показанные на этом графике [4].

Понимание различий в размерах внутреннего резервуара и внешнего резервуара означает понимание изоляции; хранение водорода при таких низких температурах требует специальных высокоэффективных изолированных резервуаров. Этого можно достичь путем применения внутренней или внешней изоляции. Внутреннюю изоляцию всегда сложно реализовать, поскольку материалы находятся в прямом контакте с водородом при криогенных температурах; явления теплопередачи вызывают на этих контактных границах переход водорода из жидкого состояния в газообразное, диффундируя газообразный H_2 в стенки резервуара. Это увеличивает теплопроводность изоляционного материала, тем самым снижая его эффективность. Следовательно, система должна быть непроницаема для CGH_2 . В случае внешней изоляции проблема заключается не столько в прямом контакте с чрезвычайно низкими температурами, сколько в сжатиях и расширениях, которым подвергаются материалы, происходящих соответственно из-за заряда и разряда жидкого водорода при этих температурах. Кроме того, существует проблема крепления опорных систем, а также возможные механические повреждения от ударных нагрузок. Тем не менее, эти проблемы легче решить, чем проблемы внутренней изоляции. Следовательно, основной проблемой, связанной с хранением жидкого водорода, является явление выкипания, как объяснялось ранее, это происходит, когда тепло передается внутрь резервуара, что приводит к нагреванию жидкого водорода и эффективному превращению его в газ в зависимости от нескольких факторов, до 1 мас. % в день из-за утечек тепла только из окружающей среды [5].

В последнее время были сделаны многочисленные улучшения в отношении геометрии и материалов резервуаров, используемых в этих системах, поскольку их характеристики во многом зависят от этих аспектов; до сих пор была предпринята попытка сжать всю систему, в результате чего толщина покрытия сосуда уменьшилась вдвое до 1,5 см. Тем не менее, подчеркивалось, что необходимо провести специальные исследования по использованию в качестве материалов покрытий сплавов меньшей плотности.

Литература:

1. Morten B. L., et al. Complex hydrides for hydrogen storage – new perspectives. *Materials Today*. 2014. Vol. 17. P. 122–128.
2. Rusman N., Dahari M. A review on the current progress of metal hydrides material for solid-state hydrogen storage applications. *Int. J. Hydrogen Energy*. 2016. Vol. 41. P. 12108–12126.
3. Lototsky M. V., et al. Metal hydride hydrogen storage and supply systems for electric forklift with low-temperature proton exchange membrane fuel cell power module. *Int. J. Hydrogen Energy*. 2016. Vol. 41. P. 13831–13842.
4. Kulova T. L., Nikolayev I. I., Fateyev V. N., Aliyev A. Sh. Modern Electrochemical Systems of Energy Accumulation. *Kimya Problemleri – Chemical problems*. 2018. Vol. 16. № 1. P. 9–34.
5. Ahmed A., et al. Balancing gravimetric and volumetric hydrogen density in MOFs. *Energy and Environ. Sci*. 2017. Vol. 10. P. 2459–2471.

УДК 622.279

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕТАНДЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ ВНУТРЕННЕЙ ЭНЕРГИИ ГАЗА

Муругов Д.А.

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. Данная статья направлена на рассмотрение использования турбодетандеров на станциях снижения давления природного газа можно производить чистую, «зеленую» электроэнергию. Такие установки рекуперации энергии используют потенциальную энергию природного газа, подаваемого под высоким давлением. Турбины расширения не только эффективны и прибыльны, но и отвечают экологическим критериям – отсутствие выбросов диоксида серы, оксидов азота и углекислого газа.

Ключевые слова: турбодетандер природный газ; турбина; газовый конденсат; расширение газа; внутренняя энергия газа.

Турбодетандеры, также известные как расширительные турбины, представляют собой машины, позволяющие восстановить энергию, потерянную в газопроводах и объектах. Турбодетандеры используются во многих отраслях промышленности и имеют широкий спектр применения. Преимущество использования турбодетандера вместо регулятора заключается в том, что не только давление газа можно снизить до желаемого уровня, но и производить электроэнергию из энергии, полученной в результате снижения давления газа [1].

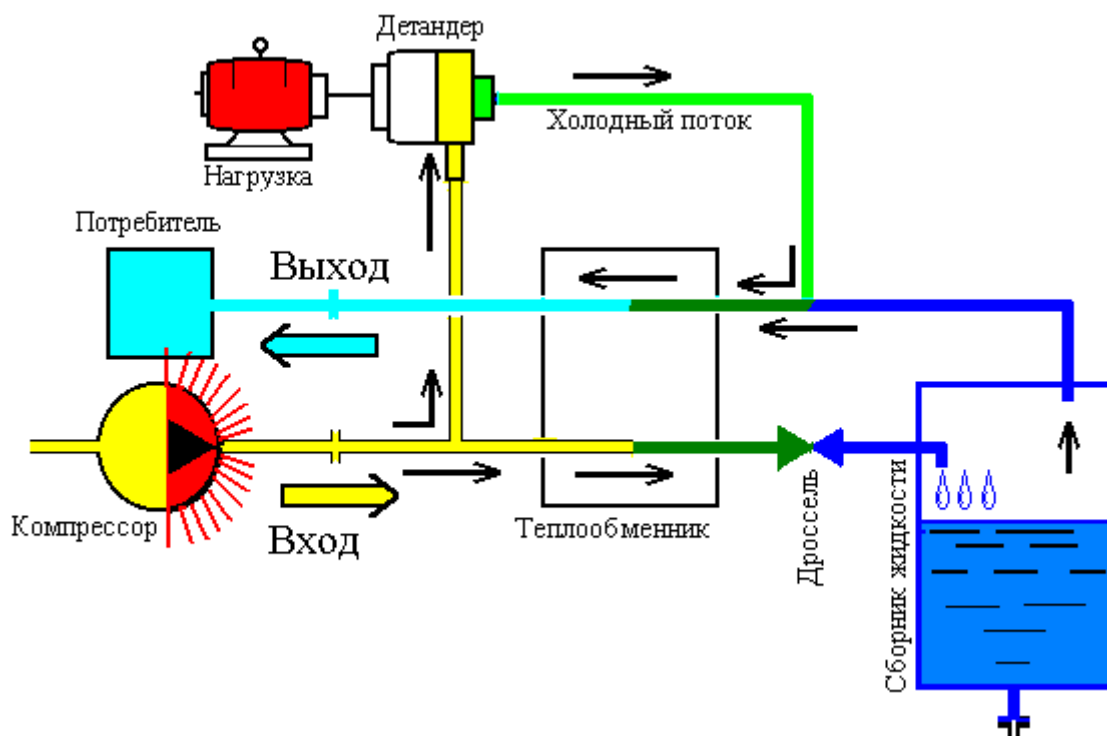


Рис. 1. Принципиальная схема работы турбодетандера

Любой газ высокого давления, текущий по магистральному трубопроводу, является потенциальным ресурсом для рекуперации энергии. Общий принцип работы турбодетандера можно объяснить, как преобразование кинетической энергии в электричество с помощью турбин и электрических генераторов. Турбина соединена с генератором. Когда газ под высоким давлением поступает в турбодетандер, он проходит через турбину и раскручивает ее. Спаренный генератор начинает вращаться и вырабатывает электроэнергию. Таким образом, при замене регулирующего клапана на турбодетандер потенциальная энергия, сэкономленная в потоке газа, будет использована и преобразована в электричество. Генерируемая мощность этим методом пропорциональна перепаду давлений, скорости потока и температуре газового потока. Более высокие скорости потока и перепад давления приведут к увеличению выработки электроэнергии [2].

Для оптимизации выработки электроэнергии с помощью турбодетандера необходимо тщательно изучить место использования этой технологии. Технологическое проектирование турбодетандера обычно относится к шагам, предпринимаемым для выбора лучшей конструкции, при которой турбодетандер будет иметь максимальную производительность во всех рабочих условиях, таких как давление, температура и расход газа, тогда как аэродинамический расчет относится к механической конструкции. турбодетандер с учетом таких факторов, как скорость (об/мин), количество ступеней, конкретное количество ступеней и политропический КПД. Значительная потеря температуры происходит в процессе расширения газа из-за эффекта Джоуля-Томсона [3].

Если снижение давления является основной целью, то выработка электроэнергии из расширенного газа считается полезным побочным продуктом. Современные коммерческие модели существуют в диапазоне мощности от 750 Вт до 25+ МВт, поэтому возможны многие применения.

Центробежные с радиальным притоком турбодетандеры хорошо адаптированы к таким схемам энергосбережения и благодаря последним разработкам, повысившим их надежность, пригодны для необслуживаемого обслуживания в режиме 24/7. Некоторые из последних разработок включают улучшенные уплотнения вала, мониторинг упорных подшипников и улучшенные устройства управления.

Некоторые из наиболее важных преимуществ использования турбодетандера на станции снижения давления газа для производства электроэнергии:

- Низкое энергопотребление;
- Более высокий период окупаемости инвестиций (возврат инвестиций) по сравнению с установкой того же масштаба, использующей газовую турбину, паровую турбину или технологию комбинированного цикла;
- Снижение капитальных и операционных затрат (50% тепловых электростанций);
- Нет выбросов NOx;
- Более низкие выбросы COx по сравнению с другими электростанциями на 50% меньше выбросов;
- Механический КПД 80% и более; тепловой КПД 60% и более (Больше, чем у парогазовых электростанций).

Использование турбодетандеров на станциях редуцирования давления газа для производства электроэнергии позволит значительно снизить капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с тепловыми электростанциями комбинированного цикла или любого другого типа. Стоимость производства электроэнергии с помощью турбодетандера значительно ниже, чем производство того же количества электроэнергии с помощью электростанции с комбинированным циклом [4].

В области добычи природных углеводородов внедрены передовые технологии экстракции, среди которых применение турбодетандера выделяется огромным потенциалом. Базирующийся на принципах высокого давления и значительных расходов, данный механизм

позволяет эффективно сепарировать природный газ, состоящий преимущественно из метана – наименьшей по размеру углеводородной молекулы. Турбодетандер способен адаптироваться к работе с неочищенным газом, насыщенным различными концентрациями весомых углеводородов: пропана, этана и бутана, а также изобутана, пентана и более массивных гидрокарбонатов. Помимо этого, устройство обработки учитывает присутствие кислотных компонентов, в числе которых сернистый ангидрид и углекислый газ, обеспечивая их выделение. Корпоративные ответвления отрасли нефтегаза сумели проектировать турбодетандеры, подходящие под критерии высоких показателей давления на входе и объемов переработки, кооптируя их эффективность в свои операционные потоки [5].

Литература:

1. Lehman B., Worrell E. Electricity Production from Natural Gas Pressure Recovery Using Expansion Turbines. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry. 2021 (2). P. 24–27.
2. Гафуров А. М. Газотурбинная установка НК-16СТ с обращенным газогенератором и низкокипящим рабочим контуром // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2012. № 4 (1). С. 81–82.
3. Гафуров А. М. Потенциал для преобразования низкопотенциальной тепловой энергии в работу теплового двигателя // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2014. №3 (23). С. 18–23.
4. Гафуров А. М. Утилизация низкопотенциальной теплоты для дополнительной выработки электроэнергии при турбодетандировании природного газа в системе газораспределения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2014. №1 (20). С. 25–33.
5. Диких Б. А. Обзор современных конструкций турбодетандерных генераторов / Б. А. Диких, Б. М. Бояринов, А. А. Авлошенко. СПб.: НТЦ МТТ, 2008. 89 с.

УДК 532.546, 536.421

ОБЪЕМНАЯ ЗОНА ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ СВЧ ИЗЛУЧЕНИИ ГАЗОГИДРАТНОГО ПЛАСТА

*Петров Е.А., Джариев И.Э., Ельников А.В.
Сургутский государственный университет*

Аннотация. Гидраты природного газа привлекли значительное внимание в качестве потенциального альтернативного источника энергии. Данная работа посвящена результатам моделирования воздействия сверхвысокочастотного электромагнитного излучения при различных частотах на пласт, содержащий газовый гидрат. При электромагнитном воздействии возникает объемная зона тепловыделения, зависящая от частоты излучателя.

Ключевые слова: газовые гидраты; численное моделирование; математическая модель; разложение газогидратов; добыча газа.

Основные характеристики различных моделей и усовершенствования для них определяются путем уточнения важнейших механизмов и кинетических параметров. Благодаря фундаментальной физике, связанной с эксплуатацией гидратов природного газа, существующие проблемы, альтернативные стратегии и направления на будущее представлены с точки зрения практического применения.

Известные как горючий лед, гидраты природного газа представляют собой кристаллы, похожие на лед, содержащие газ и воду [1]. Молекулы газа (этан, метан и углекислый газ) окружены молекулами воды, связанными водородом. Из-за их потребности в среде с высоким давлением и низкой температурой гидраты природного газа обычно обнаруживаются и распределяются в подводных отложениях и зонах вечной мерзлоты [2]. По сравнению с ископаемым топливом гидраты природного газа обладают рядом преимуществ, таких как богатые запасы, низкий уровень загрязнения и высокая плотность энергии; поэтому они привлекают внимание в качестве потенциального альтернативного источника энергии [1].

В настоящее время для разработки гидратов природного газа предлагаются различные методы разработки, такие как сброс давления, добыча в твердом состоянии, термическое воздействие и закачка химических добавок [3]. Путем непрерывной подачи искусственного тепла в резервуар с гидратами, тепловая стимуляция используется для изменения термодинамических условий резервуара и, следовательно, провоцирования диссоциации гидратов. Один из таких методов воздействия – электромагнитное излучение (ЭМИ).

Объектом исследования являются пористые среды, содержащие газовые гидраты. Предметом исследования служат методы моделирования процессов разложения газогидрата в пласте электромагнитным излучением.

Математическая постановка задачи приведена в ранее опубликованной работе [4]. При моделировании использованы физические параметры, характерные для типичного газогидратного пласта [4].

Рассматриваются модели, в которых давление в скважине больше пластового давления. В этом случае приток идет от скважины в сторону пласта.

На рис. 1 показана зависимость гидрато-, водо-, газонасыщенности от радиального расстояния для времени нагрева $t=240$ часов при СВЧ излучении частотой $f=2,45$ ГГц. На расстоянии 5 м от скважины образуется узкая зона фазового перехода [5]. Газовый гидрат

распадается на газ и воду, что свидетельствует поведением синей и красной кривых. Процесс образования резкого фронта диссоциации газогидрата характеризуется совместным протеканием тепловых процессов в твердой, жидкой и газовой фазах. Эти процессы определяются двумя характерными временными масштабами. Первый из них связан со скоростью движения границы фазового перехода. Второй масштаб времени обусловлен скоростью протекания самого фазового перехода. В этой области наблюдается уменьшение гидратонасыщенности от 0,4 до 0.

На рис. 2 построена зависимость влияния частот ЭМИ при одинаковых условиях на газогидратный пласт. Показано, что с увеличением частоты источника, уменьшается объемная зона тепловыделения.

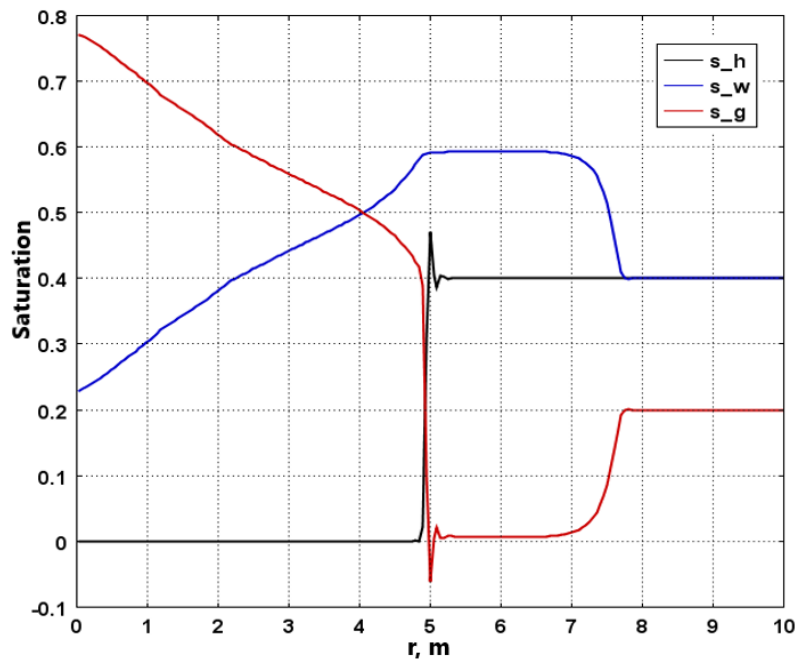


Рис. 1. Зависимость гидрато-, водо-, газонасыщенности от радиального расстояния для времени нагрева $t=240$ час. при частоте излучения $f = 2450$ МГц

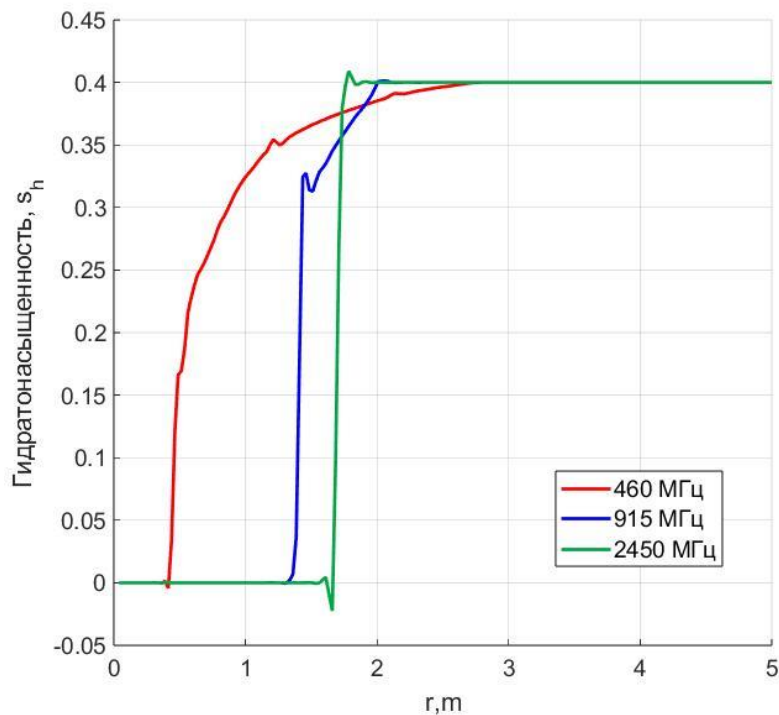


Рис. 2. Зависимость гидратонасыщенности от радиального расстояния для разных источников нагрева

Традиционный подход к решению задачи диссоциации гидрата – решение с фронтальной поверхностью разложения гидратов, не учитывающий возникновение протяженной области диссоциации газогидрата, может привести к неверным результатам.

Литература:

1. Makogon Y. F., Holditch S. A., Makogon T. Y. Natural Gas-Hydrates-A Potential Energy Source for the 21st Century. *J. Petrol. Sci.Eng.* 2007 (56). P. 14–31.
2. Romanovskii N. N., Hubberten H. W., Gavrilov A. V., Eliseeva A. A., Tivenko G. S. Offshore Permafrost and Gas Hydrate Stability Zone on the Shelf of East Siberian Seas. *Geo-Mar. Lett.* 2005 (25). P. 167–182.
3. Li Y., Gambelli A. M., Rossi F., Mei S. Effect of Promoters on CO₂ Hydrate Formation: Thermodynamic Assessment and Microscale Raman Spectroscopy / Hydrate Crystal Morphology Characterization Analysis. *Fluid Phase Equilib.* 2021 (550). P. 113218.
4. Сысоев С. М., Петров Е. А., Джариев И. Э. Исследование модели диссоциации газогидрата в пласте под действием сверхвысокочастотного электромагнитного излучения. *Вестник кибернетики.* 2023. 22 (2). С. 59–67. – DOI: 10.35266/1999-7604-2023-2-59-67.
5. Петров Е. А., Джариев И. Э., Попов О. Р., Сысоев С. М. Подход к прогнозированию универсальных динамических процессов на примере моделирования электромагнитного воздействия на газогидратные пласты // *Горный информационно-аналитический бюллетень (науч.-техн. ж-л).* 2023. № 6. С. 56–66. – DOI: 10.25018/0236_1493_2023_6_0_56. – EDN KLPAXO.

УДК 520.33, 536.46

ВИХРЕОБРАЗОВАНИЯ ФРОНТА ПЛАМЕНИ В ТРУБЕ С КРУГЛОЙ ПЕРЕГОРОДКОЙ

*Пирмагомедов А.А., Семенов О.Ю., Алексеев М.М.
Сургутский государственный университет*

Аннотация. Представлены результаты экспериментов по изучению горения пропана с воздухом в трубе круглого сечения. Описывается фундаментальное явление образования вихрей в газоздушном пламени при его прохождении в трубе с перегородкой, установленной на различных расстояниях от точки воспламенения горючей смеси. Получены данные о трансформации поверхности фронта пламени и амплитудах колебаний. Обнаружено, что вращение фронта пламени происходит по спирали и вызвано турбулентным течением газа.

Ключевые слова: вихревое течение газа; турбулентность; скорость пламени; труба с круглой перегородкой; гидродинамическая неустойчивость.

На формирование различных структур фронта пламени влияет образование на его поверхности крупных и мелкомасштабных ячеек, тепловые и гидродинамические процессы, происходящие в трубе при горении пропановоздушной смеси [1, 2]. Ячеистая турбулентная форма пламени возникает при его ускорении в каналах с преградами [3, 4]. Механизм развития турбулентности, который обсуждается авторами в научной литературе [5, 6], проявляется в цилиндрических каналах различной длины и диаметра.

Целью работы является экспериментальное изучение турбулентного распространения фронта пламени в трубе с перегородкой.

Задачи исследования:

- изучение теоретических основ горения газовых смесей;
- сборка установки для изучения процесса распространения фронта пламени;
- уточнение роли круглой стационарной и подвижной перегородки в трубе;
- проведение опытов с неподвижной, динамической и удаленной круглой перегородкой к противоположному от точки зажигания смеси торцу трубы;
- экспериментальная проверка процессов, управляющих явлениями вихреобразования пламени.

Центральным элементом установки была длинная труба (1), объем камеры сгорания – внутренней части трубы, можно было менять с помощью круглой перегородки (2), на различных расстояниях от её торца с электродами (рис. 1). Радиус и длина трубы установки составляли соответственно $11 \cdot 10^{-2}$ м и 1,5 м.

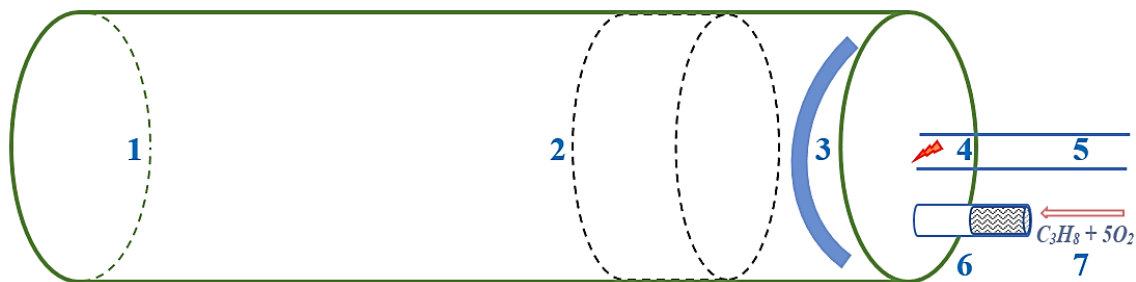


Рис. 1. Схема установки для проведения экспериментов: 1 – труба круглого сечения, 2 – перегородка из твёрдого материала, 3 – фронт пламени газовой смеси, 4 – электрическая искра, 5 – электроды высоковольтной системы зажигания, 6 – газовая трубка с пламегасителем, 7 – направление подачи смеси газов

Эксперименты по исследованию пропано-воздушного пламени (3) газовых смесей проводились в трубе, закрытой с двух сторон. Газовую смесь подавали через трубку с пламегасителем (6) до момента полного заполнения всего объёма трубы. Контроль подачи смеси (7) осуществляли с помощью расходомера. В торцевой стенке трубы были установлены высоковольтные электроды (5), после включения разрядника между ними проскакивала искра (4), воспламеняя готовую смесь определенной концентрации.

Для проведения опытов применяли прозрачную трубу, что позволяло фиксировать быстрое распространение пламени с помощью цифровой фотокамеры Sony DSLR-A580. На скорость пламени влияла объёмная концентрация пропана в воздухе, которую контролировали при перемешивании газов с помощью газометра.

В первом опыте было установлено, что поверхность фронта становится ячеистой перед круглой перегородкой в трубе. Эффект турбулизации пламени, проявляемый в виде разделения фронта пламени на многочисленные ячейки разных масштабов, влиял на уменьшение скорости его распространения в объёме сгорания смеси (рис. 2).

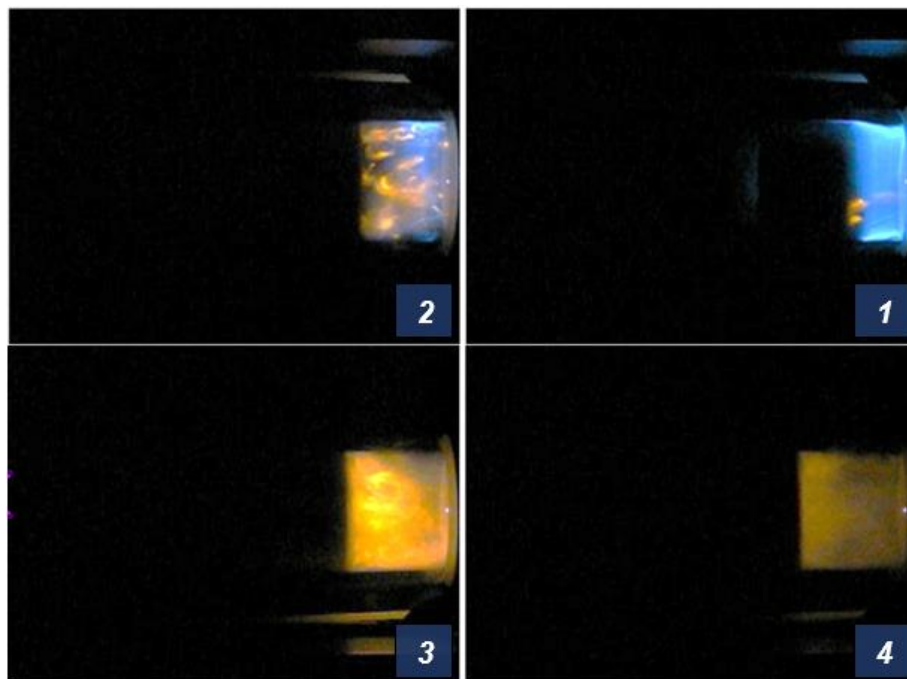


Рис. 2. Процесс распространения фронта пламени в прозрачной трубе с неподвижной перегородкой, на расстоянии 8 см от точки зажигания

Для определения скорости фронта пламени использовали формулу (1). Уменьшение скорости u пламени определяется как квадратный корень отношения разности давлений к плотности газов в трубе:

$$u = \sqrt{\frac{2 \cdot (P - P_0)}{\rho}} \quad (1)$$

где ρ – плотность газовой смеси,

P – атмосферное давление,

P_0 – давление после воспламенения горючей смеси.

Второй эксперимент проводили с подвижной перегородкой для изучения влияния нестационарной стенки трубы на проявление в потоках газа и пламени турбулентности с последующей визуализацией и сравнением данных полученных в трубе с неподвижной перегородкой (рис. 3).

При достижении перегородки скорость фронта пламени уменьшилась, но после начала движения самой подвижной части трубы - перегородки стала увеличиваться, влияя на формирования турбулентности в ускоряющемся пламени с быстрым догоранием остатков смеси в пространстве между торцевой стенкой трубы и переместившейся от неё перегородки.

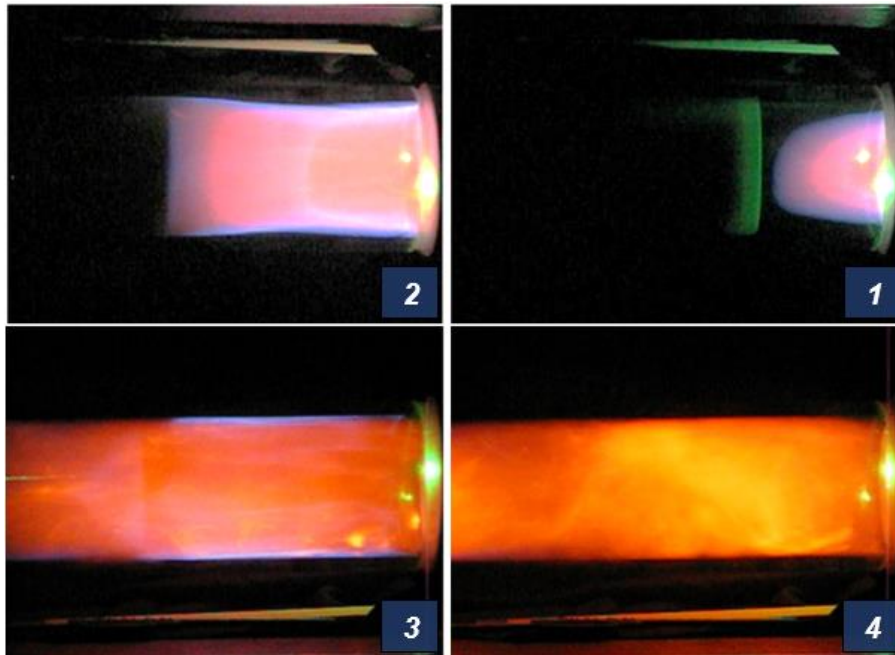


Рис. 3. Фотографии процесса распространения фронта пламени в прозрачной трубе с подвижной перегородкой

В третьем эксперименте фронт пламени двигался от закрытого края к перегородке, которая была установлена в противоположной стороне трубы. Увеличение длины трубы приводило к вращательному и колебательному движению столба газа с пламенем. Фронт пламени претерпевал изменения характерные для турбулентных потоков, в средней части трубы на нём было заметно проявление гидродинамической неустойчивости с появлением ячеистой структуры, увеличением скорости движения и догоранием оставшейся смеси в трубе (рис. 4).



Рис. 4. Распространение фронта пламени по всей длине трубы

При ламинарном горении смеси скорость пламени перед круглой перегородкой – около 0,6 м/с; без перегородки, при проявлении турбулентности, – более 1 м/с. Зафиксировано уменьшение скорости вихревого движения фронта пламени в трубе с препятствием и его ускорение без преграды. Установлено: форма пламени связана с амплитудой колебаний, имеющих акустический характер, и определяется длиной трубы.

Выявлены этапы турбулентности, ускорения и замедления фронта в трубе. Применена установка с прозрачной трубой, устройство подачи смеси газов с воспламенением и аппаратурой для фото- и видеозаписи параметров горения. Изучено распространение пропановоздушной смеси в трубе с неподвижной и подвижной перегородкой.

Результаты моделирования помогут определить количественные характеристики процесса горения пропановоздушной смеси. Новые экспериментальные и численные данные можно использовать при конструировании газовых устройств.

Литература:

1. Radisson B., Piketty-Moine J., Almarcha C. Coupling of vibro-acoustic waves with premixed flame // *Physical Review Fluids*, American Physical Society. 2019. Vol. 4 (12). P. 1–12. – URL: <https://ff10.1103/PhysRevFluids.4.121201>. – hal-02496062ff.
2. Алексеев М. М., Семенов О. Ю. Физическое моделирование тюльпанообразного пламени при горении газов в цилиндрической вертикальной трубе // *Вестник кибернетики*. 2021. № 1 (41). С. 63–70.
3. Alekseev M. M., Alekseev M. V., Samsonov V. P., et al. Simulation of hydrodynamic phenomena attendant on the flame front propagation in a tube behind a piston. *Tech. Phys.* 2014 (59). P. 52–59. – DOI: 10.1134/S1063784214010046.
4. Bychkov V., Akkerman V., Fru G., Petchenko A., Eriksson L. E. Flame acceleration in the early stages of burning in tubes / *Combustion and Flame*. 2007. Vol. 150. P. 263–276.
5. Иванов В. С., Фролов С. М. Математическое моделирование распространения пламени в гладких трубах и трубах с регулярными препятствиями / *Пожаробезопасность*. 2010. Т. 19 (1). С. 14–19.
6. Huahua X., Jinhua S., Peng Ch. Experimental and numerical study of premixed hydrogen-air flame propagating in a combustion chamber // *Journal of Hazardous Materials*. 2014. Vol. 268. P. 132–139. – DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.12.060.

УДК 621.039.4

РАЗВИТИЕ ГАЗООХЛАЖДАЕМЫХ РЕАКТОРОВ

Селендюкова О.О.

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация. В исследовании представлена история развития высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов. Главной целью работы являлось описание развития ВТГР в разных странах, а также рассмотреть новый вклад ученых для возможности эксплуатации новых проектов, что и было сделано в исследовании. Мы указали первые попытки строительства таких реакторов в США и СССР. Так же указали причины остановки проектов ВГ-400 на базе высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов в России, которые разрабатывались для реализации в энергоемких технологических процессах. В итоге разработка реактора с прямым газотурбинным циклом помогла восстановить кооперацию российских предприятий. В работе представлена информация о новом проекте компании Starcore Nuclear в Китае. Китай запустил в коммерческую эксплуатацию первую в мире атомную электростанцию 4-го поколения. Главное его отличие- это шесть подсоединенных к одной турбине модулей. При написании этой работы мы смогли выделить, что главным преимуществом новых высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов в Китае является безопасность в области выработки электроэнергии. Указано и строительство нового проекта в Канаде. На новой атомной электростанции в Канаде предполагается эксплуатация твэлов призматической формы, это и является одним из перспектив данного проекта. Одно из перспективных развитий газоохлаждаемых реакторов в Канаде- это схема установки трехконтурная, в первых двух рабочие тела: гелий (в первом) и азот (во втором). А третий контур является воздушным. В конце работы мы рассмотрели все преимущества современных высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов, и рассчитали примерную стоимость электроэнергетики таких реакторов.

Ключевые слова: реакторная установка; контур; газоохлаждаемые реакторы; газотурбинный цикл; электроэнергетика.

В настоящее время газоохлаждаемые высокотемпературные реакторы приобрели большое значение в электроэнергетике. Период строительства и развития высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов насчитывает более 50 лет. Первые исследовательские проекты были построены в Великобритании и Германии с мощностью 20 МВт и 15 МВт. Один из проектов был запущен в 1966 году и работал на тории, но был остановлен в 1989 году из-за политических и технических вопросов.

В США построены два промышленных реактора. В Peach Bottom с мощностью в 40 МВт был построен ВТГР (высокотемпературный газоохлаждаемый реактор). Работал он в период с 1966 по 1975 года и прослужил основой для более масштабного реактора в Fort St Vrain с мощностью 330 МВт. Проработал он с 1976 по 1988 год. Реактор ВТГР в Fort St Vrain мог доказать техническую обязанность таких реакторов, но так и не успел поспособствовать с проработкой экономической привлекательности этой технологии [2].

В России 1980-е годы была принята программа под названием «Водородная энергетика». В программе разрабатывались проекты ВТГР для реализации в энергоемких технологических процессах. Был создан проект ВГ-400, которой планировался для производства аммиачных

удобрений. Планировалось 5 комплексов на базе ВТГР, но проекты были закрыты. В 1988–2012 гг. шла работа над реактором с прямым газотурбинным циклом ГТ-МГР мощностью 600 МВт, благодаря чему удалось восстановить кооперацию российских предприятий [2].

Канада известна на рынке ядерных технологий, благодаря тяжеловодными реакторами CANDU. Так как процент этих реакторов в мире является ограниченным, поэтому канадские атомщики разрабатывают проекты реакторов, которые будут основаны на иных принципах.

В ноябре 2015 г. компания Starcore Nuclear разработала процесс подготовки своего нового проекта тяжеловодного реактора. Блок “StarCore” занимает площадку 100*30 м, Реакторы расположены до 55 м в бетонной шахте, как показано на рисунке 1 [1]. Шахты закрыты сверху крышами в 10 тонн для закрытия доступа к реакторной установке. Но в проекте планируется просмотровая галерея для обозревания машзала. Диаметр корпуса реактора составляет 2,5 м, а высота 6,5 м. Технология проекта предполагает эксплуатации твэлов призматической формы [1].

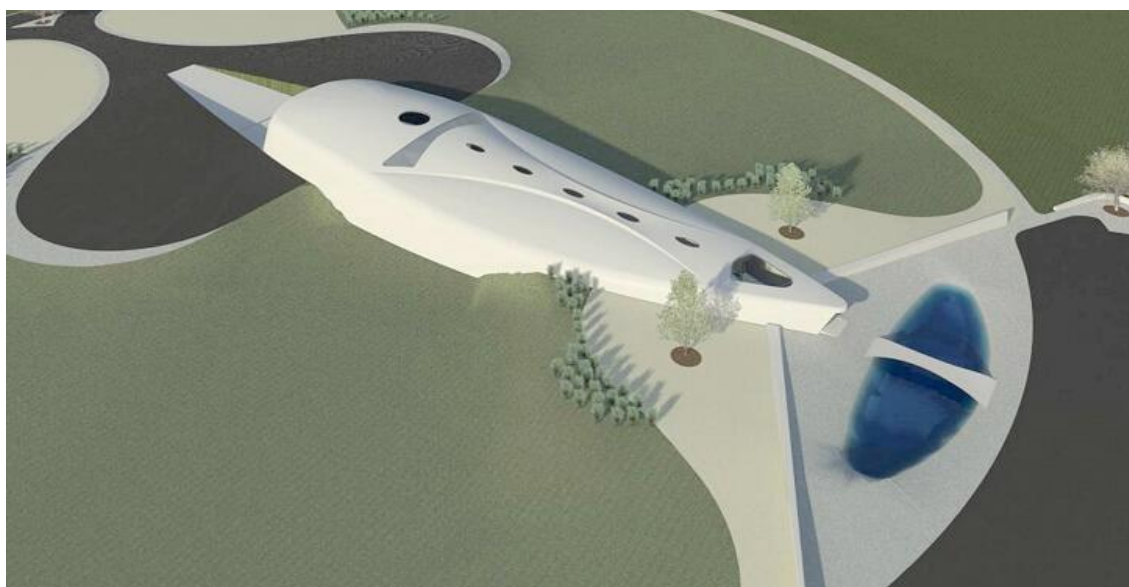


Рис. 1. Проект строительства реактора Smr

В компания Starcore Nuclear схема реакторной установки трехконтурная. В первом контуре рабочее тело – гелий, во втором – азот. Азот с более высоким давлением, чем в первом контуре, для предотвращения выхода гелия первого контура в окружающую среду. Третий контур – воздушный, в самом контуре установлена модифицированная газовая турбина.

Среди множества разрабатываемых в мире проектов ВТГР наибольший интерес вызывают разработки в Китае. Китай запустил в коммерческую эксплуатацию первую в мире АЭС (атомную электростанцию) 4-го поколения. До этого АЭС работала непрерывно в тестовом режиме в течение 168 часов, реактор HTR-PM600, на рисунке 2 показана модель энергоблока [3]. Объект находится с ВТГР находится на территории восточной провинции Шаньдун. Китайские специалисты разработали проект HTR-PM, главное его отличие – это то, что в нем к одной турбине подсоединены шесть реактивных модулей, а не два. АЭС имеет такие показатели: давление в первом контуре 7 МПа, выходная температура гелия составляет 750 градусов цельсия, температура пара 566 градусов цельсия, суммарная тепловая мощность блока составляет 1500 МВт, а суммарная электрическая мощность 655 МВт. Китайское правительство заявляет, что главным преимуществом высокотемпературного газоохлаждаемого реактора - является безопасность в области электроэнергетики [3].



Рис. 2. Мегаваттный энергоблок АЭС HTR-PM600

Подводя итоги, можно сделать выводы, что самым главным преимуществом ВТГР является их присущая конструкция. Стоимость электроэнергии, производимой на высокотемпературных газоохлаждаемых реакторах, намного ниже, что позволит им войти в конкуренцию с угольными электростанциями. Еще одно преимущество – это то, что такие реакторы могут непосредственно вырабатывать помимо электроэнергии и тепловую энергию. По статистике стоимость электроэнергии ВТГР составит менее 6,5 евроцентов за кВт-час. А также имеется большой ресурс для увеличения их КПД.

Литература:

1. Перспективы развития высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов: Российское атомное сообщество. – URL: <https://www.atomic-energy.ru/technology/73919> (дата обращения 5.12.2023).
2. Горячо забытое старое: атомный эксперт. – URL: https://atomicexpert.com/hot_forgotten_old (дата обращения 5.12.2023).
3. Новый демонстрационный 210-мегаваттный энергоблок АЭС «Шидаовань» с двумя высокотемпературными реакторами HTR-PM впервые подключен к энергосети Китая: Российское атомное сообщество. – URL: <https://www.atomic-energy.ru/news/2021/12/17/120388> (дата обращения 6.12.2023).

УДК 622.279

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕТАНДЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКИХ ГАЗОВ

Муругов Д.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Научный руководитель: Титов А.В.

Аннотация. Данная статья направлена на рассмотрение использования детандеров для получения газового конденсата из природного газа. Утилизация энергии с помощью турбодетандеров приобретает новые горизонты, ведь они не только производят электричество, но и способствуют генерации промышленного холода, а также обеспечивают извлечение жидкой смеси пропана и бутана. Эта смесь находит своё применение в качестве топлива для транспортных средств, дополнительно расширяя область использования данных устройств.

Ключевые слова: турбодетандер, природный газ, турбина, газовый конденсат, расширение газа, жидкие газы, холод.

В начале 1960-х годов был разработан турбодетандерный процесс с целью повышенного извлечения газового конденсата. Эти устройства представляют собой альтернативу для чиллера или клапана Джоуля-Томсона и позволяют охлаждать газ до -160°C . Техническое устройство турбодетандера состоит из двух основных компонентов: центробежного компрессора и радиальной расширительной турбины, которые собраны в единый блок. Главное применение данного устройства заключается в повышении эффективности извлечения этана из природного газа [1].

При этом достигаются очень низкие температуры, что позволяет сжижать значительную часть этана и более тяжелых соединений в природном газе. По сути, криогенная переработка заключается в снижении температуры газового потока примерно до -50°C . Для охлаждения потока природного газа используется внешний хладагент. Турбины детандера используются для быстрого расширения охлажденного газа, что приводит к значительному снижению температуры. Это быстрое падение температуры приводит к конденсации этана и других углеводородов в газовом потоке, оставляя метан в газообразной форме. В этом процессе извлекается 90-95% этана. Турбодетандеры также могут использоваться для производства электроэнергии, поскольку они расширяют поток природного газа и повторно сжимают газообразный метан. Это позволяет экономить энергозатраты при переработке природного газа [2].

Разработка и производство подходящих высокоскоростных турбинных роторов и сопел, способных надежно работать в экстремальных условиях низких температур и широкого диапазона давлений, является необходимым условием успешного коммерческого процесса депропанирования. При разработке оборудования и его применении в процессе используется уникальное сочетание термодинамики, механики жидкости и физики вращающегося оборудования. Здесь рассматриваются два широко используемых процесса [3].

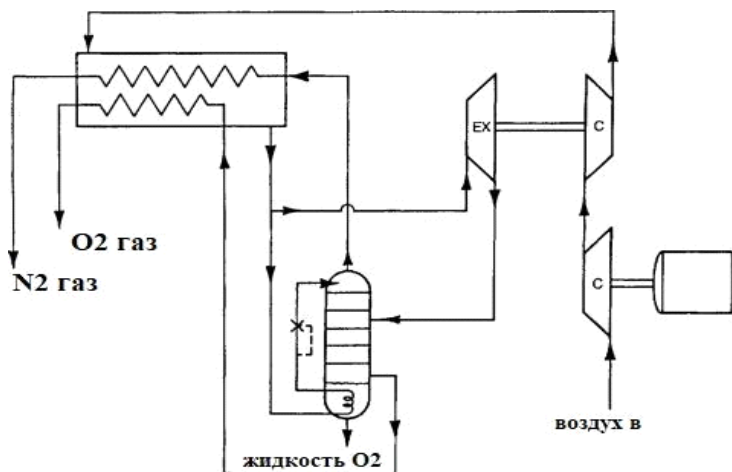


Рис. 1 Низкотемпературное применение турбодетандера при сепарации воздуха.

Низкотемпературное применение турбодетандера для разделения воздуха в упрощенном контуре. После охлаждения воздуха в теплообменнике почти до точки сжижения часть тепла отводится турбодетандером, при этом часть потока конденсируется. В турбодетандере происходит компенсация разницы температур и утечки тепла на более горячем конце теплообменника (если не удаляется холодный или жидкий продукт). Разделение воздуха может быть достигнуто путем введения воздуха в процесс под давлением 70-85 фунтов на квадратный дюйм [4].

В старых процессах полностью использовалось охлаждение Джоуля-Томсона. Эффект Джоуля-Томсона определяется как охлаждение, которое происходит, когда сильно сжатый газ расширяется, чтобы избежать внешней работы. Это охлаждение обратно пропорционально квадрату абсолютной температуры. Эта система работала достаточно хорошо, но для извлечения того же количества энергии требовалось гораздо более высокое давление.

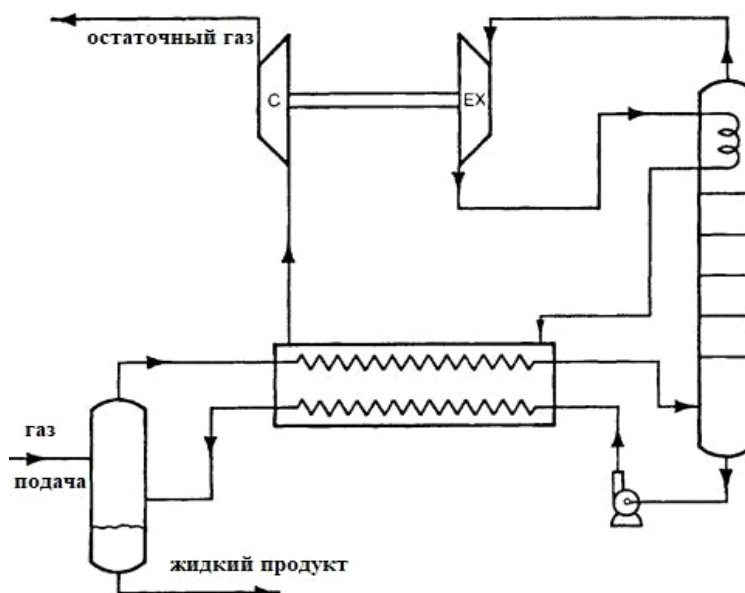


Рис. 2 Применение турбодетандера для отделения пропана и более тяжелых углеводородов из потока природного газа.

Этот цикл иллюстрирует несколько желательных особенностей низкотемпературного процесса.

Во-первых, расширитель должен использоваться при самой низкой температуре в цикле, так как именно здесь он термодинамически наиболее эффективен. Во-вторых, разница температур в теплообменнике должна быть достаточно низкой. Третьим преимуществом является удержание холода [5].

Удержание холода было продемонстрировано при обработке сырой жидкости, скопившейся в нижней части колонны. В этих условиях образуется большое количество растворенных нежелательных легких компонентов, которые, по крайней мере, частично испаряются в теплообменнике при противоточном нагреве сырого потока необработанным газом. Скрытое тепло, поглощаемое этим кипящим потоком, уравнивает тепло, выделяемое при неизбежном растворении некоторых легких компонентов в сыром растворе, когда оно конденсируется из потока сырого раствора на стороне высокого давления теплообменника. Эта практика удержания охлаждения является более важной, чем иногда думают [6].

Литература:

1. Современные альтернативные хладагенты на длительную перспективу и их возможные области применения (по материалам JARN) // Холодильная техника. 2016. № 6. С. 5-8.
2. Агабабов, В. С. О применении детандер-генераторных агрегатов в газовой промышленности / В. С. Агабабов // Энергосбережение и энергосберегающие технологии в энергетике газовой промышленности: материалы науч.-техн. совета ОАО «Газпром», Москва, нояб. 2000 г. М.: ИРЦ «Газпром», 2001. Т. 2. С. 50-53.
3. Агабабов, В. С. Бестопливные установки для производства электроэнергии, теплоты и холода на базе детандер-генераторных агрегатов / В. С. Агабабов // Новости теплоснабжения. 2009. № 1. С. 48-50.
4. Беспалов, В. В. Технология осушения дымовых газов ТЭС с использованием теплоты конденсации водяных паров / В. В. Беспалов // Известия ТПУ. 2010. Т. 316, № 4. С. 56-59.
5. Клименко, А. В. Возможность применения холода и дополнительной электроэнергии на тепловой электростанции / А. В. Клименко, В. С. Агабабов, П. Н. Борисова // Теплоэнергетика. 2017. № 6. С. 30-37.
6. Гафуров А.М. Газотурбинная установка НК-16СТ с обращенным газогенератором и низкокипящим рабочим контуром. // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. - 2012. - №4-1. - С. 81-82.

УДК 004.421

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ТОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА УЧЕБНЫХ ТЕКСТОВ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

*Гончаров А.Р., Лысенкова С.А.
Сургутский государственный университет*

Аннотация: Образование ориентируется на довузовский опыт студентов и преподавателю необходимо подстроить образовательную программу под данные особенности и подобрать учебные материалы. Особенно для студентов-первокурсников, преподаватель вынужден ответственно подбирать и при необходимости адаптировать учебный материал.

Выдвигается задача о подборе учебной литературы студентам в рамках одной или нескольких учебных дисциплин с целью повышения качества образования. Подбор текстов ограничивается из заранее подготовленного списка. Подбор списка литературы представляется алгоритмически, формируется задача тонального анализа выбранных текстовых источников при помощи оценок предварительного тестирования уровня знаний студентов, представленные в виде обобщённого тонального словаря со значением освоения коммуникативных блоков (понятий).

Ключевые слова: тональный анализ; тональность в учебном процессе; новая педагогика; подбор учебной литературы.

Введение. В образовательном процессе всё активнее применяется подход, основанный на «инновационной» или «новой» педагогике. Данный шаг обоснован к адаптации быстро изменяющейся реальности с качественным решением конкретных задач в условиях нестабильности, не прогнозируемости и не прекращения большого потока новой информации. Это означает, что высшие учебные заведения (университеты) должны не только специализировать студентов, но также учить жить в данных условиях. Таким образом, образование должно подстраиваться под эти реалии и учить учащихся самостоятельности, а значит появляется необходимость в новых методах и образовательных технологиях.

Новая педагогика переосмысливает ориентиры и роли участников обучения: преподаватель становится консультантом-куратором и ориентируется не на абсолютный образовательный идеал (всестороннее развитие личности), а на развитие личного опыта студента, необходимого для естественного и нормального развития [5]. В данном подходе обучение формируется на основе субъектного опыта учащегося, под которым подразумевается нечто изначально заданное, от чего необходимо отталкиваться и не изменять. Культурная установка и усвоенные ранее знания выступают источником для формирования образовательной программы с применением определённой педагогической технологии, как упорядоченной системы действий педагога для достижения поставленной цели [3].

Целью нового подхода образования является достижение рефлексии – самооценка и переосмысление учащимся его действий и приобретённых им знаний, что приводит к осознанной познавательной деятельности и формирует способность к самостоятельному поиску нового [6]. Важный результат обучения формируется в процессе усвоения понятий и принципов, отражённых в учебных текстах, что позволяет овладеть способами познавательной деятельности, значимыми и за пределами обучения.

Постановка задачи. В настоящее время образовательная деятельность чаще всего реализуется с применением компьютерных технологий, которые призваны к проявлению самостоятельной работы учащихся и упрощению работы педагога. В связи с цифровизацией образования с использованием дистанционно сетевых технологий структуру образовательной деятельности можно представить моделью «педагог-компьютер-ученик» (рисунок 1). Если рассмотреть студенческий этап обучения, то компьютер (или цифровая среда) является звеном, которое обеспечивает коммуникационную функцию между преподавателем и студентом. В дистанционном образовании обычно самостоятельно изучается учебная литература с дальнейшим выполнением оценочных заданий преподавателя. Под учебной литературой (или текстом), с точки зрения его восприятия, понимают целостный дидактический продукт, ориентированный на определённую социальную группу и содержащий информацию в специально созданных источниках (учебники, пособия и т. д.) [1].

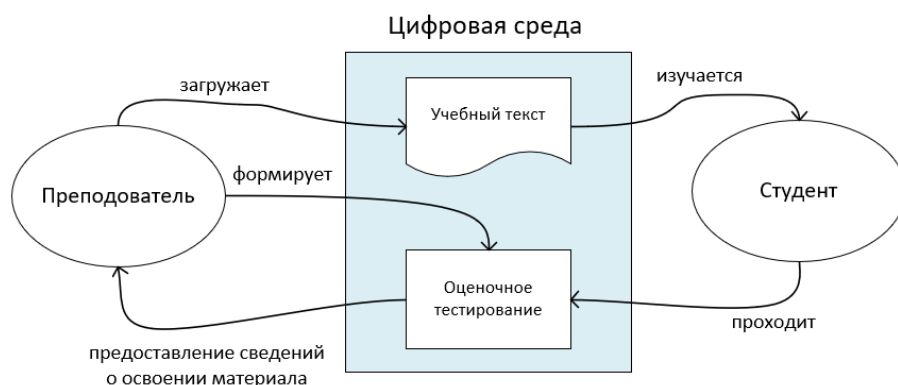


Рис. 1. Упрощённая схема дистанционного образования

Так как новый подход образования ориентируется на довузовский опыт студентов, то преподавателю необходимо подстроить образовательную программу под данные особенности и подобрать подходящие учебные материалы. Обычно приходится проявлять творческий подход и дополнительно преобразовывать исходные учебные тексты, так как на практике у студентов проявляется нехватка или отсутствие базовых требуемых компетенций в фиксации и освоение большого объёма информации [7]. Поэтому для успешного освоения материала, особенно для студентов-первокурсников, преподаватель вынужден ответственно подбирать и при необходимости адаптировать учебный материал.

Следственно выдвигается задача о подборе учебной литературы студентам (особенно для студентов первого курса) в рамках одной или нескольких учебных дисциплин с целью повышения качества образования. Под «качеством» понимается некоторая концепция с точки зрения привлекательности содержания и полезности для успешного освоения с прохождением оценочного контроля. Важно отметить, что студент помимо заранее подготовленной учебной литературы преподавателем также использует свои образовательные источники, выявление и контроль качества над которыми не составляет возможным. Поэтому в рамках данной задачи подбор текстов ограничивается из заранее подготовленного списка.

В свою очередь, учебные тексты носят исключительно теоретико-логичный характер, в которых излагается устоявшаяся, базовая, представляемая в строго систематизированном виде информация. Структура учебного текста подчиняется процессу познания, в рамках которой излагается подготовленная информация, в отличии от исследовательского описания в научных источниках. В структуру таких текстов входят коммуникативные блоки, которые представляют речевые образования (абзацы, предложения, словосочетания, термины), они несут композиционно-смысловой элемент, выраженный через мыслительные действия: сравнение, классификация, вывод формулы, подведение итогов и т. д. [2]. Неправильная

интерпретация таких структур в связи с наличием различных познавательных барьеров [4] определяют сложность освоения текста, что приводит к типичным ошибкам и заблуждениям и вследствие чего появление негативных результатов в обучении.

Тональный анализ учебных текстов. Подбор литературы с целью усвоения студентами учебных текстов можно представить алгоритмически – рисунок 2; здесь формируется задача тонального анализа текстовых источников при помощи предварительного тестирования уровня знаний студентов, представленных в виде обобщённого тонального словаря со значением освоения коммуникативных блоков (понятий).

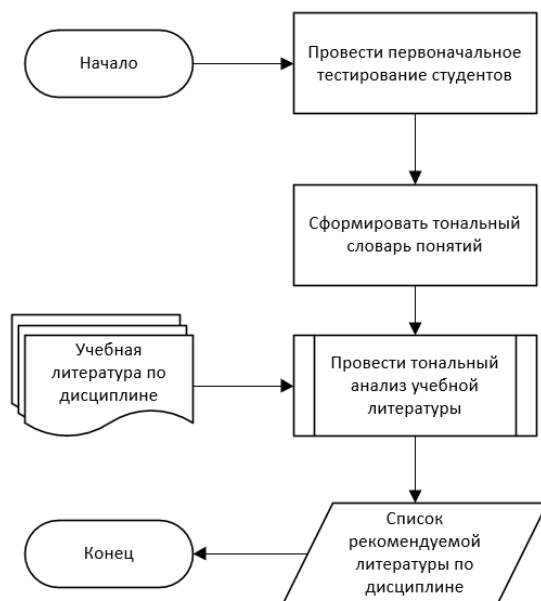


Рис. 2. Алгоритм подбора учебной литературы для студентов

Под тональным анализом учебной литературы будем понимать соотнесение текстового документа к одной из двух категорий, обладающих диаметрально противоположной полярностью: «рекомендовано студентам» (положительная) и «не рекомендовано студентам» (отрицательная). Отнесение документа к положительной категории предполагает, что можно рекомендовать текст на самостоятельное изучение и студенты успешно его усвоят. Тональность документа, в данном случае, выражает субъективность восприятия читателем информации и формируется из совокупности тональных оценок понятий, используемых в определённой учебной дисциплине. Так, например, в дисциплине «Интеллектуальные системы и технологии» есть такие понятия как «онтология», «искусственная жизнь», «язык “Lisp”» и другие узконаправленные, технические словосочетания в данной области. Для понятий, в свою очередь, вводится функция тональной оценки $F: X \rightarrow [0; 1]$, ставящая в соответствие каждому понятию x вещественное число, выраженное по шкале «понимания» (рисунок 3).

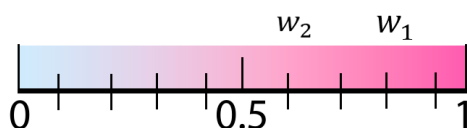


Рис. 3. Оценочная шкала «понимания» коммуникативных блоков

Тональная оценка w выражает оценочный окрас, показывающий насколько студенту знакомо или усвоено рассматриваемое понятие. Например, понятие $w_1 = 0.8$ более знакомо, чем понятие $w_2 = 0.6$, т.е. $w_1 > w_2$. Тональные оценки понятий w_i формируются на этапе

сбора информации о довузовском опыте студентов, например, тестированием или анкетированием методом *Best-Worst Scaling* [8]. Совокупность понятий $W = \{w_i\}$ порождает тональный словарь, структуру которого можно представить в виде таблицы, где каждому понятию сопоставляется соответствующая тональная оценка.

Тональный анализ учебного текста можно представить следующей формулой:

$$y = \arg_{class} \max \left(K(y_{doc} | Class_{pos}); K(y_{doc} | Class_{neg}) \right) \quad (1)$$

где:

$Class_{pos}$ – категория «рекомендовано студентам»;

$Class_{neg}$ – категория «не рекомендовано студентам»;

$y_{doc} = \prod_{i=1}^N F(x_i)$ – тональность учебного текста;

x_i – понятия, используемые в документе, $i = \overline{1, N}$;

N – количество понятий в документе;

$K(y_{doc} | Class)$ – классификатор, определяющий вероятность категории заданного текста.

Отнесение документа к категории и принятие решения о включении в образовательный процесс лишь ограничивает процесс познания и развития, так как подобранный список литературы основывается на текущем субъективном опыте студентов и не предполагает его расширения впоследствии ознакомления с литературой. Выходом из данного положения является либо просчёт тонального словаря с подбором нового списка литературы, либо отказ от строгой категоризации и составление ранжированного списка по следующей формуле:

$$y_j = K \left(y_{doc_j} | Class_{pos} \right) \quad (2)$$

где:

y_j – коэффициент «понимания» j -го документа, $j = \overline{1, M}$;

M – количество рассматриваемых учебных документов.

Таким образом, формируется ранжированный список учебных текстов $[y_1, y_2, \dots, y_M]$, где $y_1 \geq y_2 \geq \dots \geq y_M$. Данный подход задаёт порядок предоставления студентам учебных текстов с предположением развития и постепенным освоением незнакомых понятий, встречаемых в данных текстах.

Заключение. Развитие цифровых технологий и внедрение их в образовательный процесс новой педагогики с целью повышение качества и эффективности образования становится всё более распространённым явлением. Один из возможных сценариев их применения работа с конкретными учебными материалами в контексте определённых тем для подбора учебной литературы. Подбор учебной литературы для учащихся из изначально заданного списка источников формализуется в задачу тонального анализа учебных текстов.

Под тональным анализом учебных текстов подразумевается соотнесение каждого документа к одной из двух категорий, обладающих диаметрально противоположной полярностью (формула 1), с дальнейшим решением о включение документа в процесс обучения и формирование списка литературы.

Лучшим решением является ориентация на познавательный процесс обучения и применение тонального анализа для формирования ранжированного списка учебных источников (формула 2), задающего порядок для их ознакомления с целью повышения качества образования – привлекательное для студентов содержание материалов с успешным освоением и последующим прохождением оценочного контроля.

Литература:

1. Гетьман В. В. Образовательный текст как междисциплинарное понятие: подходы к определению // Традиции и инновации в современном культурно-образовательном

пространстве: М-лы X Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 25 ноября 2019 г. М.: Моск. гос. пед. ун-т, 2020. С. 18–27.

2. Дергун Л. И. Структура научно-учебных текстов (на м-ле школьных учебников) // Изв. Рос. гос. пед. ун-та им. А. И. Герцена. 2005. № 5 (11): Общественные и гуманитарные науки (философия, языкознание, литературоведение, культурология, история, социология, экономика, право). С. 32–37.

3. Раковская О. Л. Пути улучшения качества образовательного процесса // Alma Mater (Вестник высшей школы). 2014. № 4. С. 113–117.

4. Старикова А. В. Познавательные барьеры в обучении студентов // Вестник Моск. Ун-та. Сер. 20: Педагогическое образование. 2014. № 1. С. 106–114.

5. Учурова С. А. Современный педагог: новый мир – новая педагогика – новые роли // Вопросы педагогики. 2022. № 3 (2). С. 242–246.

6. Федорова М. А. Актуализация рефлексивно-дидактического потенциала учебной самостоятельной деятельности студентов в процессе обучения // Психолого-педагогический ж-л «Гаудеамус». 2021. Т. 20. № 1 (47). С. 14–20.

7. Фокина Е. Н. Учебно-исследовательская деятельность как фактор успешности адаптации студентов-первокурсников / Е. Н. Фокина, Г. Г. Сорокин // Вестник Сургутского гос. пед. ун-та. 2021. № 1. С. 64–74.

8. Kiritchenko S., Mohammad S. Best-Worst Scaling More Reliable than Rating Scales: A Case Study on Sentiment Intensity Annotation // Proceedings of the Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL-2017). Canada: Vancouver, 2017.

УДК 621.311

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ

Дюкин И.Р.¹, Храмцов К.В.²

¹ *Вятский государственный агротехнологический университет*

² *Национальный исследовательский университет ИТМО*

Аннотация. Статья рассматривает применение метода определения места повреждения в трехфазных сетях с изолированной нейтралью при однофазном замыкании на землю (ОЗЗ). В результате ОЗЗ возникает магнитное поле, воздействующее на ток и напряжение в соседних фазах и вызывающее высокочастотные составляющие нулевой последовательности. Исследование указывает, что полярности этих высокочастотных составляющих на поврежденной линии противоположны соседним неповрежденным линиям. Метод основан на фиксации изменений в полярностях высокочастотных составляющих тока и напряжения нулевой последовательности с использованием специальных приборов на отходящих линиях от подстанции. Этот подход эффективен в городских условиях, где визуальная оценка состояния линий затруднена. Тем не менее, стоит отметить ограничения метода, такие как его неэффективность при двухфазном замыкании или при повреждении на конце линии.

Ключевые слова. Однофазное замыкание на землю; трехфазные сети с изолированной нейтралью; магнитное поле; высокочастотные составляющие; напряжение и ток нулевой последовательности; полярности первых полувольт; определение места повреждения.

При однофазном замыкании на землю (ОЗЗ) в трехфазной сети с изолированной нейтралью возникает магнитное поле, которое влияет на распределение тока и напряжения в соседних фазах. Это приводит к появлению высокочастотных составляющих (ВЧС) тока и напряжения нулевой последовательности. При этом, полярности первых полувольт этих ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности на поврежденной линии противоположны полярностям на неповрежденных линиях. При этом, если повреждена одна из фаз, то полярности ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности в соседних фазах будут изменены по сравнению с нормальным режимом работы. Эти изменения можно зафиксировать и на их основе определять поврежденную линию. Для этого на отходящих от питающей подстанции линиях устанавливаются приборы, фиксирующие полярности первых полувольт ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности. Затем по этим данным можно определить, какая из линий является поврежденной и использовать их для быстрой локализации поврежденного участка линии.

Данный метод наиболее эффективен в условиях городской застройки, когда линии проходят вблизи друг от друга и визуальное их состояние определить затруднительно. Однако он имеет свои ограничения, например, он не работает при двухфазном замыкании или повреждение произошло на конце линии.

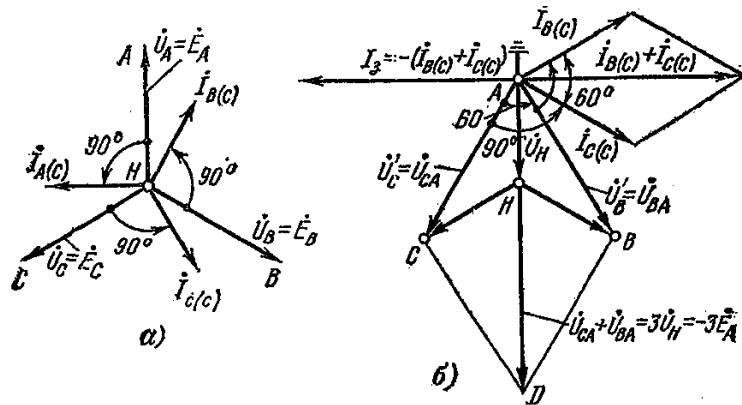


Рис. 1. а) Нормальный режим работы сети с изолированной нейтралью;
 б) ОЗЗ в сети с изолированной нейтралью

Суть метода: при ОЗЗ на поврежденной линии возникают импульсы ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности. Эти импульсы распространяются в обоих направлениях от места повреждения и попадают на здоровые участки линий. На здоровых участках линий, принимающих эти импульсы, происходит переключение полярности первой полувольты ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности.

Метод основан на фиксации полярностей первых полувольт ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности, возникающих при ОЗЗ. При ООЗ ток в поврежденной фазе имеет значительную ВЧС составляющую, которая распространяется по всей линии. Эта ВЧС составляющая вызывает появление сигналов, имеющих первые полувольты, на всех трех фазах, а также на земле. Измеряется полярность первой полувольты ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности на концах здоровых участков линии, при этом они должны иметь противоположные полярности. Если на одном конце линии полярность первой полувольты ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности отличается от полярности на другом конце, то это означает, что место повреждения находится между ними.

Для фиксации полярностей первых полувольт ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности используются регистраторы первых полувольт. Они устанавливаются на каждый фазовый провод и на заземлитель, и регистрируют первые полувольты ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности. После этого осуществляется анализ результатов измерений для определения поврежденной фазы.

Если в момент замыкания на землю положительная полуволна тока проходит от поврежденного места к источнику, то на первом цикле фильтра ВЧС тока будет зафиксирована положительная амплитуда. $I_{вчс1} > 0$.

Если в момент замыкания на землю от поврежденного места к источнику протекает отрицательная полуволна тока, то на первом цикле фильтра ВЧС тока будет зафиксирована отрицательная амплитуда. $I_{вчс1} < 0$.

Если в момент замыкания на землю положительная полуволна напряжения находится между поврежденным местом и источником, то на первом цикле фильтра ВЧС напряжения будет зафиксирована положительная амплитуда. $U_{вчс1} > 0$.

Если в момент замыкания на землю положительная полуволна напряжения находится между поврежденным местом и нагрузкой, то на первом цикле фильтра ВЧС напряжения будет зафиксирована отрицательная амплитуда. $U_{вчс1} < 0$.

После фиксации полюсов первых полувольт ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности, определяются их значения в каждой точке сети. При ОЗЗ на поврежденной линии возникает ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности, полярность которой зависит от места замыкания на линии.

Для определения места повреждения необходимо сравнить полярности первых полувольт ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности, зарегистрированных на разных точках сети. Если полярности совпадают, то повреждение находится между точками; если полярности не совпадают, то повреждение находится вне отрезка между точками фиксации.

Для определения места повреждения можно использовать несколько методов. Например, можно построить на плане сети прямоугольную систему координат и отложить на ней координаты точек, где была произведена фиксация полюсов ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности. Затем можно провести прямую линию между этими точками и отложить на ней расстояние от начала координат до точки, где полярности не совпадают. Это расстояние будет равно расстоянию от начала координат до места повреждения.

Другой метод заключается в использовании специализированного оборудования, которое позволяет определить полярности первых полувольт ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности в различных точках сети и автоматически определить место повреждения.

Однако, описанный метод имеет свои ограничения и не всегда может точно определить место повреждения. Он не работает, если ОЗЗ произошло на заземлителе или на линии с низкой емкостью. Также он не может определить место повреждения, если на линии установлены трансформаторы тока и напряжения, которые могут сильно исказить ВЧС.

Заключение. Таким образом, для определения поврежденной линии необходимо измерить полярности ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности в соседних фазах и сравнить их с нормальными значениями. Если есть отклонения, то это может указывать на поврежденную линию.

Метод определения поврежденной линии сети с изолированной нейтралью, основанный на фиксации полярностей первых полувольт ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности, возникающих при ОЗЗ, позволяет быстро и точно определять местоположение поврежденной линии и устранять неисправность. Для определения местоположения поврежденной линии необходимо провести измерения амплитуд и фазных углов первых полувольт ВЧС тока и напряжения нулевой последовательности на разных участках линии, а затем определить расстояние до места повреждения и направление к нему. В итоге, применение данного метода позволяет существенно уменьшить время на поиск и устранение поврежденной линии и, соответственно, улучшить качество электроснабжения.

Литература:

1. Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 2002. 358 с.
2. Федосеев А. М. Релейная защита электроэнергетических систем / Релейная защита сетей. М.: Энергоатомиздат, 1984. 240 с.
3. Казанский В. Е., Кузнецов А. П. Автоматизация энергетических систем. М.: Высшая школа, 1973. 320 с.
4. Борухман В. А., Кудрявцев А. А., Кузнецов А. П. Устройства для определения мест повреждения на воздушных линиях электропередачи 6-750 кВ. М.: Энергия, 1980. 180 с.
5. Шалыт Г. М., Айзенфельд А. И., Малый А. С. Определение места повреждения линий электропередачи по параметрам аварийного режима. М.: Энергоатомиздат, 1983. 176 с.
6. Айзенфельд А. И., Кузнецов А. П., Аронсон В. Н., Янаус А. Я. Фиксирующие индикаторы тока и напряжения обратной последовательности // Электрические станции. 1982. № 11. С. 62–63.
7. Кузнецов А. П. Применение новых технических средств для определения мест повреждения в сельских электрических сетях // Энергетик. 1983. № 6. С. 24–26.
8. Гловацкий В. Г., Кузнецов А. П., Аронсон В. Н. Применение фиксирующих индикаторов для определения мест повреждения в сельских электрических сетях // Электрические станции. 1985. № 10. С. 63–66.

УДК 004.89:004.383:629.06

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАНСПОРТА НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ

*Поддубный И.В., Ассенгеймер Д.Э.
Сургутский государственный университет*

Цель проекта: создать модель автоматизированной железнодорожной сортировочной станции горочного типа, используя микропроцессорные контроллеры и применяя основные принципы проектирования автоматизированных систем управления (далее – АСУ).

Задачи проекта:

- определить основные характеристики будущей модели;
- составить план работы;
- обеспечить периодические встречи членов команды и куратора проекта для работы над моделью;
- определить степень детализации и набор необходимых компонентов проекта;
- спроектировать и воссоздать физическую составляющую модели;
- разработать программный комплекс управления автоматизированной системой.

Команда проекта:

- руководитель, программист, электротехник; функции – разработка программного кода для микропроцессорных контроллеров Arduino и электронных схем, монтаж элементов автоматизации и создание физических элементов дизайна модели;
- программист, дизайнер, монтажник; функции – разработка программного кода для одноплатного компьютера Raspberry Pi и дизайна пользовательского веб-интерфейса, монтаж физических элементов дизайна модели.

Идея проекта: модель автоматизированной железнодорожной станции представляет собой транспортную АСУ, которая отражает принципы проектирования крупных систем автоматического и автоматизированного управления на реальных производствах. Такая система позволяет будущим студентам изучать принципы проектирования АСУ и осваивать ее настройку, программирование и тестирование.

Основные элементы АСУ модели: стенд содержит 4 контроллера Arduino, один контроллер RaspberryPi, 10 инфракрасных датчиков, 12 семафоров, в том числе, один горочный трехсекционный семафор, остальные – двухсекционные маневровые, две платы управления светодиодами на семафорах, 6 контактных датчиков, 6 стрелок, механизм расцепки вагонов и пульт управления сортировкой по месту.

Иерархия АСУ модели: для реализации верхнего и среднего уровней АСУ, используется одноплатный компьютер Raspberry Pi и контроллеры Arduino. Raspberry Pi находится на верхнем уровне и является полноценным компьютером, способным компилировать и запускать программы, написанные на высокоуровневых языках. Он используется в качестве сервера для веб-приложения, которое является инструментом удаленного управления системой. Также он посылает и принимает управляющую информацию от микропроцессорных контроллеров Arduino. Они составляют средний уровень и выполняют роль программируемых логических контроллеров, каждый из которых отвечает за свой набор датчиков и исполнительных устройств. Первый отвечает за перевод стрелок и управление составом, второй – переключение семафоров и освещения, третий – опрос датчиков, четвертый – опрос кнопок для управления по месту. Исполнительные устройства, кнопки и датчики составляют нижний уровень АСУ.

УДК 691.3

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВРАЩЕНИЯ СМЕСИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА

Постовой А.А.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ

Аннотация. Целью данной статьи является анализ существующих научных результатов влияния угла наклона лопастей, частоты и продолжительности вращения смесителя на свойства пенобетона. Поиск материала для анализа осуществлялся по научным статьям и отчётам научно-исследовательских работ. Результаты исследований станут основой для разработки технологии приготовления пенобетона для применения в 3D-печати. На первом этапе исследования по предварительным испытаниям, на основе анализа материалов, представленных в источниках, определён оптимальный смеситель – спиральный трёхвинтовой, который будет применяться для дальнейших исследований связанных с оптимизацией параметров миксера и цикла приготовления пенобетонной смеси с целью получения равномерного и однородного порообразования.

Ключевые слова: пенобетон; смеситель; угол наклона; скорость вращения; продолжительность перемешивания.

В настоящее время наблюдается развитие новых технологий в различных сферах жизни, в том числе, в строительстве, где одной из перспективных технологий является 3D-печать зданий. Эта инновационная технология позволяет создавать сооружения с помощью трехмерных принтеров, которые используют различные материалы для формирования объектов; одним из них является пенобетон, который обладает рядом преимуществ по сравнению с другими материалами, но у него есть существенные недостатки, выраженные показателями низкой прочностью в начальный период твердения, медленной скоростью набора прочности и высокой текучестью. Влияние на данные параметры оказывают различные факторы: состав, квалификация персонала, внешние и технологические воздействия. С каждым годом увеличивается количество исследований в области составов пенобетона, применяются всё более новые пенообразователи, вяжущие, модификаторы, стабилизаторы и заполнители, которые во многих случаях способствуют улучшению тех или иных характеристик материала. Но одной из важнейших составляющих оказывающих значительное влияние на итоговые свойства любого материала является технология его приготовления, каждый параметр которой может существенно улучшить или снизить характеристики.

Было решено выполнить комплексный анализ влияния параметров технологии приготовления пенобетона на его характеристики с целью выявления оптимальных, на основе которых будет разработан пенобетон, соответствующий требованиям 3D-печати и обладающий высокими показателями начальной скорости твердения и требуемой текучести. Выполнен анализ существующих научных результатов влияния угла наклона лопастей, частоты и продолжительности вращения смесителя на свойства пенобетона.

В таблицу 1 сведены данные влияния угла наклона лопастей, частоты и продолжительности вращения смесителя. В столбцах: 1 – номера источников [1–5], указанные в списке литературы; 2 – оборудование и принятые авторами постоянные величины; 3 – изучаемые параметры; 4 – результаты исследования.

Таблица 1.

Влияние технологических параметров на свойства пенобетона

№	Оборудование и постоянные величины	Параметр	Результат
1	2	3	4
Угол наклона			
[1]	1) Трёхлопастной смеситель цилиндрической формы 2) Скорость вращения – 500 об/мин	Снижение угла наклона лопастей	1) Увеличивается однородность смеси 2) Снижается потребляемая мощность 3) Рациональный угол наклона 30-45°
Частота вращения смесителя (скорость перемешивания), об/мин			
[1]	1) Трёхлопастной смеситель цилиндрической формы 2) Перфорированные лопасти и без перфорации	150-650 об/мин	1) Постоянное увеличение коэффициента воздухововлечения (КВ)
		500-650 об/мин	1) Достигается наибольшая эффективность КВ
		650-1000 об/мин	1) Уменьшение воздухововлечения КВ
[2]	1) Турбулентный смеситель 2) Продолжительность перемешивания – 4 мин	500-1500 об/мин	1) Уменьшение средней плотности 2) Уменьшение прочности на сжатие 3) Уменьшение коэффициента конструктивного качества (ККК)
		1000 об/мин	1) Наиболее высокое значение ККК
[3]	1) Турбулентный смеситель. 2) Продолжительность перемешивания – 4 мин	500-750 об/мин	1) Редкие, мелкие поры и широкие межпоровые перегородки
		1000 об/мин	1) Однородная структура с порами различного диаметра 2) Оптимальные показатели прочности на сжатие при низкой средней плотности
		1250-1500 об/мин	1) Неоднородность межпоровых перегородок и коалесценция пор
[4]	1) Высокоскоростной пеногенератор кавитационного типа	1) «Неопор» – 10640-15780 об/мин 2) «ПБ-2000» – 10640-18350 об/мин	1) Уменьшение плотности пены «Неопор» и «ПБ-2000» 2) Увеличивается прочность на сжатие и изгиб при «ПБ-2000» 3) В отдельности увеличивается теплопроводность
[5]	1) Турбулентный смеситель D = 250 мм с конической частью 60° 2) Трёхлопастной активатор	150-550 об/мин	1) Активно увеличивается коэффициент однородности смеси (КОС)
		450-550 об/мин	1) Наиболее эффективная скорость увеличения КОС
		550-950 об/мин	1) Значительно замедляется скорость увеличения КОС
Продолжительность перемешивания, мин			
[1]	1) Трёхлопастной смеситель цилиндрической формы	До 12,5 мин	1) Увеличение КВ
		12,5-20 мин	1) Уменьшение КВ
		20-25 мин	1) КВ практически не изменяется
[2]	1) Турбулентный смеситель. 2) 1000 об/мин	2-6 мин	1) Снижается средняя плотность и прочность на сжатие
		2-4 мин	1) Увеличивается ККК
		5-6 мин	1) Уменьшается ККК

[3]	1) Турбулентный смеситель 2) 1000 об/мин	2-3 мин	1) Плотная структура 2) Малое количество пор малых размеров 3) Массивные межпоровые перегородки
		4 мин	1) Однородная структура 2) Пory различного диаметра 3) Отсутствует коалесценция пор
		5-6 мин	1) Неоднородная структура 2) Неоднородность межпоровых перегородок 3) Коалесценция пор
[4]	1) Высокоскоротной пеногенератор кавитационного типа	Увеличение продолжительности.	1) Уменьшение плотности пены «Неопор» и «ПБ-2000» (6-10 мин) 2) Увеличивается прочность на изгиб 3) Уменьшается прочность на сжатие 4) В отдельности уменьшается теплопроводность
[5]	1) Турбулентный смеситель D = 250 мм с конической частью 60°. 2) Скорость – 550 об/мин 3) Трёхлопастной активатор	До 5,5 мин	1) Интенсивно увеличивается КОС
		3,5-5,5 мин	1) Наиболее рациональная продолжительность
		Более 5,5 мин	1) Замедление увеличения КОС

В столбце 2 таблицы 1, представлены не все постоянные параметры, оборудование и материалы, поэтому при необходимости следует ознакомиться с ними более подробно в исходных источниках [1–5].

На основе результатов, приведённых в таблице 1, для удобства восприятия разработаны схемы, представленные на рисунках 1 и 2, отражающая влияние скорости перемешивания и продолжительности на свойства пенобетона соответственно.



Рис. 1. Влияние скорости перемешивания смесителя на свойства пенобетона

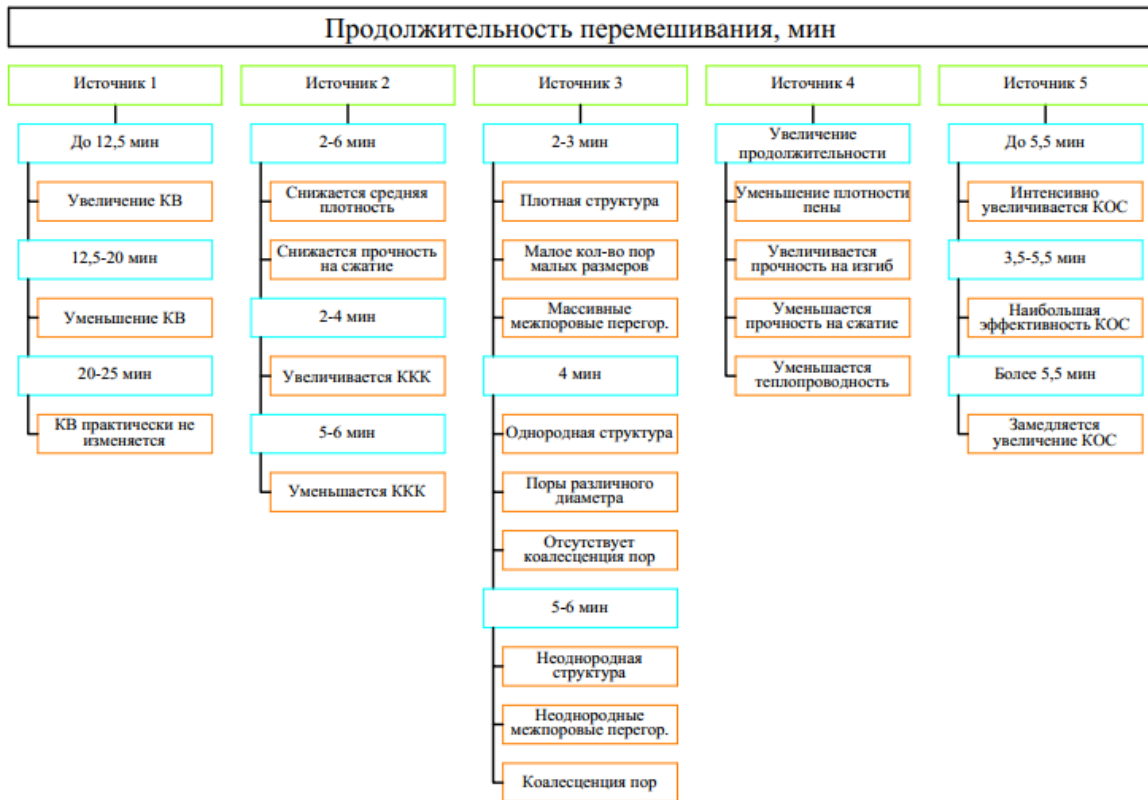


Рис. 2. Влияние продолжительности перемешивания смесителя на свойства пенобетона

Подводя итоги проделанной работы можно сделать вывод, что крайне важно учитывать при приготовлении пенобетона: параметры частоты вращения и продолжительности перемешивания смеси, а также угол наклона лопастей смесителя, так как оказывается существенное влияние на однородность смеси и пены, объём воздуховлечения, плотность и прочность, коэффициент конструктивного качества, структуру пор, а также теплопроводность. При этом скорость, время и угол наклона лопастей будет изменяться в зависимости от применяемого оборудования и пенообразователя, что также требуется учитывать при приготовлении пенобетона. Результаты исследований, представленные авторами [1–5] положены в основу разработки технологии приготовления пенобетона для применения в 3D-печати.

В результате предварительных испытаний на первом этапе исследования, на основе анализа представленных материалов [1–5], при приготовлении пенобетона в лаборатории кафедры «Строительство и техносферная безопасность» были опробованы несколько вариантов смесителей для получения смеси с равномерным порообразованием, по результатам первого этапа исследования был выбран наиболее оптимальный – спиральный трёхвинтовой смеситель, с количеством оборотов 1400 в минуту.

В настоящее время выполняются исследования оптимизации параметров миксера и смесителя для приготовления быстротвердеющей смеси.

Литература:

1. Влияние параметров лопастей активатора на однородность пенобетонной смеси и коэффициент потребляемой мощности привода смесителя / А. К. Халюшев, А. А. Чернильник, Г. А. Воробьев [и др.] // Вестник ВСГУТУ. 2021. № 1(80). С. 70–77. – EDN MWKDTX.
2. Зависимость физико-механических характеристик пенобетона от продолжительности и интенсивности перемешивания пенобетонной смеси / А. Н. Сухоручкин, А. А. Чернильник, М. В. Третьякова [и др.] // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11 (4). С. 46. – EDN OEVRAB.
3. Особенности структурообразования пенобетона в зависимости от некоторых технологических параметров / А. В. Яновская, А. А. Чернильник, Н. А. Доценко [и др.] // Вестник евразийской науки. 2019. Т. 11 (4). С. 47. – EDN SNAAMX.
4. Бартеньева Е. А. Влияние вида пенообразователей и технологических факторов на свойства пенобетона / Е. А. Бартеньева, Н. А. Машкин // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 8 (704). С. 53–62. – EDN ZWJEOP.
5. О влиянии режимов перемешивания на качество пенобетонной смеси / А. И. Шуйский, Е. М. Щербань, С. А. Стельмах [и др.] // Вестник ВСГУТУ. 2020. № 3 (78). С. 69–74. – EDN EUWMJL.

УДК 691.620.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ряжских А.И., Дмитриенко В.А.

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ

Аннотация. В исследовании представлены результаты работы над разработкой и совершенствованием методики определения механических свойств строительных материалов в лаборатории кафедры СиТБ ИСОиП (ф-л ДГТУ, г. Шахты). Выделены основные аспекты и этапы исследования. Методика позволяет проводить исследования с модифицированными составами бетона призмной, кубической и цилиндрической формы.

Ключевые слова: бетон; прочность; автоматизация расчётов; модуль упругости; совершенствование; новая методика.

Регламентированная методика по ГОСТ 24452-80 Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона, подразумевает ступенчатое нагружение испытания образцов в форме призмы, а также специального различного оборудования с синхронизированной записью времени, нагрузки и возникающей в образце деформации в продольном и поперечном направлении [1].

Имеющееся в лаборатории оборудование не в полной мере соответствует нормативным требованиям; это увеличивает время на проведение и обработку испытания, к тому же время, затрачиваемое на испытание образцов, зависит и от их количества, поэтому принято решение о разработке автоматизированной методики определения механических свойств бетона.

В связи с активными исследованиями модифицированных составов бетона, которые проводятся в лаборатории кафедры СиТБ целью данной разрабатываемой методики является применение ее на простом оборудовании, и испытания модифицированных бетонных образцов не только призмной, но также кубической и цилиндрической формы.

Основной сложностью на пути решения поставленной задачи являлось в фиксации деформаций, возникающих в образце на протяжении всего времени нагружения, так как имеющийся пресс E160N не имеет данной функции, а имеет лишь возможность фиксировать нагружения и напряжения, решено использовать сторонние измерительные приборы, которые будут отображать деформации с дальнейшей их фиксацией через фото и видеосъемку. В связи с тем, что принятое решение будет достигаться за счет сторонних средств, возникает ряд следующих проблем, без решения которых будет отсутствовать возможность их реализации, а именно синхронизация результатов испытания и расчетный специализированный комплекс, который позволит не только структурировать и рассчитывать испытание, но и предоставит возможность сравнивать полученные результаты, что, в свою очередь, отразится на точности определения характеристик образцов и значительного сокращения времени на обработку результатов, ведь в зависимости от частоты записи и времени нагружения зависит итог общего затраченного времени на обработку. В конце испытания имея данные которые записал пресс и данные по деформациям мы можем определить модуль упругости испытанного образца.

Одним из первых этапов исследования являлось разработка расчетного измерительного комплекса.

В качестве прибора измерения деформации был применен механический индикатор часового типа, для записи использовалась видеофиксация, а для синхронизации рядом с индикатором установлен таймер, который запускался вместе с включением насоса гидравлического пресса. Это дало возможность фиксировать деформации в образце с интервалом в 1 секунду, что позволило начать разработку расчетной программы [2].

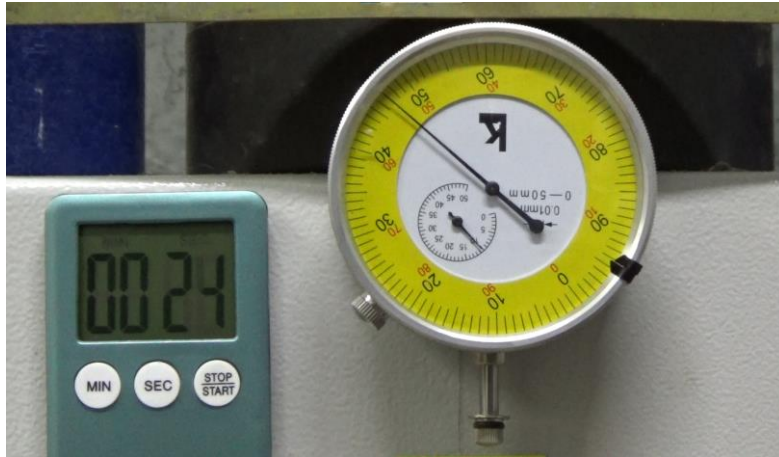


Рис. 1. Видеофиксация деформаций образца во время испытания

Выбор сделан в пользу электронных расчетных таблиц Microsoft Excel как одного из доступных инструментов, открывающих возможности в области автоматизированных расчетов и построения графиков.

Отталкиваясь от установленного интервала было необходимо отобрать значения с пресса так как пресс фиксирует данные с частотой 0.050 секунды. При переносе значений в таблицу стало понятно, что каждая 20 ячейка равнялась 1 секунде, для автоматической фильтрации с данным интервалом использовалась специальная формула-ссылка, которая формировала отдельную таблицу подобранных значений и нам оставалось лишь перенести значения деформации с видео к отобранному интервалу нагрузки.

	A	B	C	D		A	B
1	19.фев	1 тест			1	19.фев	1 тест
2					2		
3	время	напряжения	сжимаемость		3	время	напряжения
4	0.050	1.472			4	<u>1.000</u>	<u>3.487</u>
5	0.100	1.610			5	<u>2.000</u>	<u>5.492</u>
6	0.150	1.802			6	<u>3.000</u>	<u>10.727</u>
7	0.200	2.005			7	<u>4.000</u>	<u>20.420</u>
8	0.250	2.261			8	<u>5.000</u>	<u>36.500</u>
9	0.300	2.527			9	<u>6.000</u>	<u>57.114</u>
10	0.350	2.708			10	<u>7.000</u>	<u>79.918</u>
11	0.400	2.751			11	<u>8.000</u>	<u>103.343</u>
12	0.450	2.783			12	<u>9.000</u>	<u>126.353</u>
13	0.500	2.836			13	<u>10.000</u>	<u>148.577</u>
14	0.550	2.900			14	<u>11.000</u>	<u>169.780</u>

Рис. 2. Таблица подбора с частотой в 1 секунду

После переноса значений деформаций осуществлялось построение нагрузочных графиков, по которым выбирался прямолинейный участок. По новой выборке прямолинейного участка строилась оценка величины достоверности аппроксимации, показатель которой должен стремиться к единице. В случае отклонения линии тренда от крайних точек данного, точки необходимо не включать в выборку.

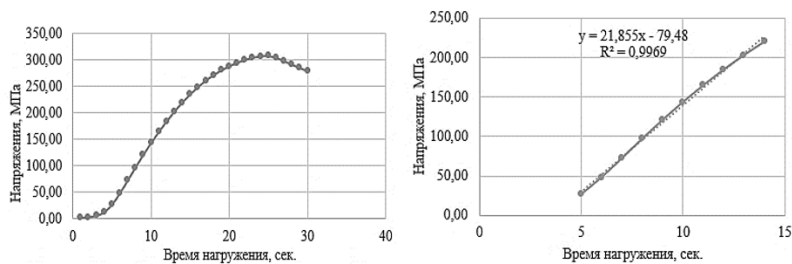


Рис. 3. Графики нагружения и оценки достоверности аппроксимации

По результатам графиков, из разницы напряжений и деформации линейного участка, определяем данные в образце, определив относительные деформации были составлены формулы, которые рассчитывали модуль упругости образца.

Как основа и прототип данная методика имела ряд недостатков, которые необходимо было устранять. А именно точность определения деформаций, фиксация не только продольных, но и поперечных деформаций, достоверная синхронизация по времени и интервалам результатов с пресса и деформаций, а также усовершенствование расчетной таблицы, для более удобного и быстрого использования.

Следующим этапом являлось устранение выявленных недоработок и недостатков методики. Была проведена работа над повышением точности определения продольных деформаций, сконструированное приспособление, закрепленное на верхней опоре пресса, позволило нам установить под углами 120 градусов три индикатора часового типа, но это привело к увеличению числа ноутбуков к которым подключались камеры. Исходя из этого нам пришлось отказаться от полной видеофиксации, и использовать фотофиксацию также с отведенным интервалом в секунду. Но синхронизация при фиксации таким способом ухудшилась в разы, необходимо было придумать то, как запускать все три камеры одновременно. Для этого была разработана специальная программа, которая позволяла запускать несколько камер на одном ноутбуке одновременно, соответственно и одновременно фиксировать значения индикаторов в трех местах [3].

Усовершенствование расчетной таблицы началось с ее переработки. Если необходим был интервал, нужно было задавать его вручную переносом ячеек, что неудобно и долго – испытание могло длиться больше 50 секунд. Модернизация этапа при помощи формул позволила указать нужный интервал в секундах и таблица сама, из всего массива, искала указанный нами интервал и переносила его в отдельный столбец. В целях контроля правильности значений был добавлен столбец, в котором найденные значения подсвечивались, в целом это позволило автоматизировать этап, даже если будет необходимо увеличить или сократить частоту поиска значений, достаточно указать искомый интервал.

Исходное время	Исходная нагрузка	ИТОГ ВРЕМЕНИ	ИТОГ НАГРУЗКИ	Степень	РАСЧЕТНО-ПРОГРАММНАЯ ТАБЛИЦА
Очистка	Применение фильтра 0	1,000	Отмена фильтра 0	Выделение найденных позиций	
0,800	1,557	0,800	0,000		0,800
0,850	1,578	0,850	0,000		0,850
0,900	1,599	0,900	0,000		0,900
0,950	1,631	0,950	0,000		0,950
1,000	1,663	1,000	1,663	1,000	1,000
1,050	1,695	1,050	0,000		1,050
1,100	1,729	1,100	0,000		1,100
1,150	1,802	1,150	0,000		1,150
1,200	1,855	1,200	1,800	0,000	1,200
1,250	1,909	1,250	0,000		1,250
1,300	1,951	1,300	0,000		1,300
1,350	2,015	1,350	0,000		1,350
1,400	2,069	1,400	0,000		1,400
1,450	2,122	1,450	0,000		1,450
1,500	2,186	1,500	0,000		1,500
1,550	2,250	1,550	0,000		1,550
1,600	2,314	1,600	0,000		1,600
1,650	2,378	1,650	0,000		1,650
1,700	2,453	1,700	0,000		1,700
1,750	2,538	1,750	0,000		1,750
1,800	2,623	1,800	0,000		1,800
1,850	2,708	1,850	0,000		1,850
1,900	2,815	1,900	0,000		1,900
1,950	2,930	1,950	0,000		1,950
2,000	3,007	2,000	3,007	2,000	2,000

Рис. 4. Обновленная таблица подбора

Также изменение коснулось и основной расчетной части таблицы. Добавлены отдельные ячейки под каждый индикатор, который фиксирует деформации, по трем показаниям уже для большей точности считается среднее значение, для удобства настроены отдельные окна для корректировки значений, например, как точки графика. Формулы настроены и оптимизированы так, что уже возможно проводить испытания образцов различной формы и высоты, добавлены дополнительные графики деформаций, для корректных подсчетов. В связи с добавлением вышеописанных дополнений был улучшен внешний вид чтобы интуитивно было проще ориентироваться в таблице [4].

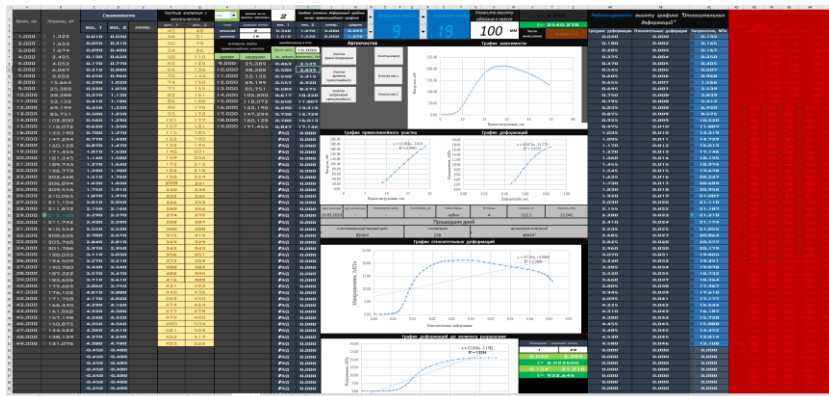


Рис. 5. Обновленная расчетная таблица

Одной из последних наших доработок является приспособление при помощи которого сможем определять поперечные деформации. Суть расчета и при это остается прежней. Нам также необходимо снять показания с прибора и перенести их в расчетную таблицу.



Рис. 6. Приспособление для определения поперечных деформаций

Литература:

1. ГОСТ 24452-80. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона: межгосударственный стандарт: изд. офиц.: дата введения 01.01.1982. М.: Стандартиформ, 2005. 6 с.
2. Дмитриенко В. А. Ряжских А. И. Разработка методики определения модуля упругости бетона при испытании на сжатие // VII Национальная науч. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов «Научная весна-2022». Шахты: ИСОиП (филиал ДГТУ), 2022. С. 287–294.
3. Кокунько И. Н., Ряжских А. И. Применение табличного процессора «Excel» при обработке результатов экспериментальных исследований // IV Всерос. нац. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии в строительстве и управление техническим состоянием инфраструктуры». Ростов-на-Дону: Рост. гос. ун-т. путей сообщения, 2022. С. 65–69.
4. Дмитриенко В. А. Ряжских А. И. Обработка экспериментальных данных при испытании строительных материалов // VII Всерос. конф. с междунар. уч. «Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки». М.: РУТ (МИИТ), 2022. С. 164–167.

УДК 621.3.018.32

АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЦБ

Шулякевич Е.Е.¹, Рыжов Н.А.²

*¹ Красноярский институт железнодорожного транспорта
² Иркутский государственный университет путей сообщения*

Аннотация. В статье рассматриваются технические несовершенства электроснабжения оборудования сигнализации, блокировки и централизации. Рассмотрены устройства СЦБ и системы, диагностированы и проанализированы недостатки устройств, а также предложены методы уменьшения или исключения отказов и дефектов в работе оборудования.

Ключевые слова: резерв; диагностика; отказы; сигнализация; централизация; блокировка; электроснабжение.

В современном мире ОАО «РЖД» имеет особенную инфраструктуру, потому что производит транспортировку грузов и пассажиров по самой большой стране в мире, обеспечивая максимальную безопасность и контроль. Следовательно, чтобы железнодорожные станции могли вести бесперебойную работу и эффективно функционировать, используют устройства СЦБ, которые контролируют и обеспечивают безопасность движения поездов. Однако, имеют место быть недостатки и минусы у такого оборудования, которые мы далее рассмотрим, ведь это тоже влечет за собой сбои, отказы и проблемы. В данной статье выясним особенности и исследуем недостатки устройств электроснабжения СЦБ, а также потенциальные пути их ликвидации.

Материалы и методы. Для того, чтобы обеспечить нормальную и безотказную работу сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) на железной дороге необходимо для начала осуществить основное электроснабжение линий ВЛ СЦБ (напряжением 10 кВ), а также резервное электроснабжение от продольных линий потребителей (10-35 кВ).

Далее необходимо обеспечить электроэнергией следующее оборудование: в первую очередь, это блоки управления. Данные устройства осуществляют контроль пути и возможность дистанционно управлять централизацией, т. е микропроцессорными системами, сигналами, стрелками, блокировкой, контроль приема/отправления на станцию/со станции поездов и так далее. Во-вторых, это серверы с базами данных, которые с помощью сложных алгоритмов осуществляют обработку информации для управления и контроля процесса перевозок на железнодорожном транспорте. т.к. текущие операции требуют непрерывной работы, им также требуется бесперебойное электроснабжение. В-третьих, это комплекс устройств для связи и защиты. В список оборудования можно включить: светофоры, сигнальные мачты, рельсовые цепи, релейные шкафы, и тому подобные устройства, с целью указания состояния движения поездов, да и в целом обеспечения самой работы этого направления. В-четвертых, это коммутационные аппараты. Текущий вид оборудования используется для включения/отключения электрических цепей, а также контролирует электропитание, что, следовательно, тоже требует бесперебойного электроснабжения.

В ходе исследования мной были выявлены следующие недостатки устройств электроснабжения сигнализации, централизации и блокировки:

1. Возникновение отказов и сбоев, из-за недостаточного контроля, так как это приводит к различным задержкам, а также влияет на обеспечение безопасности движения.

2. Сложившаяся зависимость от электроэнергии, так как в случае сбоев теряется связь, вследствие чего оперативность работы падает критически.

3. Необходимо регулярная техническая поддержка систем и постоянное обслуживание, учитывая первый и второй пункты.

4. Трудности в переустановке и значительные затраты на обслуживание оборудования.

5. Требуется регулярная замена оборудования, так как при этом устаревшее оборудование используют до критического износа, что является затратным и трудным в обслуживании.

6. Высокая вероятность на взлом систем (базы данных, в частности), или несанкционированного доступа к ним, что приводит к неопишимым последствиям и проблемам (аварийные режимы, непредвиденные включения/отключения сигнализации).

7. Чувствительность устройств к погодным условиям. Данный фактор требует дополнительного обслуживания и защиты от неблагоприятных условий.

8. Обновление навыков персонала, а также необходимость в регулярном обучении новым технологиям.

Следовательно, для того, чтобы обеспечить бесперебойное питание устройств СЦБ, мы можем предложить следующие мероприятия по устранению или уменьшению ранее перечисленных недостатков:

1. Автоматический ввод резерва. В большинстве случаев, на железной дороге вручную переключают устройства с основного питания на резервное, что не обеспечивает стабильное электроснабжение потребителей. Поэтому необходимо вводить оборудование, которое автоматически переключает на резервное питание все устройства СЦБ, при этом не только приоритетных.

2. Использование резервных источников питания в большем количестве. Например, чаще устанавливать аккумуляторные батареи, дизельные генераторы и другие источники энергии при обнаружении сбоев или отключении основного питания. В том числе учитывать, не только количество оборудования, но и их технические характеристики. К примеру, на железной дороге не хватает емкости аккумуляторных батарей.

3. Ввод интеллектуальных систем учета электроэнергии. Использовать данные системы для управления электропотреблением, вести контроль и диагностику оборудования параллельно, а также оптимизировать расход электроэнергии.

4. Техническая диагностика. Установка систем мониторинга повсеместно и регулярно, проводить более тщательно диагностику, данные мероприятия позволят снизить риск сбоев и отказов, а также позволит выявить различные факторы производства. Например, дрон-системы, лазерные измерители и альтернативные лаборатории.

5. Систематическое внедрение современных технологий, позволит уйти от старого к новому, более простому в обслуживании и более надежному. Глобально внедрить информационные технологии и разные инновационные решения (умные сети, системы хранения энергии) решит проблему с надежностью и устранением минусов у работоспособных устройств.

Результаты. В ходе исследования и анализа недостатков электроснабжения СЦБ, получены следующие результаты:

1. На железной дороге неэффективно и в недостаточном количестве используется резервное оборудование, что приводит к потерям и сбоям в работе устройств, нарушениям режима их эксплуатации и естественно самого процесса обеспечения безопасности движения поездов. Например, если не будет резервного источника питания у входных светофоров, то нарушится и график движения, это, в свою очередь, может привести к аварии.

2. Ввод резервных источников питания с более лучшими характеристиками, такими как емкость аккумуляторных батарей, мощность дизельных генераторов и так далее.

3. Учитывать проблемы в обслуживании. Любое оборудование требует должного обслуживания, но в нами предложенное мероприятия входит, именно, вести более тщательную диагностику и непрерывный мониторинг систем.

4. А также необходимо ввести в работу различные инновационные решения и технологии, для высокой точности контроля и простого обслуживания, с целью исключения большинства недостатков.

Выводы. Для обеспечения максимальной безопасности и контроля оборудования, проанализировав все недостатки устройств, нами были предложены несколько мероприятий по уменьшению этих недостатков. В ходе исследования и обработки литературы, мы убедились в наличии острой проблемы на железной дороге в системах автоматики и телемеханики, поэтому предложенные мероприятия будут крайне важными, так как минимизируют риски сбоев и отказов. Данная статья поспособствует более эффективной работе для безопасных перевозок.

Литература:

1. Андерс Э. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира / Э. Андерс, А. А. Лыков, О. А. Наседкин [и др.]. М.: Интекст, 2020. 496 с.

2. Андреев В. Е. Перспективы применения беспилотных технологий в ОАО «РЖД» / В. Е. Андреев // Железнодорожный транспорт. 2019. № 8. С. 33–35.

3. Бейбулатова С. И. Надёжный аккумуляторный резерв систем железнодорожной автоматики и телемеханики / С. И. Бейбулатова, Д. И. Селиверов // Молодой ученый. 2012. № 2 (37). С. 48–50. – URL: <https://moluch.ru/archive/37/4221/> (дата обращения: 16.11.2023).

4. Никитин А. Б. Интеллектуальные функции управления в микропроцессорных системах централизации / А. Б. Никитин, О. А. Наседкин, А. А. Лыков [и др.] // Автоматика на транспорте. 2023. Т. 9. № 1. С. 63–71.

5. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи развитием систем учета электрической энергии в Российской Федерации. – Федеральный закон Правительства РФ от 27 декабря 2018 г. №522. – URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 12.11.2023).

УДК 004.032.84

PC-CONSTRUCT AND RELAX – ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СБОРКИ СОВМЕСТИМЫХ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ПК

Шумский Д.И., Назина Н.Б.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В статье рассматривается информационная система для сборки персонального компьютера с проверкой совместимости комплектующих. Приведены недостатки программ для сборки ПК, таких как отсутствие локализации и ограничение актуальности цен и доступности продуктов для разных регионов. Автор предлагает собрать и обработать данные о комплектующих, разработать базу данных и алгоритмы проверки совместимости. Важным аспектом является создание удобного пользовательского интерфейса. Тестирование и отладка системы также имеют важное значение. Создание такой информационной системы позволит пользователям более удобно выбирать и настраивать комплектующие для своего ПК, учитывая их совместимость и предпочтения.

Ключевые слова: информационная система; сборка ПК; проверка совместимости; комплектующие; локализация; цены; доступность; база данных; алгоритмы; пользовательский интерфейс; тестирование; отладка.

На рынке присутствует несколько программ для сборки ПК. PCPartPicker, Intel ARK, AMD Product Selector. Одним из основных недостатков этих программ является отсутствие локализации на различные языки, поскольку они предоставляются исключительно на английском языке. Это может создать преграды для пользователей, не владеющих английским языком, особенно в технической сфере, где использование специфичных терминов обычно требует хорошего владения языком [1, 2, 3]. Кроме того, важно отметить, что данные программы не учитывают местоположение пользователей. Таким образом, цены и доступность продуктов, представленных в этих программах, могут быть актуальными только для определенных регионов, таких как Европа или США, и не могут быть применимыми к пользователям из других частей мира. Это может ограничить возможности выбора и оптимизации конфигурации компьютера для пользователей из различных регионов. Дополнительно, следует отметить, что некоторые другие программы, доступные на рынке, сосредоточены преимущественно на продвижении своих собственных продуктов и не стремятся к поддержке «кросс-платформинга». Это означает, что программы могут быть ограничены в своей способности предложить всесторонние решения, а именно интеграцию с продуктами от различных производителей или поддержку различных платформ.

Цель: создание информационной системы для сборки персонального компьютера, с добавлением проверки совместимости комплектующих.

Материалы и методы: сбор и обработка данных о комплектующих: для создания информационной системы для сборки компьютера с проверкой совместимости комплектующих необходимо собрать и обработать данные о различных комплектующих, таких как процессоры, материнские платы, видеокарты, оперативная память и другие [3, 4, 5, 8]. Эти данные могут быть получены от официальных производителей комплектующих через их API [9].

Разработка базы данных: для хранения данных о комплектующих, их характеристиках и совместимости необходимо разработать соответствующую базу данных. База данных может быть реализована с использованием реляционных (например, SQL) или NoSQL (например, MongoDB) систем управления базами данных, в зависимости от требований проекта.

Алгоритмы проверки совместимости: необходимо разработать алгоритмы [4, 5, 8], которые позволят проверять совместимость выбранных комплектующих между собой. Эти алгоритмы могут основываться на сравнении характеристик комплектующих, таких как сокет процессора и материнской платы, поддерживаемая оперативная память и т. д. Алгоритмы также должны учитывать ограничения и рекомендации производителей комплектующих. Алгоритмы необходимо реализовать в формате правил [4]. Ниже представлены несколько правил из 40 уже имеющихся:

1. ЕСЛИ СК (Сокет) = LGA 1151 и ПСК (Поддерживаемый сокет) = LGA 1151 ТО ПР (Процессор) = Совместимо;

2. ЕСЛИ ТП (Тип RAM) = ddr4 и ПП (Поддерживаемая RAM) = ddr4 ТО ОП (Оперативная память) = Совместимо;

3. ЕСЛИ ОПС (Общее энергопотребление системы) = 500 и МБП (Мощность блока питания) = 800 ТО БП (блок питания) = Совместимо.

Обратимся к семантической модели представления знаний:

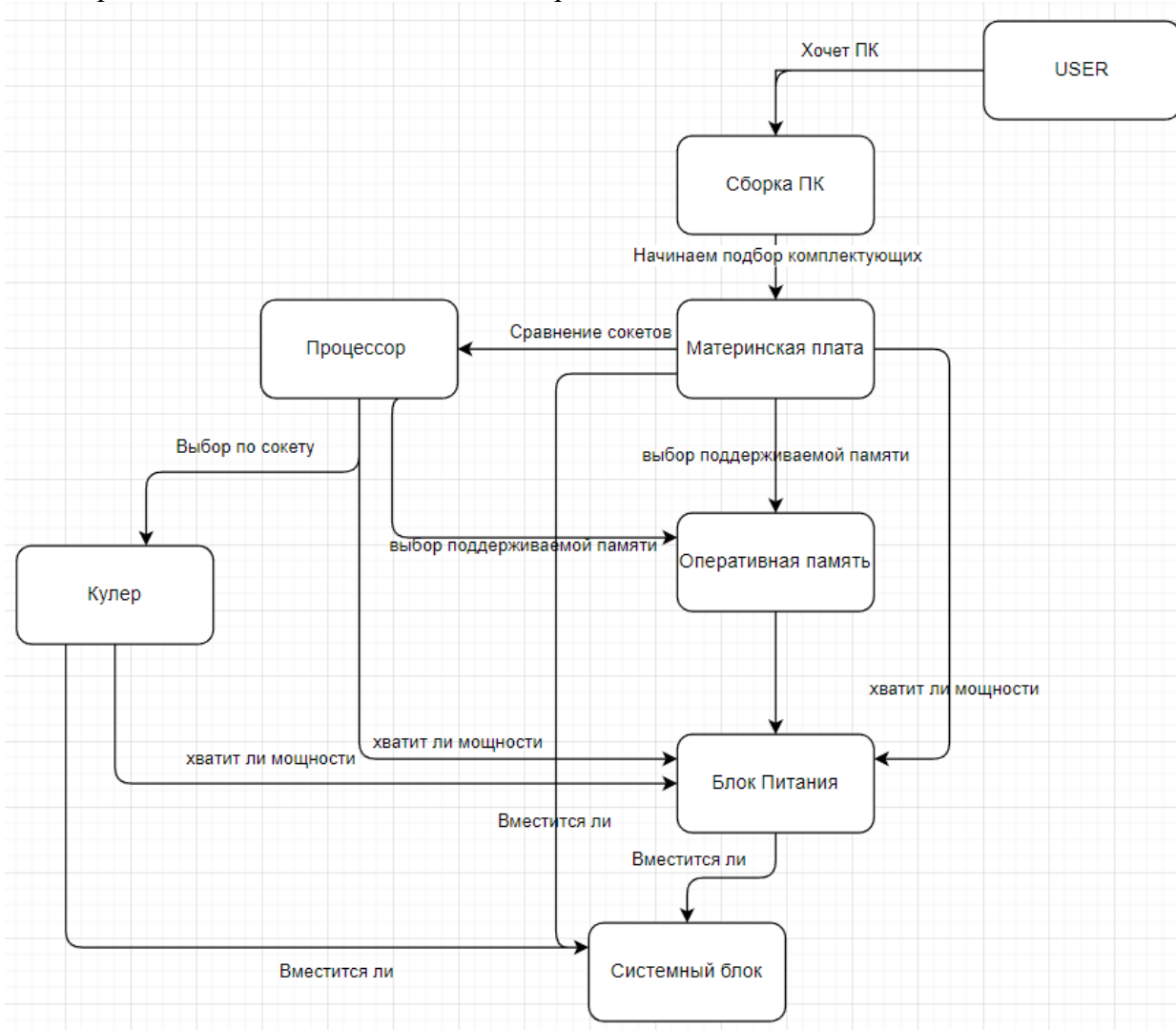


Рис. 1. Семантическая модель представления знаний

Предоставленная модель позволяет четко визуализировать процесс работы правил в информационной системе.

Разработка пользовательского интерфейса: одним из важных аспектов информационной системы является пользовательский интерфейс, который позволит пользователям выбирать и настраивать комплектующие для сборки своего персонального компьютера. Разработка пользовательского интерфейса может быть выполнена с использованием WPF и технологий, таких как ASP.NET, WinForms и т. д.

Тестирование и отладка: после разработки информационной системы необходимо провести тестирование и отладку, чтобы убедиться, что она функционирует должным образом. Тестирование может включать модульное тестирование отдельных компонентов системы, интеграционное тестирование для проверки взаимодействия между компонентами, а также функциональное тестирование для проверки соответствия требованиям.

Литература:

1. Апокин И. А., Майстров Л. Е. Развитие вычислительных машин. М.: Наука, 1974.
2. История компьютеров. – URL: <https://www.profvest.com/2019/04/istoriya-kompyutera-kratko.html>.
3. История развития компьютера. – URL: <https://www.sites.google.com/site/storycomp8/>.
4. Чемберс М. Как собрать персональный компьютер (ПК) для «чайников». 5-е изд. 2006.
5. Обучающий симулятор “PC Building Simulator”. – URL: <https://vgtimes.ru/games/pc-building-simulator/>.
6. Определение «Персональный компьютер». – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
7. Определение «Компьютер и его история». – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.
8. Официальный сайт DNS. – URL: <https://www.dns-shop.ru/configurator/>.
9. Официальный сайт MSI. – URL: <https://ru.msi.com/Landing/how-to-build-a-pc>.
10. Энциклопедия «Кругосвет». Определение «Интернет». – URL: https://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/tehnologiya_i_promyshlennost/INTERNET.html.

УДК 54.061.3

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В НЕФТИ

Комирчая И.В.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В данной статье представлены современные методы определения хлороорганических соединений в нефти, их преимущества и недостатки, а также мешающие факторы в процессе определения хлороорганических соединений в нефти. Наиболее распространенными методами определения хлоридов в нефти являются: потенциометрия; микрокулонометрия; рентгенофлуоресцентная спектрометрия и ионная хроматография с кондуктометрическим детектированием.

Ключевые слова: хлороорганические соединения, нефть, потенциометрия, микрокулонометрия, рентгенофлуоресцентная спектрометрия, ионная хроматография.

Ключевым критерием оценки качественных характеристик нефтяного сырья выступает процентное соотношение хлороорганических соединений (сокращенно ХОС).

Эти вещества могут происходить из натуральных нефтяных запасов, формируемых геологическими процессами, а также могут быть продуктами техногенного характера. Техногенные ХОС образуются под воздействием использования различных хлоридных добавок технического назначения, которые либо напрямую попадают в добываемую с нефтью жидкость, либо реагируют с ней, способствуя генерации новых хлороорганических соединений. [1].

Хлороорганические соединения (ХОС), содержащиеся в нефти, можно разделить на 3 группы:

1. Металлические неорганические хлориды (соли хлора), которые являются неотъемлемой частью флюидов пласта и поступают на поверхность вместе с добычей.
2. Натуральные ХОС, локализованные в основном в асфальтобитумных составляющих нефти.
3. Летучие типы ХОС, к числу которых относятся хлороформ, тетрахлоруглерод, дихлорэтан, трихлорэтан, тетрахлоурэтан, бензилхлорид и прочие.

Исходя из природных условий, летучие хлороорганические соединения не встречаются в нефти. Однако они добавляются в процессе эксплуатации скважин для улучшения отдачи и ликвидации восковых отложений. Некоторые из ХОС могут возникнуть в результате химических реакций при высокотемпературной перегонке, к примеру, при термическом распаде четвертичных аммонийных солей может образоваться бензилхлорид. В чистом виде эти хлориды демонстрируют высокую стабильность, ограниченную химическую активность и безопасны в транспортировке. Тем не менее, во время переработки нефти под влиянием температуры они подвергаются реакции гидролиза или взаимодействуют с катализаторами на водороде, что приводит к выделению хлористого водорода. Высокие концентрации ХОС могут спровоцировать быстрое разрушение оборудования. [2].

С начала 2023 года действует новый стандарт ГОСТ Р 51858–2020, указывающий на предел содержания ХОС в нефти, равный 6 мг/кг (ppm). Ныне отрасль оснащена рядом химических веществ, применяемых на всех этапах добычи нефти. В ходе подготовки продукта

к использованию реагенты оказывают существенное влияние на концентрацию ХОС, большее, чем те материалы, которые задействованы в создании скважин [1].

Стандартные подходы к определению хлоридов в нефти включают такие методики, как потенциометрия, кулонометрия, рентгеновская флуоресцентная спектрометрия и ионная хроматография с кондуктометрическим детектированием.

Способ измерения хлорорганических соединений в нефти, прописанный в ГОСТ Р 52247-2004 (метод А), позволяет оценить общий уровень хлора в органических молекулах. При этом органические хлориды превращаются в неорганические, содержание которых определяется с помощью потенциометрического титрования.

Для этого перегоняют нефть для получения нефти, фракции, выкипающей до 204°C. Фракцию нефти сначала промывают щелочью и при необходимости промывку повторяют до полного удаления сероводорода, затем водой до полного удаления неорганических соединений хлора.

Для проведения данного анализа образец необходимо отмыть от неорганических солей (сульфидов, галогенидов), которые мешают выполнению измерения. Далее проводят реакцию дегалогенирования хлорорганики.

Промытую фракцию нефти, выделенную из нефти, взвешивают и переносят в делительную воронку, содержащую реактив бифенил натрия в толуоле.

Реактив представляет собой химическое соединение натрия и бифенила в диметиловом эфире этиленгликоля, которое превращает органически связанные галогены в неорганические галоиды, при этом металлический натрий превращается в металлоорганическое соединение.

Избыток реактива разлагают подкислением смеси и фазы разделяют.

Водную фазу упаривают до 25-30 см³, добавляют ацетон и проводят потенциометрическое титрование.

Мешающим фактором являются соли галоидоводородных кислот HBr и HI, которые при титровании дают положительный сигнал.

Органические хлориды переходят в неорганические соли, количество которых определяют потенциометрическим титрованием.

Микрокулонометрический метод (метод Б) определения общего содержания хлорорганических соединений включает предварительную перегонку, сжигание образца, микрокулонометрическое титрование и расчет суммарного тока, затраченного на восстановление ионов серебра.

Промытую фракцию нефти, выделенную из нефти, вводят в поток газа, содержащего приблизительно 80% кислорода и 20% инертного газа (аргона, гелия или азота).

Газ и образец пропускают через трубку для сжигания с температурой приблизительно 800°C. Органически связанный хлор превращается в хлориды или оксихлориды, которые затем попадают в ячейку для титрования, где они взаимодействуют с ионами серебра.

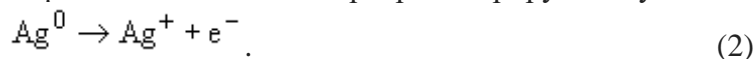
Израсходованные таким образом ионы серебра восстанавливаются микрокулонометрическим титрованием.

Суммарный ток, требуемый для восстановления ионов серебра, пропорционален количеству хлора, присутствующего в испытуемых образцах.

При поступлении хлорида в титровальную ячейку протекает следующая реакция:



Израсходованный ион серебра генерируется кулонометрически следующим образом:



Количество микроэквивалентов серебра пропорционально числу микроэквивалентов иона хлорида титруемого образца, поступающего в ячейку для титрования.

Мешающим фактором являются соли галоидоводородных кислот HBr и HI, которые при титровании также дают положительный сигнал, однако оксигалоиды HOBr и HOI не осаждаются серебром. Так как оксигалоиды не участвуют в реакции, протекающей в ячейке для титрования, чувствительность определения уменьшается приблизительно на 50%.

Метод Б применяют, если массовая доля общей серы в образце (нафте) после промывки щелочью превышает массовую долю хлора не более чем в 10000 раз.

Определение хлорорганических соединений в нефти также может быть выполнено *методом рентгеновской флуоресценции (метод В)*. Образец с добавлением внутреннего стандарта (раствора висмута) облучают с помощью рентгеновской трубки, концентрацию рассчитывают по характеристическому флуоресцентному излучению атомов хлора.

Смешивают образец промытой фракции 204°C с внутренним стандартом - раствором висмута в неполярном растворителе с массовой долей висмута 5000 млн (ppm, мкг/г) и помещают в пучок рентгеновских лучей, измеряют интенсивность пиков флуоресценции хлора и висмута методом полихроматической волнодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии. Сравнивают отношение интенсивности пика хлора к интенсивности пика висмута с заранее подготовленной градуировочной кривой.

Мешающим фактором для метода В является высокое содержание серы. При содержании серы более 0,5% масс. рекомендуется корректировать результаты определения массовой доли хлорорганических соединений на содержание серы.

При содержании в образцах фракции 204°C серы более 0,5% масс. происходит подавление интенсивности линии хлора, что приводит к заниженным результатам определения.

Метод (метод Г), описанный в стандарте ГОСТ Р 57033-2016, разработан для обнаружения следовых количеств органических галогенидов в нефти. Предел обнаружения для органических хлоридов согласно требованиям стандартов, составляет 0,1 ppm. Метод позволяет не только измерить содержание хлорорганических соединений в составе нефти, но и органических соединений, содержащих серу или галогены. Одновременное присутствие всех этих соединений не мешает проведению анализа.

Помещают образец промытой фракции 204°C в пучок рентгеновских лучей, измеряют интенсивность пика флуоресценции хлора методами *монохроматической энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии или полихроматической энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии*. Затем сравнивают полученную интенсивность пика с заранее подготовленной градуировочной кривой или уравнением для определения массовой доли хлора.

Мешающими факторами для метода Г являются высокое содержание серы и матричные эффекты, обусловленные различиями в соотношениях углерод-водород в калибровочных растворах и анализируемом образце.

Матричные эффекты — явление, наблюдаемое, когда элементный состав тестируемых образцов значительно отличается от эталонных образцов (исключая элемент хлор), ведущее к возможным неточностям при измерении содержания хлора. Дисбаланс в пропорциях элементов углерод и водород между анализируемыми образцами и эталонными стандартами может внести искажение в финальные результаты анализа хлора. [3].

Следует подчеркнуть, что такие методы анализа как рентгенофлуоресцентный и ионно-хроматографический с кондуктометрической регистрацией результатов демонстрируют улучшенную точность измерений. Они также менее подвержены влиянию фоновых компонентов образца. Это делает их пригодными для исследования нефтей разных классификационных категорий. В то же время, методики, основанные на потенциометрическом и микрокулонометрическом титровании, могут испытывать ограничения из-за наличия в пробе других галоидорганических веществ и соединений,

содержащих серу. Таким образом, эти методы предпочтительнее применять для исследования нефти первой классификационной категории. [4].

Литература:

1. Контроль хлорорганических соединений (ХОС) в материалах для буровых растворов: ожидание и реальность / Е.А. Зубович, Д.Н. Войтенко, О.Ю. Артамонов [и др.] // Бурение и нефть, – 2019. – № 11. – С. 281–310.
2. Хлорорганические соединения в нефти и реагентах/ Хроматек: анализ хлорорганических соединений в нефти и реагентах. URL: https://chromatec.ru/application/petroleum_halogenates/(дата обращения: 25.11.2023).
3. ГОСТ Р 52247-2021. Нефть. Методы определения хлорорганических соединений.
4. Метод определения хлорорганических соединений в нефти /Определение хлорорганических соединений в нефти. URL: <https://electrochemistry.ru/primenenie/opredelenie-elementnogo-sostava/metod-opredeleniya-khlororganicheskikh-soedineniy-v-nefti/> (дата обращения: 25.11.2023).

ПОЖАРНАЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 331.45

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ
НА ОБЪЕКТАХ СТРОИТЕЛЬСТВА**

Ахатова Л.Д., Фомина Е.Р.
Сургутский государственный университет

Аннотация. В данном исследовании представлены результаты сравнительного анализа аудита безопасности на объектах строительства. Рассматривались нарушения в период с 2022 по 2023 гг., выявлены основные причины нарушений и была предложена разработка автономного приложения для иностранных работников, которое помогло бы сократить нарушения требований охраны труда и техники безопасности.

Ключевые слова: аудит безопасности; охрана труда; техника безопасности; нарушения требований охраны труда.

Строительство – это область, в которой нарушения требований в области охраны труда могут иметь наиболее серьезные последствия из-за высоких рисков производственного травматизма. По этой причине надзорные органы уделяют особое внимание проведению проверок на строительных объектах и стройплощадках, ежедневно обнаруживая десятки нарушений в различных городах. Например, в столице за период с января по август 2020 г. Госстройнадзор выявил на стройплощадках более чем 1600 нарушений в области охраны труда, основная часть которых связана с недостаточным обслуживанием площадок и рабочих поселков, неправильным хранением стройматериалов и выполнением работ на высоте. Это привело к вынесению более 600 постановлений о наложении штрафов на общую сумму более 45 миллионов рублей в отношении юридических и должностных лиц. Такая же ситуация имеет место в других городах России, включая и Сургут.

Для обеспечения безопасности и контроля за условиями труда на стройке строительным компаниям удобно применять трехступенчатый контроль, а также аудиты, которые помогают оценить и улучшить условия труда и безопасность деятельности на стройплощадке.

Важно систематически анализировать и совершенствовать процессы, чтобы обеспечить наилучшие условия труда и минимизировать риски на стройке.

Аудит – систематический, независимый и документированный процесс получения свидетельств аудита и объективного их оценивания с целью установления степени выполнения согласованных критериев аудита.

Существует три типа аудитов безопасности:

- Аудит 1 (аудит – наблюдение);
- Аудит 2 (тематический аудит);
- Аудит 3 (инспекционный аудит по безопасности).

Был проведен анализ аудитов за июль 2022 г. и февраль-март 2023 г., чтобы выявить изменения за полугодовой период; рассмотрены следующие нарушения:

- 1) Работа на высоте;
- 2) Несоответствующее складирование строительных материалов;
- 3) Отсутствие спец. одежды и средств индивидуальной защиты;

- 4) Работа на выносных площадках;
 - 5) Отсутствие средств защиты при работе с угловой шлифовальной машиной;
 - 6) Отсутствие защитных ограждений.
- На рисунке 1 и 2 представлены примеры нарушений.



Июль 2022 г



Февраль 2023 г

Рис. 1. Отсутствие защитных ограждений в июле 2022 г. и феврале 2023 г.

На рисунке 1 можно увидеть, что перепады высоты не ограждены и не имеет стоящих рядом знаков, предупреждающих о перепадах, это опасно тем, что работники могут упасть с высоты и получить механические травмы и в худшем случае возможен летальный исход. И за 6 месяцев этот тип нарушения не был исправлен.



Июль 2022г



Февраль 2023г

Рис. 2. Работы на высоте

На рисунке 2 слева видно, что работник, находясь на краю верхнего этажа работает без страховочного пояса и анкерной линии, а на рисунке справа это нарушение устранено и

работники используют средства индивидуальной и коллективной защиты (страховочные пояса, анкерные линии, также, на них стандартизированная сигнальная спец. одежда).

За полугодовальный период было устранено только два вида нарушения (работа на высоте и работа на выносных площадках), во всех остальных случаях нарушения остались прежними.

Действительно, проблема безопасности и охраны труда в строительстве остается одной из самых актуальных и социально значимых в нашем обществе. Ее решение непосредственно влияет на интересы каждого из 7 миллионов работников в строительной отрасли.

Анализ статистических данных показывает, что основными факторами, приводящими к травмам при строительных работах, являются: падение с высоты (28% случаев), машины и механизмы (14,6%), дорожно-транспортные происшествия (14,6%), обрушения и падение предметов на работника (13%), электротравмы (7,4%), температурные воздействия (6%), обрабатываемая деталь (5%), отравление и химические ожоги (3,4%), утопления (2%), а также другие факторы (6%).

Интересно отметить, что значительная доля пострадавших людей не занималась рабочими обязанностями на момент получения травмы, а просто находилась на стройплощадке (не менее 16%). В некоторой степени это объясняется слабой организацией труда и дисциплиной среди работников. Дополнительно, стоит отметить, что на объектах, строящихся отечественными строительными организациями, доля работников высокой и средней квалификации составляет не более 30%, в то время как доля рабочих, не имеющих строительной специальности и проходящих обучение на месте, достигает 50%.

Основными причинами травматизма также являются выполнение работ лицами, не прошедшими инструктаж и обучение, конструктивные недостатки машин и механизмов, отсутствие защитного оборудования и технических средств, а также недостаточное использование или отсутствие средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Несмотря на разнообразие причин несчастных случаев, их общими особенностями являются нарушения правил безопасности при выполнении строительных работ.

Эта информация подчеркивает необходимость постоянного контроля и соблюдения правил безопасности на стройплощадке для снижения рисков и обеспечения безопасности работников в строительном секторе.

Проведя анализ всех нарушений на объекте строительства в г. Сургуте, были выявлены следующие причины:

- Плохое обучение требованиям охраны труда
- Недостаток необходимого надзора за ведением работ
- Бездисциплинарность и низкий уровень трудовой дисциплины
- Невнимательность работников
- Незнание работниками русского языка

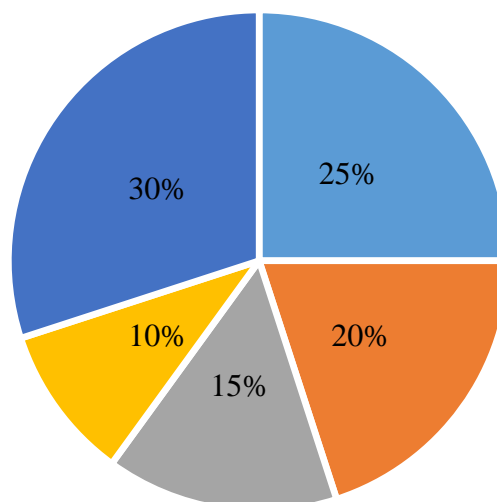


Рис. 3. Причины нарушений требований охраны труда

По диаграмме можно сделать вывод, что наиболее распространенной причиной нарушения техники безопасности является незнание работниками русского языка, и это около 30%. Также можно отметить и другие распространенные причины, это плохое обучение требованиям охраны труда (около 25%) и недостаток необходимого надзора за ведением работ (около 20%), за что ответственность должен понести руководитель организации.

Большинство стран являются источниками трудовых ресурсов, поставляемых в РФ, особенно в строительную сферу. Для предприятий этой отрасли выдается большее количество разрешений на работу иностранным гражданам на территории России.

Состав мигрантов разнообразен, и, следовательно, имеет различные характеристики рабочей силы, прибывающей в строительную отрасль из-за рубежа.

Например, в 2019 г. численность иностранных граждан, занятых в трудовой деятельности в России, преобладало среди граждан СНГ, их количество составляло 1246,9 тысяч человек, что составляло 76% от общего числа. Численность граждан из стран дальнего зарубежья в тот период составляла 392 тысячи человек или 23,9% от общего числа.

Эти данные иллюстрируют значительную долю трудовой силы из стран СНГ в общей численности иностранной рабочей силы, занятой в строительной отрасли России.

При этом если рассматривать структуру иностранцев из стран СНГ, осуществлявших трудовую деятельность на территории РФ, то в 2010 г. в нашей стране работали выходцы из Узбекистана (31,2 %), Таджикистана (16,4 %), Украины (10,2 %), Киргизии (7,2 %), Молдовы (4,4 %), Армении (3,6 %), Азербайджана (2,5 %), Казахстана (0,5 %) и Туркмении (0,1 %). Численность выходцев из стран дальнего зарубежья была распределена следующим образом: Китай – 11,4 %, Вьетнам и Турция – 2,8 %, КНДР – 2,2 %, США – 0,3 %.

В строительной сфере есть важные соображения, которые стоит учитывать. С одной стороны, строительные организации могут использовать дешевую и в некоторых случаях квалифицированную рабочую силу. Однако, с другой стороны, они сталкиваются с проблемами социальной адаптации иностранных работников. Мигранты часто имеют слабое владение языком страны, в которой они работают, и плохо разбираются в местных национальных и культурных особенностях. Кроме того, строительные компании сталкиваются с проблемами квалификации работников, что сказывается на выборе подходящих методов для повышения производительности труда и эффективности хозяйственной деятельности предприятия.

В таких условиях вопросы, связанные с организацией, охраной и дисциплиной труда, становятся приоритетными для развития предприятий в строительной отрасли. Руководители страховых компаний вступают в сотрудничество с руководителями строительных компаний по вопросам, связанным с мигрантами. Возникает необходимость внедрения системы менеджмента качества (СМК) в строительстве, создания единой базы данных по программе охраны труда, формирования единой базы рабочих кадров в сфере строительства, а также учреждения центра оценки рисков и травматизма в строительстве. Также важно перевести документы по охране труда на все доступные языки, чтобы сотрудники-мигранты могли ознакомиться с ними. В случае, если сотрудник не владеет языком в достаточной мере, но это необходимо для работы в строительной компании, можно воспользоваться услугами устного переводчика для выполнения работы и перевода инструкций по эксплуатации и охране труда на другие языки. Но это будет затратно для работодателя.

Для сокращения количества нарушений была предложена разработка автономного приложения для иностранных работников, со возможностью изменения языка на родной язык для работника. В приложение будут загружены такие документы как: устав, коллективный договор, правила внутреннего трудового распорядка, а также все виды инструктажей (вводный, первичный, повторный, внеплановый, целевой). А также предусмотрен раздел с инструкциями по охране труда.

В последние годы развитие мобильных технологий привело к тому, что человек все больше времени проводит с мобильными устройствами. Смартфоны и планшеты стали неотъемлемой частью жизни. Благодаря мобильности люди могут выполнять поставленные задачи быстро и удобно, находясь в любом месте.

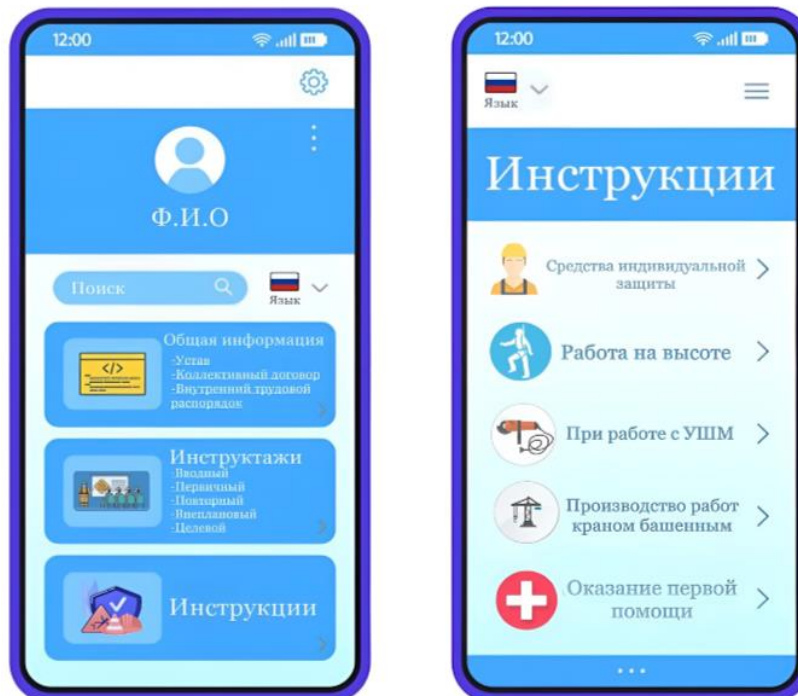


Рис. 4. Общий вид автономного приложения

Мощные телефоны сейчас есть практически у каждого и при использовании данного приложения нет необходимости носить с собой большое количество документов, всё необходимое для работы в одном месте, на мобильном устройстве.

Литература:

1. Безопасность труда в строительстве, Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ: Постановление Государственный Комитет Российской Федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу. СП 12-136-2002. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901835428> (дата обращения: 08.12.2023).
2. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. М.: Стандартинформ, 2016. 10 с.
3. ФЗ О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.1997. № 116-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/(дата обращения: 08.12.2023).

УДК 614.8.01

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕСПРЕПЯТСТВЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ЗДАНИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

*Канашов А.С., Фаясов А.П., Мартынова Д.Ю.
Сургутский государственный университет*

Аннотация. В работе представлен анализ эффективности использования интерактивного способа обучения школьников правилам пожарной безопасности, связанных с осуществлением беспрепятственной эвакуации. Изучена и представлена статистика пожаров с участием школьников и выявлены причины снижения уровня их знаний в области правил безопасности. Дана оценка эффективности использования технологий виртуальной реальности для обучения правилам пожарной безопасности школьников средних классов.

Ключевые слова: пожарная безопасность; беспрепятственная эвакуация; интерактивное обучение; правила пожарной безопасности.

Эвакуация школьников и персонала из зданий образовательных организаций представляет собой наиболее важный аспект обеспечения безопасности.

При пожаре под эвакуацией понимается перемещение людей из зданий и опасных зон в более безопасные места. Эвакуация должна осуществляться быстро и организованно, чтобы минимизировать риски. Для того чтобы эффективно действовать во время эвакуации необходимо, чтобы учащиеся и сотрудники знали и понимали основные правила пожарной безопасности. Теоретические знания правил в обязательном порядке должны подкрепляться регулярными тренировками, проводимыми для всего персонала организации.

Успешное обучение безопасному поведению при пожаре требует современных методик и интерактивных средств обучения.

Анализ статистических данных за 2018–2022 гг. показывает, что темпы роста пожаров по вине детей ежегодно увеличиваются на 10-15%. За этот же период, по данным страховой группы «Согаз», отмечается и рост термических ожогов (2,2-2,5%) в общем объеме детского травматизма [1].

В 2023 г. в 35 субъектах Российской Федерации зарегистрировано 90 случаев смерти детей, при этом число детей, погибших на пожарах, увеличилось в 15 регионах. Наибольшее количество детских смертей произошло в Архангельской, Иркутской, Челябинской, Новосибирской и других областях. Статистика показывает, что за редким исключением, все случаи гибели детей в результате пожара произошли в квартирах и частных жилых домах. Ежегодно в таких пожарах погибает от 360 до 390 детей [2].

Федеральные государственные образовательные стандарты среднего общего образования отводят на изучение правил безопасности в курсе «Основы безопасности и жизнедеятельности» от одного до двух часов, что представляется недостаточным.

Проблема обучения детей правилам безопасности рассматривается в ряде работ [3–5], где обозначена острая необходимость повышения уровня знаний в этой области и подчеркнута важность использования современных интерактивных методов обучения.

Проведенный нами опрос школьников средних классов (выборка 72 чел.) Сургутского района ХМАО-Югры показал, что только 23% из них знают правила эвакуации при пожаре.

При проведении исследования были выявлены причины, влияющие на уровень знаний:

1. Недостаточное количество учебных часов для занятий по правилам безопасности;
2. Отсутствие методик проведения элективных курсов;
3. Отсутствие современных технологий обучения;
4. Низкая заинтересованность в обучении.

Современные интерактивные способы обучения с применением цифровых технологий могут позволить нивелировать выявленные причины.

Например, использование системы виртуальной реальности позволяет обучать вопросам безопасности, не прибегая к выездам на практические занятия. На примере Авиакомпаний American Airlines, которые широко применяют VR-технологии обучения сотрудников правилам безопасности при проведении инструктажей, видно, что уровень травматизма и профессиональных заболеваний в компании ежегодно снижается на 20% [6].

В нашем случае с использованием VR-технологии проведено обучение правилам эвакуации из зданий образовательных организаций при пожароопасной ситуации. Преимущества использования системы VR-технологии заключается в информативности и сокращении времени обучения. Для учащихся 5 классов реализована методика обучения:

1. Проверен начальный уровень знаний в системе;
2. Проведены занятия по проведению беспрепятственной эвакуации с использованием VR-технологии и традиционным способом обучения;
3. Проверен итоговый уровень знаний.

Для оценки начального уровня знаний учащихся, было проведено тестирование, в котором участвовало 72 учащихся. Из полученных данных был сделан вывод о том, что правила эвакуации знают 23% учащихся.

При изучении правил эвакуации учащимся были предложены три ситуации. Обучение с использованием VR-технологии на базе «Oculus Quest2» проходили 72 учащихся 5 классов. Одновременно обучение проходила контрольная группа, состоящая из 70 учащихся 5 классов. С ними занятия по эвакуации проводились традиционными методами, т.е. проведением теоретических занятий в классе. Время на обучение в обоих случаях составляло 12 часов.

Результаты оценки первоначальных знаний правил эвакуации учащимися 5 классов на первом занятии представлены на рисунке 1.

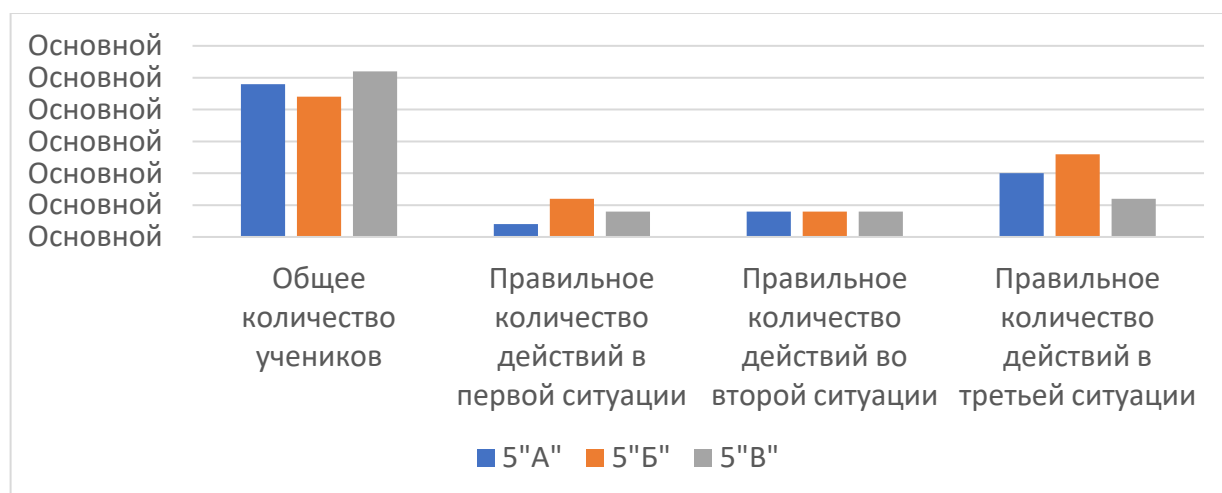


Рис. 1. Результаты оценки первоначальных знаний правил эвакуации

Далее с этими учащимися были проведены 2 занятия с использованием VR-технологии в течение месяца, по окончании которых повторно осуществлялись проверка знаний. Правильные действия были продемонстрированы в 74% случаев. Данные представлены на рисунке 2.

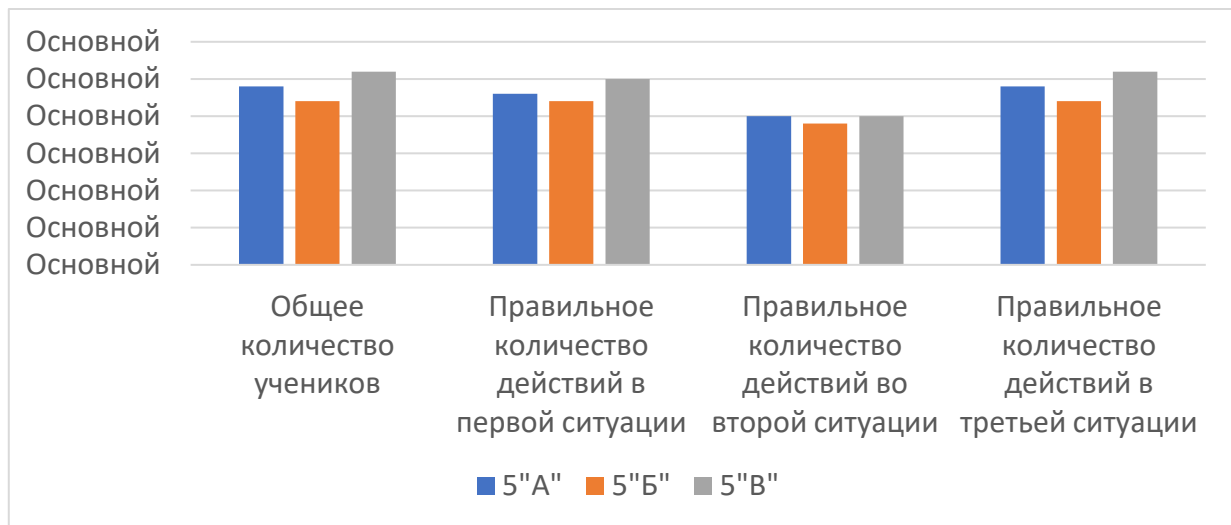


Рис. 2. Результаты оценки знаний правил эвакуации при использовании VR-технологии

Результаты обучения эвакуации традиционным методом представлены на рисунке 3.

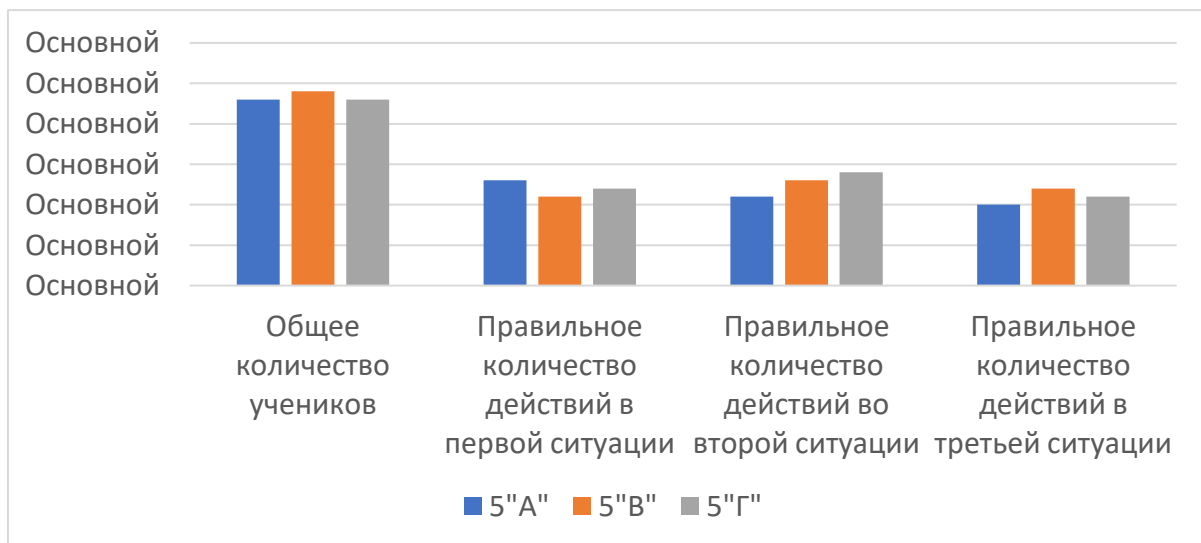


Рис. 3. Результаты оценки знаний правил эвакуации при традиционном методе обучения

Исходя из представленных данных, мы делаем вывод, что эффективность обучения с использованием VR-технологии выше традиционных методов в 2 раза.

Традиционные методы обучения имеют свои недостатки. Виртуальная реальность предоставляет реалистичное воспроизведение ситуации, что позволяет учащимся получить непосредственный опыт эвакуации без угрозы для их безопасности.

Одним из преимуществ использования VR-технологии в обучении беспрепятственной эвакуации для учащихся является возможность создания примеров различных ситуаций, которые могут возникнуть во время пожара. С помощью специального программного обеспечения и VR-устройств, обучающимся предоставляется возможность исследовать окружающую среду, определять наиболее безопасный путь эвакуации и принимать правильные решения.

VR-технологии – это интерактивное обучение, в котором обучающиеся активно участвуют, проявляя большую заинтересованность. Они не просто слушают информацию, а находятся внутри виртуальной среды и взаимодействуют с ней. Это позволяет им лучше запоминать информацию и понимать, как применять полученные знания на практике.

Кроме того, VR-технологии позволяют учителям создавать уникальные сценарии обучения, которые не могут быть воспроизведены в учебной среде без угрозы безопасности. При этом можно реализовать симуляцию сложной ситуации с множеством преград и возможными вариантами эвакуации. Это помогает развить у детей навыки принятия решений в стрессовых ситуациях и улучшает их реакцию на различные чрезвычайные ситуации.

Следует отметить, что использование VR-технологий в обучении беспрепятственной эвакуации при пожаре не исключает использование традиционных пожарных учений, которые должны проводиться регулярно.

Литература:

1. АО «Согаз». Детский травматизм в России. – URL: <https://www.sogaz.ru/sogaz/> (дата обращения: 11.09.2023).
2. МЧС: В России за три месяца 2022 г. в пожарах погибло 90 детей. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4707164/> (Дата обращения 12.10.2023).
3. Мартынова Д. Ю., Хряпинская В. А., Сапожникова А. Ю. Интерактивное обучение правилам пожарной безопасности (для обучающихся начальных классов) // Мировые научные исследования и разработки в эпоху цифровизации: М-лы XV Междунар. науч.-практ. конф., 25 ноября 2021 г., Ростов-на-Дону. Ростов-на-Дону, 2021. С. 273–276.
4. Баукова О. В. Квест-игра – новая образовательная технология // Технологии Образования. 2020. № 2 (8). С. 46–48.
5. Умбетова М. Ж. Квест-игра как эффективная технология в ДОУ / М. Ж. Умбетова, Р. Е. Жандиллина // М-лы междунар. науч.-практ. конф. 2020. № 5. С. 192–195.
6. Перспективы использования VR при изучении дисциплины «Основы безопасности жизнедеятельности» в общеобразовательной школе. – URL: <https://vc.ru/u/705217-centr-nti-dvfu-vr-ar/207402-perspektivy-ispolzovaniya-vr-pri-izuchenii-discipliny-osnovy-bezopasnosti-zhiznedeyatelnosti-v-obshcheobrazovatelnoy-shkole/> (Дата обращения 12.10.2023).

УДК 331.452

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ И НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ СО СМЕРТЕЛЬНЫМ ИСХОДОМ ПО ДАННЫМ РОСТЕХНАДЗОРА ЗА 2011-2022 гг.

Карпенко И.Е., Кузнецова Ю.В.
Сургутский государственный университет

Аннотация. В данном исследовании представлены результаты анализа статистических данных Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее – Ростехнадзор) по аварийности и травматизму за 2011-2022 гг. Выявлены наиболее опасные и безопасные отрасли, а также рассмотрены причины большого количества аварий и несчастных случаев со смертельным исходом. Представлена динамика аварийности и смертельного травматизма за двенадцатилетний период по отраслям, внесшим значительный вклад в данные показатели. Предприятиям рекомендовано при планировании превентивных мер использовать аналитику Ростехнадзора по причинам аварийных ситуаций и несчастных случаев на аналогичных объектах.

Ключевые слова: аварийность; травматизм; несчастные случаи со смертельным исходом; статистические данные Ростехнадзора; объекты электроэнергетики и теплоснабжения; объекты с подъемными механизмами и сооружениями.

В настоящее время производственная деятельность становится все более совершенной и эффективной. Однако усложнение процессов неизбежно ведет к увеличению рисков возникновения внештатной ситуации. Несмотря на все усилия в области техносферной безопасности, избежать аварийности и несчастных случаев удастся далеко не всем промышленным предприятиям. Выявить наиболее опасные отрасли хозяйства поможет изучение статистических данных из официального источника. Акцентирование внимания на промышленных объектах с высокой аварийностью и большим числом несчастных случаев со смертельным исходом дает возможность сконцентрировать силы и средства на устранение типичных проблем и повышении безопасности. Таким образом, планирование превентивных мер стоит осуществлять с учетом накопленного опыта по реализованным аварийным ситуациям на аналогичных объектах.

Ежегодно Ростехнадзор публикует на официальном сайте отчеты о деятельности, в которых присутствует информация об аварийности и смертельном травматизме на поднадзорных объектах [1]. Несмотря на открытость данных, не было найдено публикаций статистической информации по авариям и смертельным несчастным случаям по всем отраслям.

Изучив ежегодные отчеты Ростехнадзора, было принято решение взять временной период с 2011 по 2022 гг. для большей достоверности статистического анализа и однородности данных, в связи с тем, что объекты оборонно-промышленного комплекса стали поднадзорными именно с 2011 года.

Согласно данным за 2011–2022 гг. зарегистрированы 2544 аварии и 2957 смертельных несчастных случая (таблица 1).

Таблица 1.

Суммарные показатели аварийности и травматизма со смертельным исходом
по отраслям хозяйства в России за 2011–2022 гг.

Отрасль хозяйства	Количество аварий	Количество смертельных несчастных случаев
	2011–2022 гг.	
Угольная промышленность	81	386
Горная отрасль	46	571
Нефтегазодобывающая промышленность	161	134
Нефтехимическая и нефтегазоперерабатывающая промышленность и объекты нефтепродуктообеспечения	188	94
Объекты магистрального трубопроводного транспорта и подземного хранения газа	131	17
Объекты газораспределения и газопотребления	322	57
Металлургические и коксохимические производства и объекты	33	133
Химический комплекс	73	46
Оборонно-промышленный комплекс	41	56
Взрывопожароопасные объекты хранения и переработки растительного сырья	18	43
Объекты производства, хранения и применения взрывчатых материалов промышленного назначения	29	56
Объекты, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением	49	33
Объекты, на которых используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы и подъемные сооружения	447	535
Электрические станции, котельные, электрические и тепловые установки и сети	900	787
Гидротехнические сооружения	11	0
Радиационно опасные объекты	5	0
Объекты (участки) транспортирования опасных веществ	9	9
Всего по всем отраслям	2544	2957

Изучив данные таблицы 1, можно сделать вывод о высокой аварийности и значительном уровне смертельного травматизма на объектах электроэнергетики и теплоснабжения, а также на объектах с подъемными механизмами и сооружениями. Наиболее безопасными объектами, с минимальным количеством аварий и несчастных случаев со смертельным исходом, являются радиационно опасные объекты, гидротехнические сооружения и объекты (участки) транспортирования опасных веществ. На их долю приходится лишь один процент всех аварий и 0,3 % смертельного травматизма. Такая тенденция может быть связана с более высокими стандартами безопасности, высококвалифицированным персоналом, постоянным мониторингом состояния объектов, а также прочими превентивными мерами, направленными на недопущение возникновения аварийных ситуаций. Однако некоторые отрасли хозяйства не имеют корреляции по показателям аварийности и смертельного травматизма. Например, 13 % всех аварий приходится на объекты газопотребления и газораспределения, в то время как доля смертельного травматизма составляет менее двух процентов. Обратный пример можно наблюдать с объектами угольной и горной промышленности: на аварии приходится 3,2 % и 1,8 %, а на смертельный травматизм – 13,1 % и 19 % соответственно. Это объясняется тем, что в данных отраслях происходят единичные крупные аварии при подземных работах, которые приводят к большому количеству смертей среди рабочих. Исходя из этого, аварийность и смертельный травматизм следует рассматривать отдельно.

На основании таблицы 1 сформируем диаграммы для определения вклада отраслей хозяйства в аварийность и смертельный производственный травматизм (рис. 1 и 2).

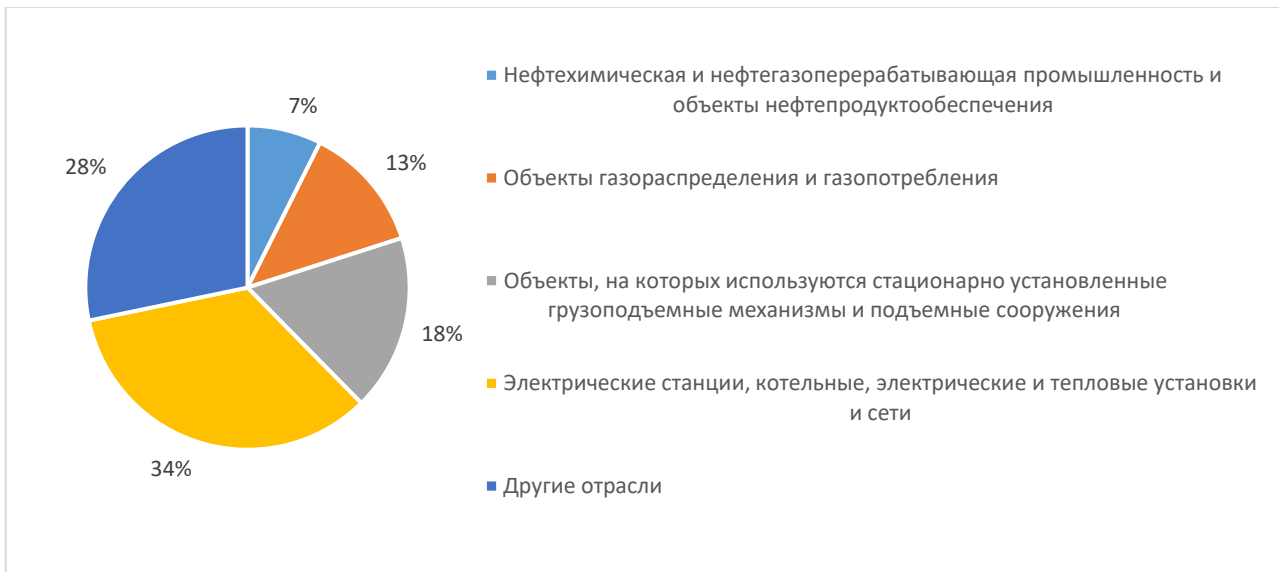


Рис. 1. Вклад некоторых отраслей в аварийность за 2011–2022 гг.

Согласно рис. 1, значительную долю всех аварий за двенадцатилетний период (34 %) составляют случаи на объектах электроэнергетики и теплоснабжения, 18 % аварий приходится на объекты с использованием подъемных механизмов и сооружений, а также 13 % аварийных ситуаций произошли на объектах газораспределения и газопотребления. Две трети всех аварий за рассматриваемый период принадлежат трем из 17-ти отраслей хозяйства.

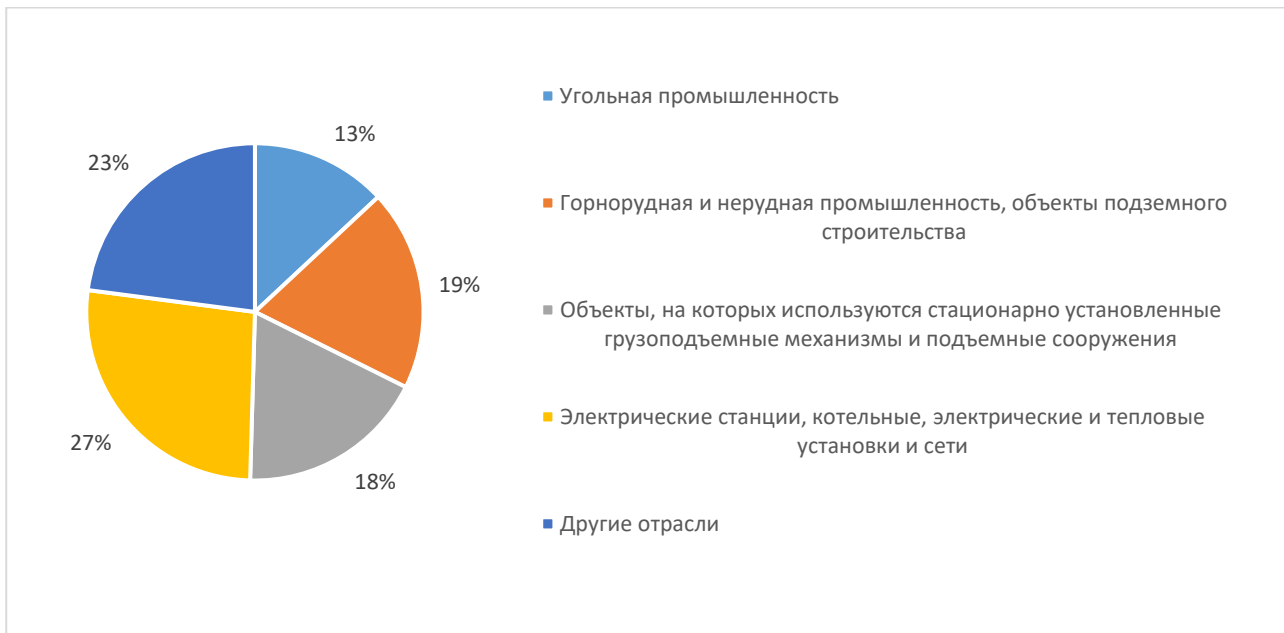


Рис. 2. Вклад некоторых отраслей в смертельный травматизм за 2011–2022 гг.

Согласно рисунку 2, 27 % смертельных случаев приходится на объекты электроэнергетики, 19 % – горную отрасль, 18 % – объекты с подъемными механизмами и

сооружениями, 13 % – угольную промышленность. В сумме на объектах четырех отраслей (из 17 представленных) произошло 77 % случаев смертельного травматизма.

Рассмотрим подробнее динамику по годам и разберем причины высокой аварийности для некоторых отраслей (рис. 3).

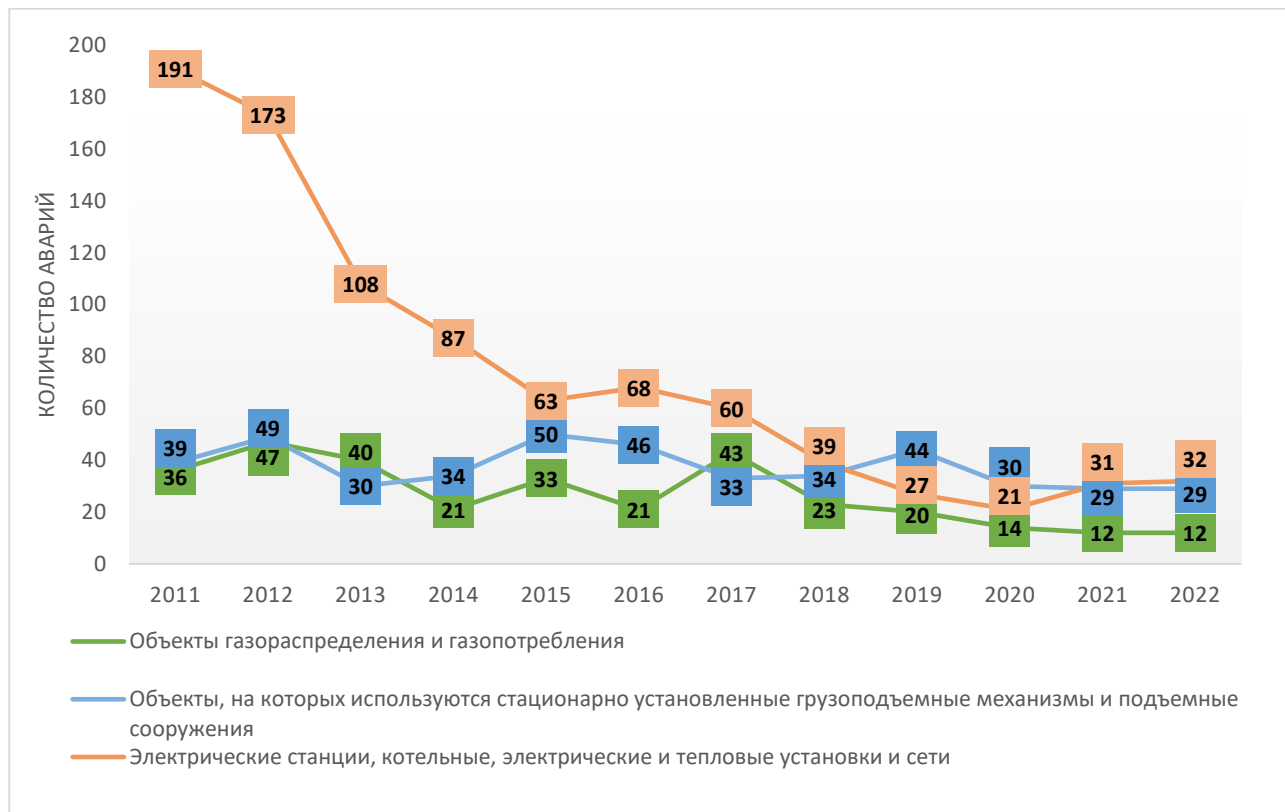


Рис. 3. Динамика аварийности некоторых отраслей хозяйства в России за 2011–2022 гг.

На рисунке 3 заметна тенденция на значительное снижение количества аварий в области электроэнергетики – в 6 раз за двенадцатилетний период. Наименьшей аварийностью среди представленных отраслей обладают объекты газораспределения и газопотребления (за исключением 2013 и 2017 гг.). Волнообразная динамика наблюдается на объектах с подъемными механизмами и сооружениями, при этом отсутствует прогресс в снижении количества аварий, лишь в последние три года их фиксируют не более 30.

Основными причинами аварий на объектах электроэнергетики являются:

1. несоблюдение сроков, невыполнение в требуемых объемах и низкое качество проведения технического обслуживания и ремонта оборудования и устройств;
2. неквалифицированные и ошибочные действия персонала;
3. неисправность релейной защиты и автоматизации из-за проектных ошибок;
4. износ оборудования, производственные дефекты оборудования, приводящие к механическим повреждениям и разрушениям оборудования и возможному возгоранию [2].

Причинами аварий на объектах, использующих подъемные механизмы и сооружения, являются неисправность и некачественное изготовление технических устройств и устройств безопасности, а также нарушения технологической и трудовой дисциплины, неправильные или несогласованные действия обслуживающего персонала [3].

Аварии на объектах газораспределения и газопотребления происходят вследствие механических нарушений подземных газопроводов, механического повреждения

газопроводов автотранспортом и неисправности оборудования для сжиженных углеводородных газов [4].

Рассмотрим подробнее динамику смертельного производственного травматизма для некоторых отраслей (рис. 4).



Рис. 4. Динамика несчастных случаев со смертельным исходом в некоторых отраслях хозяйства в России за 2011-2022 гг.

На рисунке 4 заметно лидерство в смертельном травматизме на объектах электроэнергетики и теплоснабжения, за исключением 2015, 2017, 2019, 2021 и 2022 годов. В целом наблюдается волнообразная динамика и тенденция к снижению несчастных случаев по всем рассматриваемым отраслям. Угольная промышленность среди этих отраслей имеет минимальные значения смертельного травматизма, однако характеризуется скачкообразной динамикой по погибшим, пики которых приходятся на 2013, 2016 и 2021 гг. Это связано с произошедшими крупными авариями в шахтах с групповыми несчастными случаями.

По результатам проведенного анализа статистических данных Ростехнадзора за 2011–2022 гг. можно сделать вывод о том, что наиболее опасными с точки зрения, как аварийности, так и смертельного производственного травматизма, являются объекты электроэнергетики и теплоснабжения, а также объекты с подъемными механизмами и сооружениями. Однако некоторые отрасли хозяйства не имеют корреляции по данным показателям: на объекты газопотребления и газораспределения приходится 13 % всех аварий, но доля смертельного травматизма составляет менее двух процентов. Обратный пример можно наблюдать с объектами угольной и горной промышленности: на аварии приходится 3,2 % и 1,8 %, а на смертельный травматизм – 13,1 % и 19 % соответственно. Наиболее безопасными объектами

можно считать радиационно опасные объекты, гидротехнические сооружения и объекты (участки) транспортирования опасных веществ, так как на их долю приходится лишь один процент всех аварий и 0,3 % смертельного травматизма. Большой вклад здесь вносят превентивные меры: высокие стандарты безопасности, высококвалифицированный персонал и постоянный мониторинг состояния объектов. Для недопущения возникновения негативных последствий предприятиям стоит ориентироваться на анализ Ростехнадзора по причинам аварийных ситуаций и несчастных случаев на аналогичных объектах и своевременно устранять выявленные нарушения.

Литература:

1. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения: 05.12.2023).
2. Москвин К. В. Расследование причин аварий в электроэнергетике: оценка необходимости изменения и концепция развития нормативного регулирования // Правовой энергетический форум. 2023. № 1. С. 77–88. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_51426262_45611855.pdf (дата обращения: 05.12.2023).
3. Юсупова Э. К. Анализ состояния промышленной безопасности на объектах, использующих стационарно установленные грузоподъемные механизмы и подъемные сооружения / Э. К. Юсупова, А. В. Федосов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1–1(7). С. 509–513. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26289289_61401955.pdf (дата обращения: 05.12.2023).
4. Стрелкина Е. К. Анализ основных причин аварий, произошедших на объектах газораспределения и газопотребления // Потенциал молодежных исследований: Сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф., Петрозаводск, 29 августа 2022 г. Петрозаводск: Междунар. центр науч. партнерства «Новая Наука», 2022. С. 83–88. – URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49352192_72369058.pdf (дата обращения: 05.12.2023).

УДК 614.84

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ ПЯТОГО КЛАССА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Китикова А.А., Фомина Е.Р.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В данной статье представлены особенности обеспечения пожарной безопасности помещений пятого класса функциональной пожарной опасности, а именно книгохранилищ и архивов. Для данных помещений необходимо учитывать отсутствие негативного воздействия огнетушащих составов на бумажные носители информации. С этой целью проведен анализ автоматических систем пожаротушения на основе аэрозолей и газов, в частности рассмотрено вещество «сухая вода».

Ключевые слова: пожарная безопасность книгохранилищ; пожароопасность складских помещений; аэрозольное пожаротушение; газовые системы пожаротушения; сухая вода.

Согласно Федеральному закону от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» к пятому классу функциональной пожарной опасности относятся здания производственного или складского назначения, в частности книгохранилища и архивы. Для данных сооружений характерно отсутствие постоянного пребывания людей, что затрудняет обнаружение возникновения пожара. Так же для обеспечения специфичных условий хранения бумажных информационных носителей проектами зданий предусматриваются помещения без оконных проемов с подземным расположением. Такое проектное решение затрудняет доступ для тушения пожаров. Даже небольшое возгорание в складском помещении может нанести значительный, часто невосполнимый, ущерб в том числе культурному наследию. В таблице представлены значения основных показателей пожаров, произошедших в складских зданиях и сооружениях за период с 2018 по 2022 гг. [1].

Таблица 1.

Основные показатели пожаров в складских зданиях и сооружениях за 2018-2022 гг.

Показатель	2018	2019	2020	2021	2022
Количество пожаров, ед.	более 1300	более 1500	более 1400	более 1400	более 750
Прямой материальный ущерб, тыс. руб.	более 800 тыс	более 5 млн	более 3 млн	более 2 млн	более 100 тыс
Погибло, чел.	20	23	16	17	10

Обеспечение пожарной безопасности в архивных помещениях имеет важное значение для сохранения ценных материалов, культурного и образовательного наследия. Даже небольшой пожар в библиотеках и архивах способен быстро привести к серьезному, часто невосполнимому ущербу, как материальному, так и символическому, поскольку некоторые экземпляры представляют историческую ценность и являются уникальными памятниками культуры. Данные помещения имеют специфичную среду с большим количеством

легковоспламеняемых материалов, что необходимо учитывать при проектировании систем пожаротушения. Кроме этого, сами средства тушения могут нанести большой ущерб состоянию книг. Изучение новых методов по обеспечению пожарной безопасности является значимой темой для сохранности материалов в архивах.

Согласно «Перечню объектов защиты, которым присвоены категории рисков» составленным Главным управлением МЧС России по Ханты-Мансийскому округу – Югре в городе Сургут из девяти зданий архивов 6 отнесены к значительной категории риска и 3 к среднему, умеренного и низкого риска зданий не установлено.

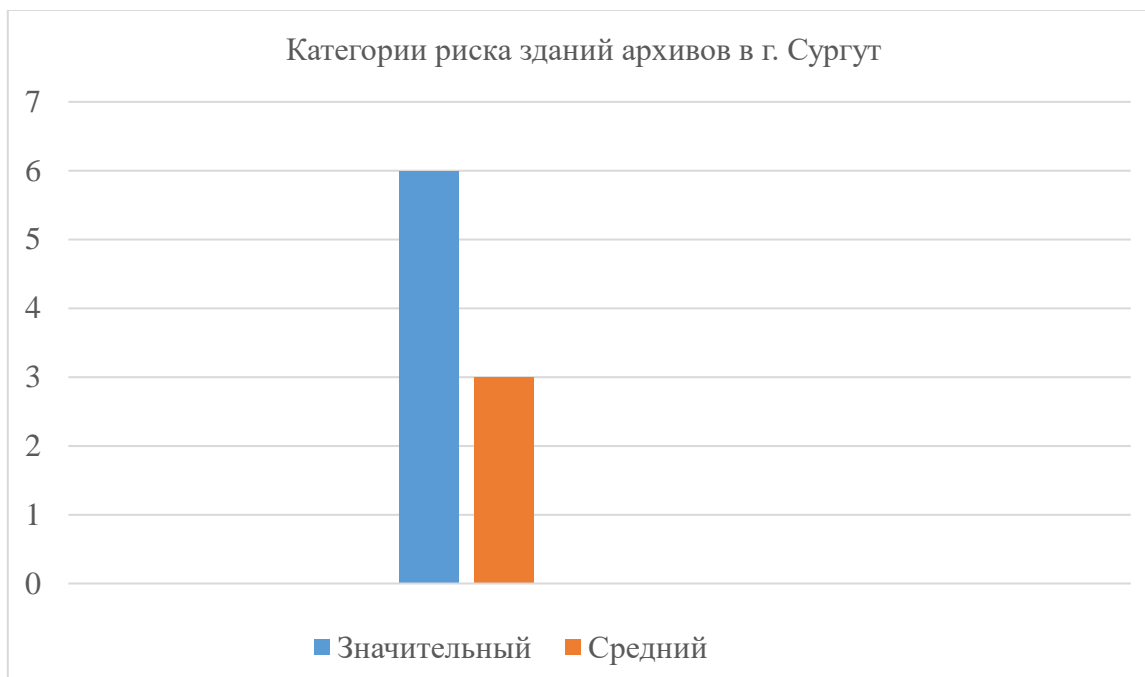


Рис. 1. Категории риска зданий архивов в г. Сургуте

Пожаротушение в библиотеках и архивах сопряжено с некоторыми сложностями в связи с наполнением и функционалом таких помещений:

1. Огонь на таких объектах распространяется быстрее обычного. Материальные ценности библиотек – это книги, газеты и журналы, они воспламеняются при 250–450 °С (точная температура зависит от типа бумаги и пропитки).

2. Существует опасность полной утраты материальных ценностей. Бумажные носители информации могут быть безвозвратно утеряны или серьезно повреждены даже при непродолжительном воздействии высоких температур, поэтому системы пожаротушения библиотек должны обнаружить и ликвидировать возгорания очень быстро.

3. В библиотеках нельзя устанавливать оборудование, в котором в качестве огнетушащего вещества используется вода, так как они повреждают информационные материалы на бумажных носителях.

Цель автоматической установки пожаротушения (далее АУПТ) – автономное тушение начальных стадий возгорания на объекте до приезда профессиональных пожарных, сведя тем самым к минимуму материальный ущерб и исключив человеческие жертвы.

При определении необходимости защиты здания и его отдельных помещений автоматическими установками пожаротушения и (или) системой пожарной сигнализации следует в первую очередь определить необходимость защиты здания в целом. Согласно СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками

пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Нормы и правила проектирования» помещения зданий класса функциональной пожарной опасности Ф5, должны быть защищены автоматическими установками пожаротушения, независимо от их площади.

Комплексы автоматического управления пожаротушением (АУПТ) разработаны для эффективного решения нескольких важных задач:

– Автономное тушение возгорания. Система АУПТ самостоятельно идентифицирует и предотвращает развитие пожара, когда он возникает на объекте.

– Устранение дыма из помещений. Кроме тушения пожара, система может быть настроена для устранения дыма из помещений, что способствует созданию безопасной среды для эвакуации и дальнейших действий по тушению.

– Локализация и возможно устранение очагов возгорания до распространения. АУПТ может быстро и точно реагировать на начальные признаки возгорания, что помогает локализовать и в лучшем случае полностью устранить очаг возгорания до того, как пожар распространится на большую площадь.

– Устранение огня до момента возникновения риска повреждения оборудования. Задача системы в том, чтобы предотвратить серьезные повреждения оборудования, расположенного на объекте, до того, как они произойдут.

– Нейтрализация пожара до нанесения значительного ущерба материальным ценностям. Система должна предотвратить большие финансовые потери, связанные с пожарами, защищая материальные ценности, хранящиеся в защищаемых помещениях.

Комплексы АУПТ представляют важные инновационные решения, направленные на сохранение жизней, защиту имущества и предотвращение серьезных последствий возгораний.

Расшифровка АУПТ и задачи регулируются федеральными нормами. Например, в ст. 45 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 указано: установки пожаротушения – совокупность стационарных технических средств тушения пожара путем выпуска огнетушащего вещества (ОТВ). Установки пожаротушения должны обеспечивать локализацию или ликвидацию пожара.

Автоматические противопожарные установки бывают разных видов и имеют сложную классификацию, в зависимости от тех или иных характеристик, как представлено на рис. 2.



Рис. 2. Классификация АУПТ

При выборе систем пожаротушения для архивов и книгохранилищ основным фактором является отсутствие негативного воздействия огнетушащих составов на бумажные материалы [2]. Учитывая данную специфику, применяют аэрозольные системы.

Аэрозольная система пожаротушения относится к нестандартным и способам, и методам борьбы с распространением открытого огня, это система с огнетушащим веществом из негорючих твердых микроскопических частиц, взвешенных в газе.

Дисперсионная среда с аэрозольным огнетушащим составом создается специальными генераторами, при этом огнетушащее вещество образуется в результате процесса горения внутри корпуса генератора, а выходящая образовавшаяся смесь имеет высокую температуру в зависимости от типа изделия в диапазоне от 150 до 550 °С и выше, а также продолжает гореть в объеме защищаемого помещения. Созданная аэрозольная струя содержит твердые частицы химических веществ, по своим качествам, которые являются сильными ингибиторами тепла, а также разлитых горючих жидкостей, еще они создают огнепреграждение за счет образования пленки на поверхности продуктов горения (это нужно для самозатухания очага возгорания, облака взвеси, вытесняющего кислород).

Следовательно, при тушении очагов возгорания с помощью аэрозольных установок пламя как будто «захлебывается», когда встречается с потоком аэрозоля, инертных частиц, а также вследствие образования области повышенного давления в очагах возгорания.

Однако они характеризуются высокой химической активностью на очаг возгорания, способной разрушать хранящиеся ценности. Кроме того, для обеспечения безопасности людей, данные системы требуют эвакуации до распыления специального вещества. За это время пожар может значительно распространиться так как в помещении находятся легковоспламеняющиеся материалы.

Наиболее эффективными являются газовые установки пожаротушения. В отличие от аэрозольных они более эффективно борются с тлением и не оказывают влияние на состояние бумажных носителей информации, как порошковые или водяные системы. К одним из инновационных составов для газового пожаротушения относится ФК-5-1-12, которую также называют «сухая вода». Он представляет собой бесцветный, чистый, практически без запаха, который не обладает свойствами электропроводности газ с плотностью, превосходящей плотность воздуха приблизительно в 10 раз, согласно ISO 14520-5:2019. При распылении данное вещество, поглощая тепловую энергию, переходит из жидкого в газообразное состояние. Оно мгновенно испаряется, не вступая в химические реакции, из-за температуры кипения равной 49°С. Также сухая вода не оставляет налет и не смачивает бумагу, что является главной особенностью для книгохранилищ. Вместе с тем, она не влияет на концентрацию кислорода в помещении, позволяя людям безопасно эвакуироваться [3].

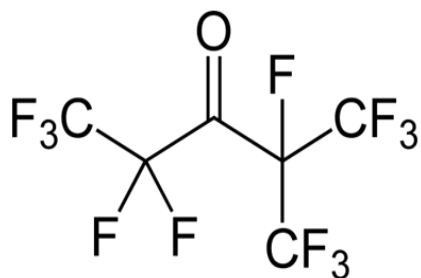


Рис. 3. ФК-5-1-12 «Сухая вода»

Также можно назвать несколько важных моментов, которые вызывают интерес к АУПТ с фтор-кетонами среди собственников архивов и хранилищ:

1. Сухая вода с учетом максимального повышающего коэффициента имеет низкую рабочую огнетушащую концентрацию в помещении.

2. В АУПТ количество модулей с огнетушащим веществом потребуется значительно меньше, например, если сравнивать с углекислым газом, то количество модулей с Сухой водой необходимо меньше в 8 раз.

3. Фторированный кетон для заполнения очага возгорания требует более низкого давления, следовательно, может использоваться в старых, давно спроектированных трубопроводах без необходимости монтажа новых.

4. Самая высокая концентрация фтор-кетона остается в границах, установленных для него норм безопасного применения в помещениях с людьми (т. е. менее 10%).

Имея высокую эффективность для обеспечения пожарной безопасности складских помещений, системы с данным веществом мало распространены в нашей стране из-за высокой стоимости. Однако, ФК-5-1-12 обладает низкой огнетушащей концентрацией и высокой плотностью, поэтому по объему ее требуется меньше в сравнении с другими газовыми составами. Кроме этого, значение предотвращенного материального ущерба может превышать расходы на установку данных систем. Стоит учитывать данные аспекты перед тем, как отдавать предпочтение другим видам автоматических систем пожаротушения.

Литература:

1. Пожары и пожарная безопасность в 2022 г.: Информационно-аналитический сборник. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 80 с.

2. Сергеева Г. А. Повышение уровня пожарной безопасности общедоступных (публичных) библиотек / Г. А. Сергеева, Р. В. Позигунов, П. Н. Колодин // Аллея науки. 2022. Т. 2. № 5 (68). С. 3–8. – EDN NHFPNP.

3. Сухая вода как современное и универсальное средство пожаротушения / Г. Е. Никифоров, А. М. Капизова, Ю. В. Никитин, И. Т. Чарьев // Перспективы развития строительного комплекса: М-лы XIV Междунар. науч.-практ. конф. проф.-преп. сост., мол. уч. и студ., Астрахань, 22–23 октября 2020 г. Т. 14. Астрахань: Астраханский гос. архитектурно-строительный ун-т, 2020. С. 149–151. – EDN VJCZYQ.

УДК 614.8

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕЗЕРВУАРОВ-ОТСТОЙНИКОВ ПЛАСТОВОЙ ВОДЫ

Мягких К.П., Лысенкова А.В.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В исследовании приведены результаты оценки пожарной защиты резервуаров отстойников пластовой воды, статистика возникновения пожаров. Статистика возгораний резервуаров показывает, что самым вероятным исходом развития пожаров является самовозгорание пиррофорных отложений. Нами предложены мероприятия по повышению уровня пожарной защиты при очистке резервуаров от пиррофорных отложений.

Ключевые слова: пиррофорные отложения; резервуар отстойник пластовой воды; нефть; очистка резервуаров.

В резервуарном парке «Лукойл – Лангепаснефтегаз ЦДНГ 1» водонефтяная эмульсия хранится в наземных резервуарах-отстойниках. Основными компонентами водонефтяной эмульсии являются нефть и пластовая вода. Физико-химические свойства нефти: плотность, вязкость, температура застывания, испаряемость, пожаровзрывоопасность, электризация и токсичность, текучесть, парафинистость, газосодержание, сжимаемость, температура застывания, оптические свойства.

В составе сырой нефти присутствуют сера, железо и кислород. Сера и железо при разделении сырой нефти на пластовую воду и очищенную нефть оседают в пиррофорные отложения, которые представляют высокую опасность при ремонте и очистке резервуара; они способны к самовоспламенению при тепловом и механическом воздействии, и при контакте с кислородом. Таким образом, данное сырье требует качественной пожаробезопасной защиты.



Рис. 1. Основные причины пожаров в резервуарах

Основными причинами пожаров являются: огневые и ремонтные работы – 26%, искры электроустановок – 16 %, атмосферное – 10% и статическое – 10 % электричество, прямые удары молнии – 5% и самовозгорание пирофорных отложений – 33%

Наиболее широко используемым способом очистки агрегатов на внутренней поверхности, которых имеются пирофорные отложения, является обработка их паром. Но это не обеспечивает пожарную безопасность на объекте, так как пирофорные отложения быстро высыхают и вновь становятся способными к самовозгоранию. Их также приходится удалять механическим путем, что очень опасно.

Одним из методов очистки резервуаров от пирофорных отложений может быть использование специальных растворителей или химических реагентов, способных разлагать пирофорные вещества и облегчать очистку; также могут быть использованы механические методы, такие как скраббинг и механическое удаление осадков.

В «Лангепаснефтегаз ЦДНГ-1» не хватает инновационных методов для очистки резервуаров отстойников пластовой воды от пирофорных отложений для производства, которое перерабатывает нефть. Отпаривание водой не защищает на 100% резервуары от самопроизвольного возгорания пирофорных отложений, они быстро высыхают и становятся способны к самовоспламенению.

Рассматриваемая авария: самопроизвольное возгорание пирофорных отложений при контакте с кислородом или при остановке агрегата для планового ремонта, где в процессе ремонта возможно тепловое воздействие и попадание искр на пирофорные отложения, что может привести к самовоспламенению.

Выбираем установку для очистки нефтяных и нефтепродуктовых резервуаров от отложений с патентного сайта «ФИПС». Данный комплекс работает следующим образом: в очищаемый резервуар подается вода с реагентами, реагенты воздействуют на пирофорные отложения, с помощью отстойник-разделитель, который, представляет собой теплоизолированную низконапорную емкость с подогревателем, подводными и отводящими патрубками пирофоры оседают в фильтр. Фильтр задерживает крупные механические частицы пирофорных отложений и, в дальнейшем, утилизируется, а вода с помощью насосов откачивается из резервуара.

В исследовании проанализирована пожарная безопасность производственного процесса, а также смоделирована аварийная ситуация, по итогу которой, обширный пожар, который может привести к взрыву, а также это могло разрушить большую часть постройки предприятия и повлечь за собой человеческие жертвы. Исходя из этого, можно сказать, что предприятие «Лангепаснефтегаз ЦДНГ-1» ведёт свою деятельность с нарушениями в области очистки резервуаров отстойников пластовой воды.

Литература:

1. Безродный И. Ф. [и др.]. Тушение нефти и нефтепродуктов. М.: ВНИИПО, 1996. – URL: <https://www.rulit.me.ru> (дата обращения 15.15.23).
2. Волков О. М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. М.: Недра, 2004. – URL: <https://www.studmed.ru> (дата обращения 15.12.23).
3. Патентный сайт ФИПС. – URL: <https://www1.fips.ru> (дата обращения 25.12.23).
4. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. – URL: <https://opozhare.ru> (дата обращения 25.12.2023).

УДК 614.87

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ СОТРУДНИКОВ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ (2019-2023 гг.)

Мягих К.П.

Сургутский государственный университет

Аннотация. Статья посвящена анализу случаев производственного травматизма у сотрудников и работников Федеральной противопожарной службы МЧС России. Основной проблемой снижения производственного травматизма является роль влияющих факторов и их приоритетов в системе принятия решений по снижению производственного травматизма. Современные подходы предлагают такие интегральные показатели, как: количество пострадавших; число погибших; потенциальный, индивидуальный, коллективный и социальный риски; частота аварий со смертельным исходом. В связи с этим значимой становится задача разработки такой системы поддержки принятия решений (СППР), которая учитывает структуру и взаимосвязи компонентов системы, агрегирует вклады влияющих факторов в общую оценку состояния промышленной безопасности.

Ключевые слова: пожар; оперативный персонал; безопасность труда; охрана труда; травма; производственный травматизм; Федеральная противопожарная служба МЧС России.

В период с 2019 по первое полугодие 2023 гг. у сотрудников и работников Федеральной противопожарной службы МЧС России было зарегистрировано более 1000 несчастных случаев, пострадал 1181 человек, 1286 получили травмы различной степени тяжести, 42 человека погибли. Полученные травмы были соотнесены с деятельностью личного состава ФПС МЧС России: тушение пожаров, учебно-спортивная и повседневная.

В результате обобщенного анализа (рисунок 1) было выявлено, что в 2018 году количество несчастных случаев, пострадавших и травмированных было сравнительно больше, чем в 2019: 262, 271 и 262 против 247, 265 и 254 человек соответственно. Однако, показатели смертности и групповых несчастных случаев в 2019 году увеличились: на два человека больше погибших и на два групповых случая, приведших к несчастному исходу.

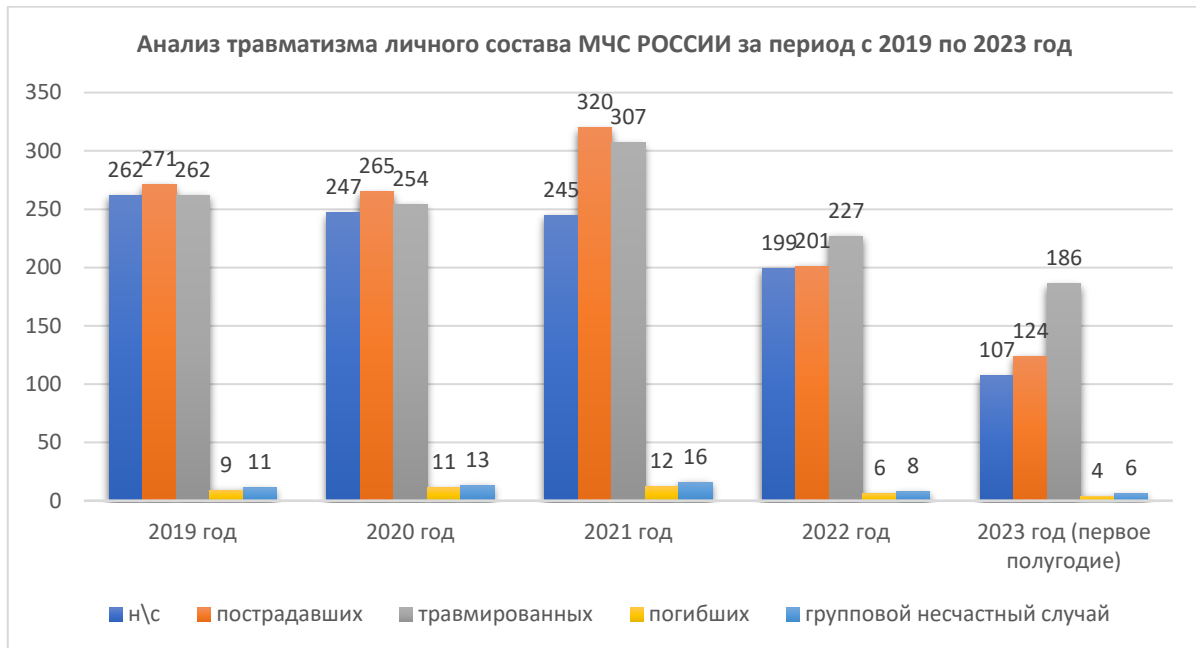


Рис. 1. Обобщенный анализ травматизма личного состава МЧС России

В 2021 году общее количество несчастных случаев незначительно уменьшилось, стало больше и групповых несчастных случаев, возросло общее количество пострадавших и погибших, что в целом говорит о негативной тенденции. Эти показатели указывают, что их количество возросло в среднем на 21% больше аналогичного периода прошлого года [1].

В 2022 с личным составом МЧС России при исполнении служебных обязанностей произошло 199 несчастных случаев, что на 23% меньше чем за аналогичный период прошлого года. Показатели травматизма и гибели личного состава МЧС России при исполнении служебных обязанностей в сравнении с прошлым годом в целом улучшились.

В 2023 году (первое полугодие) произошло 107 несчастных случаев, что говорит о снижении показателей на 7% чем в 2022 г. Количество пострадавших составило 124 человека, из них количество погибших – 4 человека. В общем подсчете показатели практически не изменились – в 2022 и 2023 годы они примерно равные.

Согласно предоставленным данным, в 2021 году в Сибирском федеральном округе произошло 30 несчастных случаев, из которых 4 были групповыми, 32 человека получили травмы, и 4 человека погибли. В Дальневосточном федеральном округе было 18 несчастных случаев, 18 человек получили травмы, и 2 человека погибли.

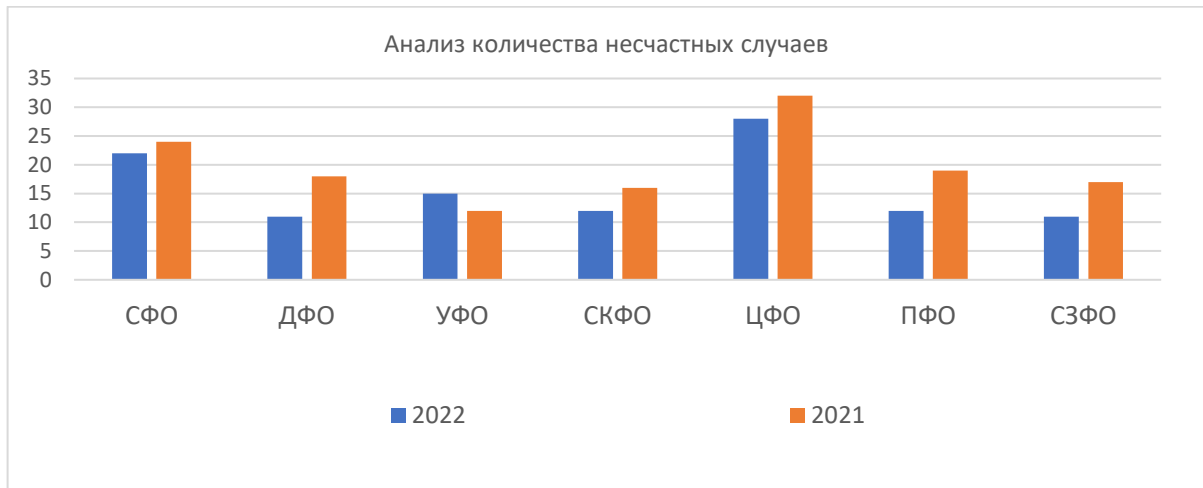


Рис. 2. Анализ количества несчастных случаев за период 2021-2022 гг.

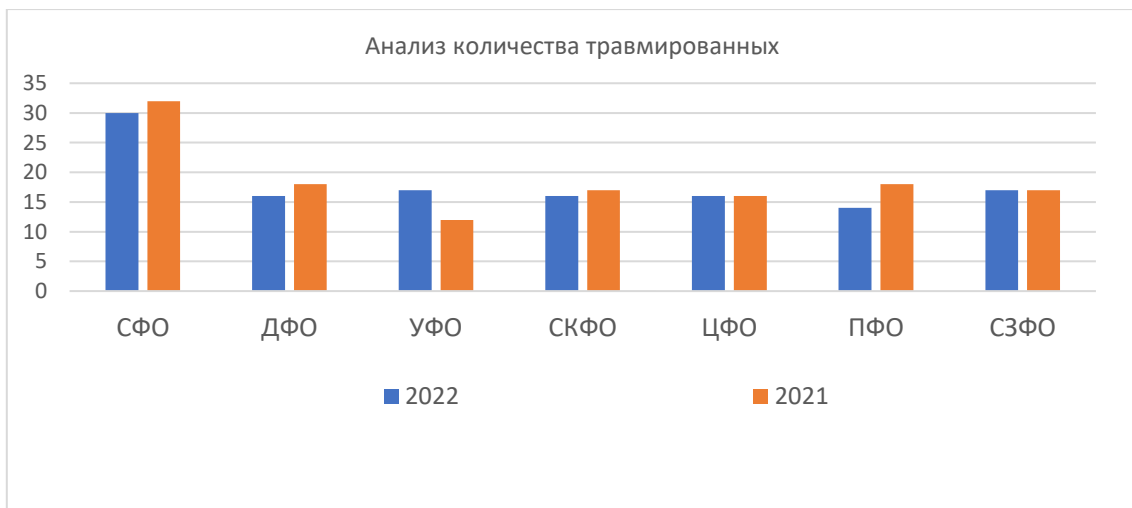


Рис. 3. Анализ количества травмированных сотрудников за период 2021-2022 гг.

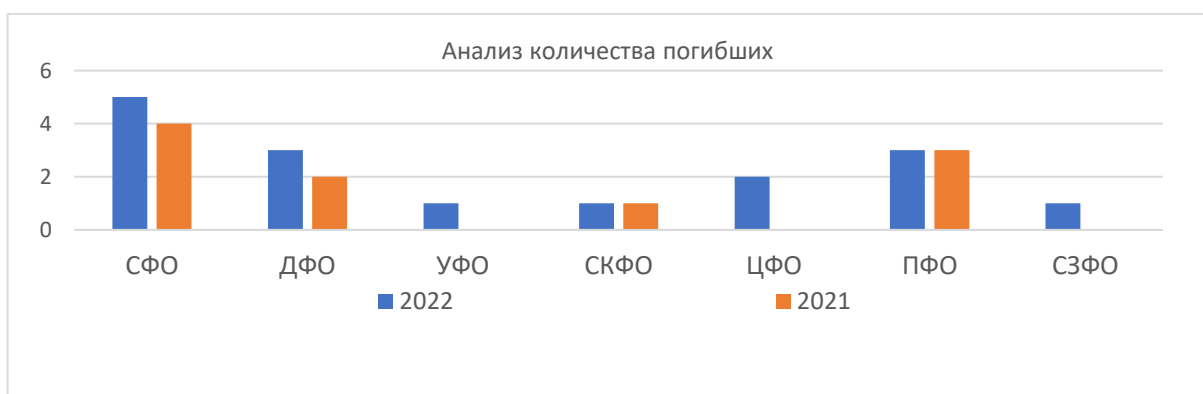


Рис. 4. Анализ количества погибших за период 2021-2022 гг.

В Уральском федеральном округе было 12 несчастных случаев, и все пострадавшие получили травмы, но никто не погиб. В Южном федеральном округе было 16 несчастных случаев, 17 человек получили травмы, и никто не погиб. В Северокавказском федеральном округе было 16 несчастных случаев, 17 человек получили травмы, и 1 человек погиб. В Центральном федеральном округе было 16 несчастных случаев, и все пострадавшие получили

травмы, но никто не погиб. В Приволжском федеральном округе было 19 несчастных случаев, 18 человек получили травмы, и 3 человека погибли. В Северо-Западном федеральном округе было 17 несчастных случаев, 17 человек получили травмы, и никто не погиб [1].

Проводя итог можно сказать, что результаты нестабильны: тенденции не прослеживаются (рисунки 2–4). Наибольший рост показателей наблюдаем в Сибирском федеральном округе в 2022 году, а также сравнительно меньший рост в Приволжском федеральном округе и в Северокавказском федеральном округе, что говорит о некоторых рисках.

Основные причины травматизма и гибели личного состава МЧС России согласно статистике, в 2018–2019 гг. – это ряд разных факторов. Анализируя предоставленные данные о несчастных случаях, можно сделать следующие выводы: личная неосторожность, включая поведение на пожаре, является основной причиной несчастных случаев, превышая другие причины в 2018 году и оставаясь на высоком уровне в последующие годы. Спортивно-массовые мероприятия и падение с высоты также вносят существенный вклад в общее количество несчастных случаев. Несоблюдение техники безопасности, ДТП, воздействие экстремальных температур, отравление продуктами горения, вспышка и выброс пламени, тепловой удар, и взрыв газовых баллонов также являются причинами несчастных случаев, но их вклад в общее количество случаев ниже по сравнению с другими причинами

При ДТП пострадало 4 человека, падение с высоты 7 человек, обрушение предметов 19 человек, из-за личной неосторожности 21 человек. Погибло 4 человека именно при падении предметов, другие погибли при отравлении и не соблюдении ТБ.

При несении караульной службы основными причинами травматизма стали падение с высоты, хозяйственные работы, соревнования, нарушение эксплуатации техники, ДТП.

В 2019–2020 гг. основной причиной травматизма стала личная неосторожность. Спортивно-массовые мероприятия также представляют определенную опасность, их участники столкнулись с 21 несчастным случаем.

В 2020 г. 69,8% смерть наступила в результате болезни – 261 случаев (14 при исполнении служебных обязанностей), 12 % несчастный случай (неосторожное обращение с оружием, утопление, падение с высоты и т.д.) – 45 (5 при исполнении служебных обязанностей), 7,8 % дорожно-транспортные происшествия – 29 случая (3 при исполнении служебных обязанностей), 7,5 % суицид – 28 случаев (1 при исполнении служебных обязанностей).

По количеству суицидов показатель увеличился на 56 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года (2019 – 18 человек). Чаще всего кончают жизнь самоубийством люди до 35 лет, которые уже проработали более 3 лет. Негативно на это могла повлиять пандемия.

В 2020 и 2021 годах наиболее распространенными причинами несчастных случаев при тушении пожаров были личная халатность (16 в 2020 г. и 17 в 2021 г.) и травмы от отравления дымом (5 в 2020 г., 9 в 2021 г., 1 в 2020 г. и 7 в 2021 г.). Самой распространенной причиной несчастных случаев в повседневной деятельности стала личная халатность (20 в 2020 году и 24 в 2021 г.). Самой распространенной причиной несчастных случаев во время занятий спортом стала личная халатность (10 в 2020 году и 17 в 2021 г.).

В 2021 г. частыми причинами смерти среди сотрудников стали болезни сердца, рак, несчастные случаи и дорожно-транспортные происшествия.

В 2023 г. частыми причинами было исполнение служебных обязательств – при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ. Остальные случаи (10%) произошли при следовании к месту пожара в результате дорожно-транспортных происшествий (5%) и при боевом развертывании (5%). Причины, повлекшие гибель, – воздействия дыма, огня и пламени, транспортного происшествия и падение с высоты. Групповые несчастные случаи произошли вследствие происходят примерно по тем же причинам.

Анализ количества пострадавших при исполнении служебных обязанностей по категориям личного состава МЧС России в 2018 и 2019 гг. говорит о том, что число ФПС

растет – в 2019 их стало больше, среди пострадавших наибольшие показатели у состава ФПС, вторым по значимости показателей является подразделение СВФ.

В 2019 г. с личным составом ФПС произошло 158 несчастных случаев (2018 г. – 132), травмирован 161 человек (2018 г. – 132). Групповых несчастных случаев – 11 (2018 г. – 9). Общее количество пострадавших – 171 человек (2018 г. – 139), погибло 10 (2018 г. – 7).

В 2020 году среди сотрудников ФПС кол-во несчастных случаев и пострадавших почти не изменилось, хотя есть тенденция к уменьшению показателей. Другие категории – военнослужащие, работники МЧС, работники ГИМС – также имеют чуть меньшие показатели по травматизму, что в целом говорит о положительной динамике.

С 2020 по 2021 гг. среди сотрудников ФПС резко возросло количество несчастных случаев и количество травмированных и погибших. Далее, по количеству, – военнослужащие и работники МЧС – они страдают меньше, но и среди них есть летальные исходы.

Наибольшее количество несчастных случаев в 2019–2020 гг. отмечается в возрастных категориях: от 25 до 35 лет – 31 % и от общего количества пострадавших (2018 г. – 27 %) и от 35 до 45 лет – 29 % и 30% соответственно, от общего количества пострадавших (2018 г. – 30 %). За 2019 г. по стажу службы больше всего гибели наблюдается среди личного состава с выслугой до 5 лет. Такая же тенденция и в 2020 г.

Таким образом можно сделать вывод, что общая динамика несчастных случаев в России с 2019 по первое полугодие 2023 года свидетельствует о разнонаправленных тенденциях, с некоторым улучшением в 2022 году, но с возможным увеличением групповых несчастных случаев в 2023 году. Региональный анализ подчеркивает нестабильность результатов, выявляя риски в некоторых федеральных округах, а стабильность или снижение травматизма в других.

На основе предоставленных данных можно видно множество факторов, влияющих на травматизм и гибель сотрудников МЧС России. Важными причинами оказались личная неосторожность, недостаточное соблюдение техники безопасности и недостаточный контроль со стороны руководства. Значительное внимание следует уделить проблемам психологического благополучия сотрудников, учитывая увеличение случаев суицида, особенно среди молодых работников [2].

Также на основе предоставленных данных можно сделать вывод, что категория ФПС в личном составе МЧС России столкнулась с заметным увеличением несчастных случаев, травмированных и погибших в 2019 и 2021 годах. А в последующих годах резкого снижения этого показателя не наблюдается. Этот тренд требует внимательного рассмотрения и принятия мер для улучшения безопасности в служебной деятельности данной категории.

Литература:

1. Банк статистических данных по заболеваемости, травматизму, инвалидности и гибели личного состава подразделений МЧС России при выполнении служебных обязанностей / А. А. Порошин, В. В. Харин, Е. В. Бобринев [и др.]. ФГБУ ВНИИПО МЧС России.
2. Гребенщикова А. А. Влияние человеческого фактора на управление рисками и принятие управленческих решений // Структурные преобразования экономики территорий: в поиске социального и экономического равновесия. Сб. ст. по м-лам Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 110–113.
3. Файнбург Г. З. Методы оценки профессионального риска и их практическое применение (от метода Файна-Кинни до наших дней) // Безопасность и охрана труда. 2020. № 2 (83). С. 25–41.

УДК 614.841.44

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Орунбаев С.К.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В статье приведены статистические данные площади лесных пожаров в Российской Федерации за 2020-2022 года. Проведена сравнительная характеристика современных технологий раннего обнаружения лесных пожаров. Рассмотрены их положительные и отрицательные черты. Предложен вариант усовершенствованной системы видеомониторинга немецкого брэнда IQ FireWatch с целью заимствования идей для последующей разработки отечественных систем с расширенным функционалом.

Ключевые слова: лесные пожары; раннее обнаружение; лидар; видеомониторинг; акустическая эмиссия; оптико-электронный комплекс.

Пожары – основная причина гибели лесов, оказывающая влияние на лесные биогеоценозы. Пожары оказывают негативное воздействие не только на экономику страны, но и на лесные экосистемы, уничтожая органический слой почвы, вызывая эрозию, негативно влияя на животный мир и загрязняя атмосферу продуктами горения. Поэтому ранняя диагностика и обнаружения лесных пожаров может обеспечить недопущение существенных экономических, экологических ущербов для отдельных регионов и страны в целом.

Согласно статистике, за последние 3 года площадь лесных пожаров составила 22 213000 га. В 2020 г. – 8 990000 га, 2021 г. – 9 898000 га, 2022 г. – 3 325000 га [4] (рис. 1).

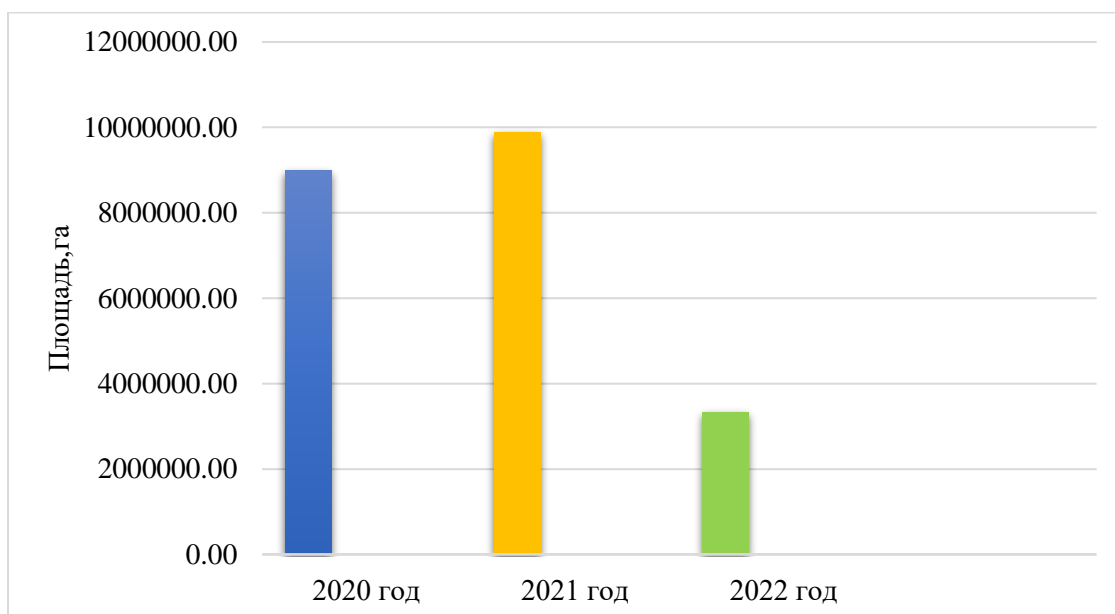


Рис. 1. Площадь гибели лесных насаждений от пожаров

Традиционными методами мониторинга и раннего обнаружения лесных пожаров в Российской Федерации являются спутниковое наблюдение, видеомониторинг, авиационный мониторинг и др.

Современный подход к раннему обнаружению лесных пожаров предполагает использование видеомониторинга, т. к. с точки зрения стоимости, погодных условий, площади охватываемой территории, скорости получения данных и их обработки, данный метод является наиболее эффективным [6]. Получаемые данные с камер видеонаблюдения передаются через каналы связи интернет, GSM и радиосвязи. Также камеры видеонаблюдения работают как в видимом, так и инфракрасном диапазоне. Но максимальный диапазон действий дневных камер не превышает 2 км, а классический тепловизор действует только в зоне прямой видимости пожара.

В качестве методов раннего обнаружения лесных пожаров используется и лидарная система. С помощью лидаров контролируют состояние атмосферного воздуха, содержание в нем концентрации газов, аэрозолей, а также таких параметров как давление, влажность, температура и плотность. Применение лидаров для выявления дыма лесных пожаров позволяет определить направление и расстояние до источника дыма как в ночное, так и в дневное время суток. При исследованиях, проведенных в рамках проекта «Gestosa 2001» в Португалии [3], установлена способность лидаров обнаруживать дым на расстоянии 6,5 км при скорости горения 0,0025 кг/с. А также дым от пожара был обнаружен спустя 40 с после начала возгорания. Однако данный метод имеет и свои недостатки, такие как: большая вероятность ложного сигнала при сильном ветре, тумане и дожде [3].

Особое место в системе обнаружения лесных пожаров занимает космический мониторинг, задача которого заключается в наблюдении больших масштабов труднодоступных территорий лесного фонда РФ. Обнаружение лесных пожаров на снимках из космоса происходит благодаря наличию различной температуры земной поверхности и очага пожара. К основным недостаткам данного метода относятся большая площадь минимально обнаруживаемого очага возгорания, колеблющаяся в пределах 20-50 га, низкая периодичность получения данных и влияние погодных условий [5].

Практически не применялся такой метод раннего обнаружения лесных пожаров как акустическая эмиссия. Особенность данного метода заключается в том, что звук от акустической эмиссии горения становится доступным для регистрации раньше, чем визуальное наблюдение дыма или пламени [3]. Однако в некоторых случаях спектр акустической эмиссии от дождя или ветра практически неотличим от спектра низового пожара. В связи с этим необходимо применение комбинированного подхода, в котором используются помимо акустического и некоторые другие датчики для измерения объективных характеристик окружающей среды в текущий момент. Например, датчики температуры, влажности, задымленности и др.

Предлагается рассмотреть систему видеомониторинга немецкого брэнда «IQ FireWatch» [1]. Данный комплекс представляет собой совокупность современных мультиспектральных оптических датчиков с инновационной системой алгоритма поиска дыма на расстоянии до 60 км, основанных на искусственном интеллекте (ИИ). В состав данного комплекса входит тепловизор ближнего ИК-спектра (NIR) (0,78-3 мкм), что дает ему значительное преимущество прозрачности атмосферы при данных условиях наблюдения, т. к. тепловизоры среднего (MIR) (3-50 мкм) или дальнего ИК-спектра (FIR) (50-1000 мкм) ограничены по дальности наблюдения из-за поглощения осадками и влажным воздухом в этих диапазонах. Наличие тепловизора и нескольких датчиков (камер) в различных спектральных диапазонах позволяет данному комплексу оставаться максимально эффективным при любой погоде и времени суток [1]. Разработчики также реализовали уникальный алгоритм обработки изображений. Искусственный интеллект комплекса анализирует до 6 различных кадров с 4

каналов: 1 кадр с монохромной сверхчувствительной дневной камеры; 1 кадр с тепловизора NIR-диапазона; 1 кадр с обычного тепловизора; 3 кадра с RGB дневной камеры. Частота работы всех камер составляет 50 кадров в секунду, таким образом, ИИ суммарно обрабатывает до 300 кадров в секунду в поисках дыма.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод о том, что несмотря на многообразие систем и технологий раннего обнаружения лесных пожаров, данная тема и по сей день является актуальной. По своей практике, работая в должности пожарного, могу сказать одно, что в большинстве случаев лесные пожары обнаруживаются уже на таком этапе, когда огнем уже охвачены достаточно большие масштабы и тушение данных пожаров затруднительно из-за быстрого распространения огня, погодных условий, недостаточности сил и средств тушения пожаров и др. Поэтому считаю, что существующие на сегодняшний момент технологии и системы раннего обнаружения лесных пожаров нуждаются в усовершенствовании. Как один из вариантов для последующей разработки отечественных систем с расширенным функционалом предлагается рассмотреть систему видеомониторинга немецкого брэнда «IQ FireWatch», т. к. данный комплекс в РФ существует лишь в теории, но практического применения не получил.

Литература:

1. Кудрявцев А. Н. Оптико-электронный комплекс предупреждения лесных пожаров // Территория NDT. 2022. № 2. С. 52–55.
2. Вопросы усовершенствования многоволновых систем дистанционного обнаружения лесных пожаров / Дж. С. Мехтиева // Лесотехнический ж-л. 2019. № 1. – URL: <https://goo.su/aMKHjI> (дата обращения: 20.12.2023).
3. Сонькин М. А., Янухин А. А. Акустический мониторинг леса для раннего обнаружения пожаров и других угроз с помощью беспроводной сенсорной сети и интеллектуальной обработки данных / М. А. Сонькин, А. А. Янухин // European science. 2019. № 4. – URL: <https://goo.su/zVEEv1> (дата обращения: 20.11.2023).
4. Федеральное агентство лесного хозяйства: база данных содержит ежегодную статистику площади лесных пожаров. – URL: <https://goo.su/1VP7aXc> (дата обращения: 20.12.2023).
5. Характеристики аппаратуры MODIS. Пожары. Географический факультет МГУ. – URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/heat_img/files/2/pozhary.html.
6. Шепелева И. С. Видеомониторинг. Один из способов обнаружения лесных пожаров // Лесохозяйственная информация. 2015. № 4. С. 1–5.

УДК 614.8.084

ПОВЫШЕНИЕ КУЛЬТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Пронин А.С., Андреева Т.С.

Сургутский государственный университет

Аннотация. Проведен анализ эффективности цикла мероприятий «Дни безопасности», проводимых с целью повышения культуры производственной безопасности работников ООО «Газпром трансгаз Сургут». Показана низкая эффективность данных мероприятий. Предложены современные подходы и технологии, направленные на оптимизацию проведения «Дней безопасности», в том числе: подготовка и демонстрация учебных фильмов, освещающих проблему и пути ее устранения; геймификация учебного процесса, в т. ч., разработка и использование групповых ситуационных и компьютерных игр. Предполагается, что внедрение вышечисленных мероприятий позволит повысить заинтересованность и вовлеченность работников, что косвенно может повлиять на снижение аварийности и производственного травматизма.

Ключевые слова: безопасность; культура безопасности; охрана труда; мотивация к безопасному труду; профилактика травматизма.

Снижение уровня производственного травматизма – одно из важнейших направлений государственной политики в области охраны труда на предприятиях. Причинами производственных травм являются: недостатки в области организации работы, дефекты в работе оборудования, неблагоприятные условия труда на рабочих местах, а также неосторожность, недостаточная квалификация работника и низкий уровень мотивации к безопасному труду. Причем вклад «человеческого фактора» всегда был достаточно высок [1, 2, 6, 8, 9–11, 13, 16].

Одной из организационных мер профилактики производственного травматизма является формирование у работников культуры производственной безопасности, которая представляет собой такую их квалификационную и психологическую подготовленность, при которой обеспечение производственной безопасности является приоритетной целью и внутренней потребностью, приводящей к осознанию личной ответственности и самоконтролю при выполнении всех работ, влияющих на обеспечение производственной безопасности [5].

Впервые понятие «культура безопасности» было сформулировано в 1986 г. экспертами Международной консультативной группы по ядерной безопасности МАГАТЭ. Было признано, что отсутствие культуры безопасности явилось, например, одной из основных причин аварии на Чернобыльской АЭС.

С целью повышения культуры безопасности на производстве могут быть внедрены:

- интерактивные курсы, способствующие более глубокому пониманию важности соблюдения правил безопасности;
- тренинги и семинары по безопасности с разбором виртуальных ситуаций, имитирующих потенциальные опасности и несчастные случаи;
- программы стимулирования за активное участие в обеспечении безопасности;
- геймификация в области охраны труда;
- система индивидуальных планов безопасности для каждого работника с учетом специфики выполняемых задач.

В управлении аварийно-восстановительных работ Сургутского аварийно-восстановительного поезда (САВП) ООО «Газпром трансгаз Сургут» проводятся так называемые «Дни безопасности», направленные на повышение уровня культуры безопасности работников. Периодичность данных мероприятий - один раз в месяц.

«Дни безопасности», как правило, включают в себя профилактические беседы руководства с работниками по разным направлениям в рамках обозначенной темы. В ходе данных мероприятий освещается основная информация о всех происшествиях и нововведениях в области охраны труда за последний месяц.

Материал часто подается в одностороннем порядке с демонстрацией презентаций и рисунков. Работники выступают в качестве пассивных слушателей, на вопросы специалистов по охране труда отвечают крайне неохотно. И, в целом, формат мероприятия не предполагает контроль усвоения материала и оценку уровня формирования культуры безопасности.

Активное использование видеоконтента значительно повышает уровень усвоения материала. Исследования Дункевича С. Г. и Мелконян К. Ю. [4, 12] доказывают, что широкое внедрение в современную образовательную практику источников экранного преподнесения информации дает основание признать учебное кино эффективным средством обучения, а работу с учебным кино – самостоятельным методом обучения, основанным на использовании наглядности, активизирующей наглядно-чувственное восприятие.

Предлагается самостоятельно произвести съемку и монтаж обучающих фильмов, демонстрирующих типовые ситуации нарушения правил охраны труда. В них будет затронута конкретная проблема, проанализирована причинно-следственная связь неграмотных действий рабочего, повлекших за собой негативное событие, а также показан оптимальный вариант поведения в данной ситуации.

Дополнительно при организации образовательного процесса предлагается использовать технологию проблемного обучения, которая учит самостоятельному прокладыванию пути к новым знаниям, способам действий и решению проблем. Узловой момент проблематизации – совместный поиск ответов на вопросы, не имеющие однозначного решения. При этом проблематизация должна быть ориентирована на актуальное знание [7, 15, 17].

Для этого предлагается разработать комплект ситуационных игр, предполагающих активное вовлечение работников в решение проблемных ситуаций и направленных на формирование культуры безопасного поведения. Предполагается работа в группах, где каждой команде работников будет предложена для рассмотрения одна из реальных чрезвычайных ситуаций, в которой им будет необходимо найти общую проблематику и затем, с помощью сценарного подхода [3], составить план действий, которые необходимо принимать в подобного рода случаях для предотвращения негативных последствий.

Также предлагается разработать компьютерную игру в жанре action-adventure (например, «Detroit: Become Human») с элементами интерактивного кинематографа, в рамках которой предполагается моделирование событий, где игровой персонаж либо будет становиться жертвой последствий опасных ситуаций, либо сможет избежать худшего исхода событий [14].

Для своевременного оповещения всех участников о предстоящем «Дне безопасности» также предлагается создать активное расписание в формате Google-календаря.

Практика показывает, что более качественная проработка образовательного контента, активное вовлечение слушателей, а также использование технологий геймификации, позволит не только сформировать должный уровень культуры безопасности, но и в дальнейшем снизить уровень производственного травматизма.

Литература:

1. Вершилов С. А. От безопасности XX в. к культуре безопасности XXI столетия // Изв. Саратовского ун-та. Сер.: Философия. Психология. Педагогика. 2008. №2. – URL: <https://kurl.ru/GJqfj> (дата обращения: 05.12.2023).

2. Гончарук Т. Н. Анализ культуры безопасности с целью минимизации производственного травматизма // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 3 (59). С. 210–217. – URL: <https://kurl.ru/HSfUy> (дата обращения: 07.12.2023).
3. Грачев А. А. Организационный подход к формированию культуры безопасности работника // Знание. Понимание. Умение. 2014. № 1. – URL: <https://kurl.ru/iGyah> (дата обращения: 04.12.2023).
4. Дункевич С. Г., Сомов М. В. Роль киноискусства в эстетическом образовании молодежи // Общество: социология, психология, педагогика. 2020. № 10. – URL: <https://kurl.ru/WMdPh> (дата обращения: 09.12.2023).
5. Единая система управления производственной безопасностью: Основные положения: СТО Газпром 18000.1-001-2021 / Публичное акционерное общество «Газпром», Стандарт организации. СПб.: утв. и введ. в действие Приказом ПАО «Газпром» от 12 января 2021 г. № 2. Электрон. версия печ. публ. – URL: <https://kurl.ru/PnJVB> (дата обращения: 07.12.2023).
6. Зарубина Р. В. Формирование культуры безопасности // Вестник Таганрогского ин-та им. А. П. Чехова. 2010. № 2. – URL: <https://kurl.ru/eXZcc> (дата обращения: 08.12.2023).
7. Кармова М. Р. «Геймифицируй» или почему современному образованию нужны игры (на примере студентов, обучающихся по направлениям «Социология» и «Политология») // Гуманитарные науки. Вестник Финансового ун-та. 2020. № 1. – URL: <https://kurl.ru/TfAtA> (дата обращения: 09.12.2023).
8. Косорукова О. Е., Крылова О. К. Мотивация как обязательное требование безопасности // Решетневские чтения. 2018. С. 44–46. – URL: <https://kurl.ru/xecNx> (дата обращения: 09.12.2023).
9. Лыскова И. Е. Безопасное поведение сотрудников в аспекте формирования и развития культуры производственной безопасности промышленных предприятий // Вест. Коми респ. акад. гос. службы и управления. Теория и практика управления. 2021. № 3 (33). С. 55–61. – URL: <https://kurl.ru/CSUOC> (дата обращения: 05.12.2023).
10. Мартынова В. А., Идрисова К. Р., Егоров Д. В. Мотивация персонала как способ достижения оптимального уровня культуры безопасности // Sciences of Europe. 2018. №26–2 (26). – URL: <https://kurl.ru/mbmhS> (дата обращения: 07.12.2023).
11. Масленникова В. Ш., Хайруллин Э. Р. К вопросу о культуре безопасности личности // Вестник КазГУКИ. 2015. № 2–2. – URL: <https://kurl.ru/PNuIL> (дата обращения: 07.12.2023).
12. Мелконян К. Ю. Киноискусство как фактор формирования социокультурного пространства современного общества // Наука. Инновации. Технологии. 2010. № 66. – URL: <https://clck.ru/336vbF> (дата обращения: 09.12.2023).
13. Морозова И. В. Повышение мотивационного потенциала в сфере безопасности труда // Управл. науки. 2014. № 2 (11). – URL: <https://kurl.ru/RPqAH> (дата обращения: 05.12.2023).
14. Орлова О. В., Титова В. Н. Геймификация как способ организации обучения // Вестник ТГПУ. 2015. № 9 (162). – URL: <https://clck.ru/UztZb> (дата обращения: 09.12.2023).
15. Стариков Д. А. О понятии мультимедиа технологии и их использовании в образовательном процессе // Научные исследования в образовании. 2011. № 2. – URL: <https://clck.ru/336vdG> (дата обращения: 09.12.2023).
16. Таранушина И. И., Попова О. В., Бганцев А.Н. О проблеме культуры безопасности труда на предприятиях // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 1 (49). – URL: <https://kurl.ru/edQnE> (дата обращения: 08.12.2023).
17. Чулюков В. А., Сидорова О. А., Дубов В. М. Новые технологии эффективного вовлечения обучающихся в процесс обучения // Современное педагогическое образование. 2019. № 6. – URL: <https://clck.ru/336vcL> (дата обращения: 09.12.2023).

УДК 614.84

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ЖИДКОСТИ

Фомина Е.Р., Ионова Т.С.

Сургутский государственный университет

Аннотация. Такой вид топлива как нефть имеет огромное значение. Нефтяная промышленность – крупный народнохозяйственный комплекс, который живет и развивается в соответствии со своими закономерностями. Нефть – национальное богатство, источник могущества страны, фундамент ее экономики. Одной из особенностей процесса добычи нефти является необходимость обеспечения пожарной безопасности, так как нефтегазосодержащая жидкость является легковоспламеняющимся материалом. Поэтому важно предпринимать меры для предотвращения возгорания и вводить системы и технологии для обеспечения безопасности работников и оборудования.

Ключевые слова: пожарная безопасность; добыча; нефть; трубчатая печь; Хитер – Тритер.

В рамках пожаровзрывоопасного производства, осуществляемого на территории базы ПАО «Сургутнефтегаз» в качестве добываемой продукции, была выбрана нефтегазосодержащая жидкость – нефть. Рассмотрим состав, физико-химические и пожароопасные показатели представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Показатели	Требования к сырью
Состав	Элементный состав (%): углерод – 82–87; водород – 11–14,5; сера – 0,01– 6 (редко до 8); азот – 0,001– 1,8; кислород – 0,005– 0,35 (редко до 1,2) и др. Содержание азота и кислорода у большинства нефтей, как правило, не превышает десятых долей процента
Физико-химические свойства	Плотность, вязкостные свойства, застывание и плавление, загустевание и размягчение, испарение, кипение и перегонка, растворимость и растворяющая способность, молекулярная масса тепловые свойства, цвет, оптические свойства, электрические свойства, элементный состав нефти, фракционный состав нефти
Показатели пожарной опасности	Показатели пожарной опасности нефти: температура вспышки - 21°C; температура самовоспламенения 230-250°C; концентрационные пределы распространения пламени: нижний 1,2%, верхний 10,2%, температурные пределы распространения пламени: нижний -190°C, верхний 180°C, Сырые нефти способны при горении прогреваться в глубину с образованием возрастающего гомотермического слоя. Скорость выгорания 9-12 см/ч; скорость нарастания прогретого слоя 24-36 см/ч; температура прогретого слоя 130-160°C; температура пламени 1100°C.

Алгоритм процесса производства продукции в виде блок-схемы процесса – на рис. 1.

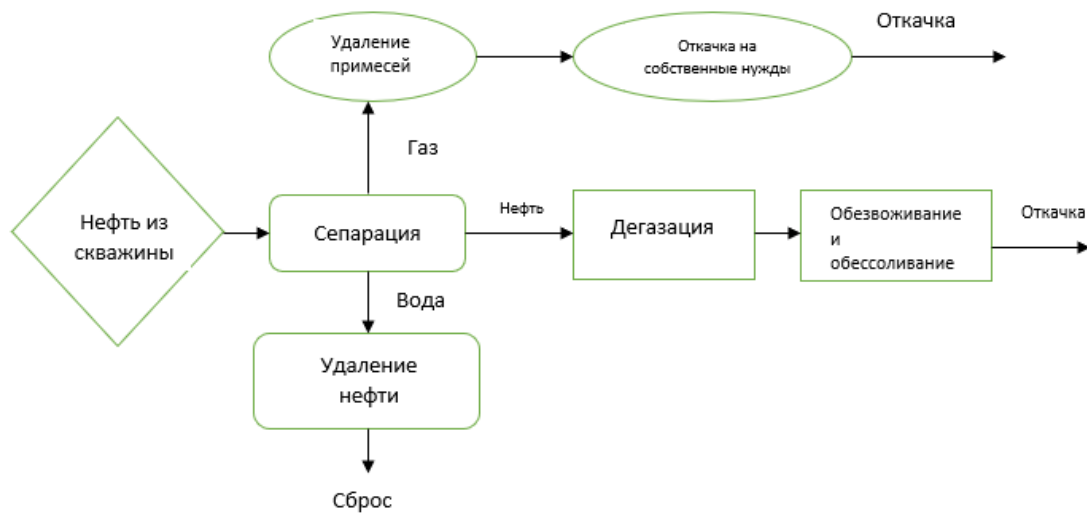


Рис. 1. Процесс производства продукции

Технологические операции по добычи нефти:

1. Бурение скважины. Цель – вскрытие нефтеносного горизонта с целью добычи из него нефти. Происходит разбуривание сетки согласно карте разработки.

2. Спуск насоса. Цель – извлечение нефтесодержащей жидкости. Спускают насос с НКТ (насосно-компрессорная труба) и устанавливают сверху фонтанную арматуру. Процесс описан при помощи ЭЦН (электроцентробежный насос находится на глубине примерно 2000 метров; температура жидкости на этой глубине 68°C, давление на приеме насоса – 6,2 МПа). Состав технологической среды – добываемая нефтегазосодержащая жидкость в которой присутствует газ, вода, нефть, механические примеси (частички породы).

3. Эксплуатация насоса. Цель – добыча нефтегазосодержащей жидкости. Насос начинает качать нефтегазосодержащую жидкость по насосно-компрессорным трубам на устье скважины, после чего по выкидной линии, жидкость движется в АГЗУ (автоматическая групповая замерная установка, давление 1 МПа), где происходит сепарация газа от жидкости, замер жидкости и газа по отдельным линиям, после чего под давлением создаваемым погружным насосом жидкость совместно с газом по нефтегазопроводу (стальная труба) поступает на УПН (установка подготовка нефти – давление 0,6 МПа), где происходит разделение нефти, газа и воды в трехфазных сепараторах.

4. Сепарация газа. Цель: использование попутно добытого газа в качестве топлива. Принцип работы газосепаратора заключается в следующем: при работе газосепаратора, газожидкостная смесь поступает через приемную сетку и подается шнеком в сепарационную камеру, там происходит разделение жидкости и газа под действием центробежных сил: более тяжелая жидкость отбрасывается к стенке, а более легкий газ отжимается к центру и располагается вокруг вала. Дегазированная жидкость по каналам головки направляется в насос, а отделившийся газ направляется в затрубное пространство скважины.

В первой ступени сепарации отделяется газ от жидкости, газ идет на БПТГ (блок подготовки топливного газа) под давлением – 0,4 МПа, где отделяются механические примеси и происходит осушка газа (отделение жирных частиц), после чего газ идет на собственные нужды.

Жидкость под давлением – 0,5 МПа идет в трехфазный сепаратор, где окончательно отделяются остатки газа от жидкости, после газ идет, под давлением 0,4 МПа, на БПТГ. В трехфазном сепараторе происходит обезвоживание и обессоливание нефти, нефть под давлением 0,4 МПа поступает на сепарацию 2 ступени, где снижается давление практически до атмосферного и выделяются остатки газа, которые сжигаются на факеле. Газ уходит на собственные нужды (котельная, топливный газ, на факел).

5. Обезвоживание нефти. Цель – обезвоживания нефти является получение товарной нефти. Нефтяные отстойники составляют основное оборудование, которое применяется для отделения воды от нефти без применения подогрева и дополнительных устройств. Благодаря этому они выступают в качестве первого этапа очистки нефти и ее обезвоживания. Принцип работы данных отстойников заключается в том, что в осадении дисперсной влаги за счет действия гравитационных сил вода и нефть имеют разный удельный вес, в результате чего более тяжелые и крупные частицы (например, капли воды) оседают внизу емкости, а обезвоженная нефть поднимается и выводится через верхнюю часть корпуса. Добавляется реагент, который способствует отделению. Вода в РВС – самотеком перетекает на насосы высокого давления и под давлением 1,7 МПа, через нагнетательные скважины закачивается обратно в пласт.

6. Перекачка нефти. Цель – продажа нефти для получения прибыли. Принцип работы установки подготовки нефти – это процессы обессоливания, обезвоживания и избавления от посторонних включений. Специальное оборудование обеспечивает превращение пластового сырья в товарный вид (качественное, чистое и безопасное). Благодаря данной установке подготовки нефти (УПН) возможно дальнейшее производство керосина, бензина, мазута, а также добыча попутного нефтяного газа (ПНГ), востребованного в металлургии, а также при изготовлении лакокрасочных материалов, каучука и моторных масел.

Трубчатая печь предназначена для нагрева углеводородного сырья теплоносителем и для нагрева и осуществления химических реакций за счет выделенного тепла при сжигании топлива непосредственно в этом аппарате. Данные печи используются при необходимости нагрева среды (углеводородов) до температур более высоких, чем те, которых можно достичь с помощью пара, то есть свыше 503К.

К средствам пожаротушения на трубчатой печи относят стационарную систему паро- или азототушения и снабжают необходимым количеством средств пожаротушения.

Вот исходная информация о факторах пожарной опасности трубчатых печей:

1. Наличие большого количества сжигаемого топлива и горючего продукта, находящихся в змеевиках. Это увеличивает вероятность возникновения пожара из-за большого объема горючих материалов.

2. Высокая температура в топочном пространстве, которая превышает температуру самовоспламенения большинства горючих веществ. Это подчеркивает опасность возгорания из-за высоких температур внутри печи.

3. Возможность взрыва в топочном пространстве и системах удаления продуктов сгорания. Это создает риск возникновения пожара из-за взрывоопасных процессов.

4. Высокая вероятность прогаров в теплообменной поверхности. Прогары могут привести к возгоранию материалов, соприкасающихся с разогретой поверхностью.

5. Высокая коррозионная активность продуктов сгорания. Коррозия может привести к ухудшению состояния конструкций и повышению риска пожара.

Теперь давайте обсудим источники зажигания при эксплуатации данных трубчатых печей:

1. Искры и нагревательные спирали систем электророзжига. Эти источники могут вызвать возгорание горючих материалов при контакте.

2. Открытый огонь. Очевидно, что наличие открытого огня представляет серьезную опасность возгорания при эксплуатации печей.

3. Высоко нагретые конструктивные элементы установок. Эти элементы могут быть потенциальным источником зажигания для окружающих материалов.

4. Теплота самовозгорания отложений. Неконтролируемое скопление материалов, способных к самовозгоранию, представляет риск пожара.

5. Искровые разряды статического электричества. Статическое электричество может вызывать искры, которые могут служить источником зажигания.

6. Самовоспламенение горючих веществ. Некоторые горючие материалы могут начать гореть без внешних источников пламени из-за самовоспламенения.

7. Искровые разряды молнии и ее вторичные проявления. Молния может вызвать возгорание прямо или через вторичные эффекты, такие как электромагнитные импульсы.

Это довольно важная информация, и важно следить за всеми этими факторами для обеспечения безопасности при эксплуатации трубчатых печей. Также одним из факторов, который характеризует пожарную опасность в установках переработки нефти является большое количество нефти и нефтепродуктов, показатели пожарной опасности которых колеблются в достаточно широких пределах.

Анализ показателей пожарной опасности показывает, что в производственных условиях, при нормальных режимах работы любого технологического оборудования нефтепродукты представляют собой высокую опасность и могут образовывать горючие и взрывоопасные концентрации, а также могут воспламеняться. Также можно отметить, что горючая концентрация веществ может образоваться не только в паровоздушном пространстве аппаратов, но и при выходе паров наружу. Поэтому данный процесс требует строгого соблюдения своевременного принятия пожарно– профилактических мер, правил эксплуатации технологического оборудования, правил пожарной безопасности и технологического регламента.

Можно предложить, замену трубчатой печи на новую установку «Хитер– Триттер», представленную на рисунке 2.

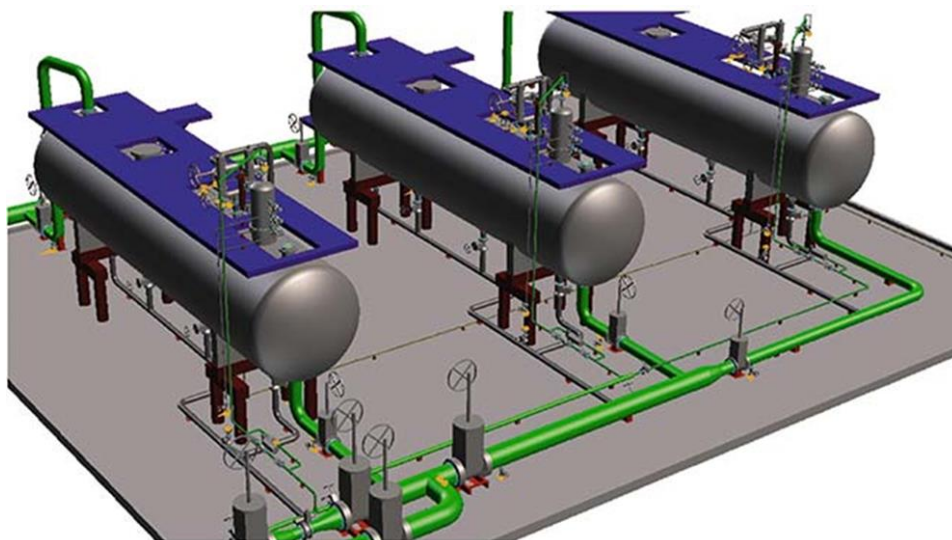


Рис. 2. Хитер – Триттер

Хитер – Триттер – нефтегазоводоразделитель с прямым подогревом, используется для очистки скважинной нефти, сепарации скважин и предварительного обезвоживания.

Преимущество данного аппарата в том, что он способен заменить несколько аппаратов, выполняя одновременную сепарацию всех составляющих смеси: нефти, газа и воды.

При возникновении пожара в трубчатой печи отключать подачу нефтегазосодержащей жидкости необходимо было вручную. На предложенной установке «Хиттер – Триттер» жидкость останавливается автоматически и производится сброс оставшейся жидкости, что в дальнейшем не дает распространения пожара.

Данное оборудование обладает множеством плюсов:

- Многофункциональность – выполнение нескольких функций по переработке нефти;
- Сепарация первичного сырья в неограниченном объеме вне зависимости от давления;
- Низкая концентрация воды (менее 5%) – модернизированные системы фильтрации;
- Повышенный уровень пожаробезопасности;
- Автоматическая система контроля безопасности.

Таким образом, замена трубчатой печи на УПН на «Хиттер – Триттер» будет существенным шагом в повышении безопасности производственного процесса. Новое оборудование обеспечит более надежную защиту от пожаров и уменьшит вероятность возгорания нефтегазосодержащей жидкости. Это позволит снизить риск аварийных ситуаций и повысить общую безопасность на предприятии.

Литература:

1. Ахметов С. А. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа: Учеб. пособие / С. А. Ахметов, Т. П. Сериков, И. Р. Кузеев, М. И. Баязитов / Под ред. С. А. Ахметова. СПб.: Недра, 2011. 868 с.
2. Бадагуев Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, инструкции, журналы, положения. М.: Альфа-Пресс, 2018. 488 с.
3. ГОСТ Р 51858-2020. Нефть. Общие технические условия. – URL: <https://goo.su/MR80xdk> (дата обращения: 12.04.2023).

УДК 614.84

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

Фомина Е.Р., Лазар А.В.

Сургутский государственный университет

Аннотация. Аварии на газоперерабатывающем предприятии влекут за собой большой материальный ущерб и приводят к значительным затратам при восстановлении производства. Фактические потери для народного хозяйства значительно превышают экономический ущерб, так как в него не включены убытки от простоя предприятия, затраты на проектно-восстановительные работы. Поэтому важно предпринимать меры для предотвращения возгорания и введение соответствующих систем и технологий для обеспечения безопасности работников и оборудования.

Ключевые слова: пожарная безопасность; переработка; попутный нефтяной газ; автоматическая система пожаротушения; модуль «Буран – 15КД».

Рост пожарной опасности на газоперерабатывающих предприятиях происходит за счет разработки и внедрения более эффективных технологических процессов, новых производственных цехов и эксплуатации нового оборудования.

Проанализируем статистику пожаров на газоперерабатывающих объектах в 2020–2023 г.



Рис. 1. Статистика пожаров за 3 года

Частой причиной пожаров на объектах транспортировки газа является разгерметизация газопровода. Меньше всего пожаров происходит на объектах добычи газа и АГЗС. Среднее количество пожаров происходит на газоперерабатывающих заводах.

В рамках пожаровзрывоопасного производства, осуществляемого на территории Южно-Балыкского ГПЗ АО «СибурТюменьГаз», в качестве перерабатываемой продукции был выбран попутный нефтяной газ.

Ознакомиться с ассортиментом продукции, получаемой из попутного нефтяного газа физическим разделением, поможет табл. 1 (Сухой отбензиненный газ – СОГ); широкая фракция лёгких углеводородов (ШФЛУ); стабильный газовый бензин; газовое моторное топливо; сжиженный нефтяной газ (СНГ); этан и другие узкие фракции, в т. ч., индивидуальные углеводороды.

Таблица 1.

Вид газа	Ассортимент продукции
ПНГ	<ul style="list-style-type: none"> – Сухой отбензиненный газ (СОГ); – Широкая фракция лёгких углеводородов (ШФЛУ); – Стабильный газовый бензин; – Газовое моторное топливо (автомобильный пропан-бутан); – Сжиженный нефтяной газ (СНГ) для коммунально-бытовых нужд; – Этан и др. фракции, вкл. индивидуальные углеводороды (пропан, бутаны, пентаны)

Переработка попутного нефтяного газа осуществляется по следующим этапам:

1. Разделение газожидкостной смеси. Цель: разделение ПНГ на газ и конденсат;
2. Сепарация капельной жидкости. Цель: разделение конденсата на разные по плотности фракции: легкую (газовый конденсат), тяжелую (вода);
3. Перекачка углеводородного конденсата. Цель: хранение конденсата в емкости;
4. Выброс жидкости. Цель: очистка С-102 от накопленной жидкости;
5. Освобождение емкости от газового конденсата. Цель: выдавливание газового конденсата в линию ШФЛУ для последующей обработки;
6. Подогрев газа. Цель: подготовка газа для использования в бытовых целях.

Газосепаратор – необходимое устройство для отделения растворенного газа от жидких углеводородов и мельчайших капель (рис. 2).

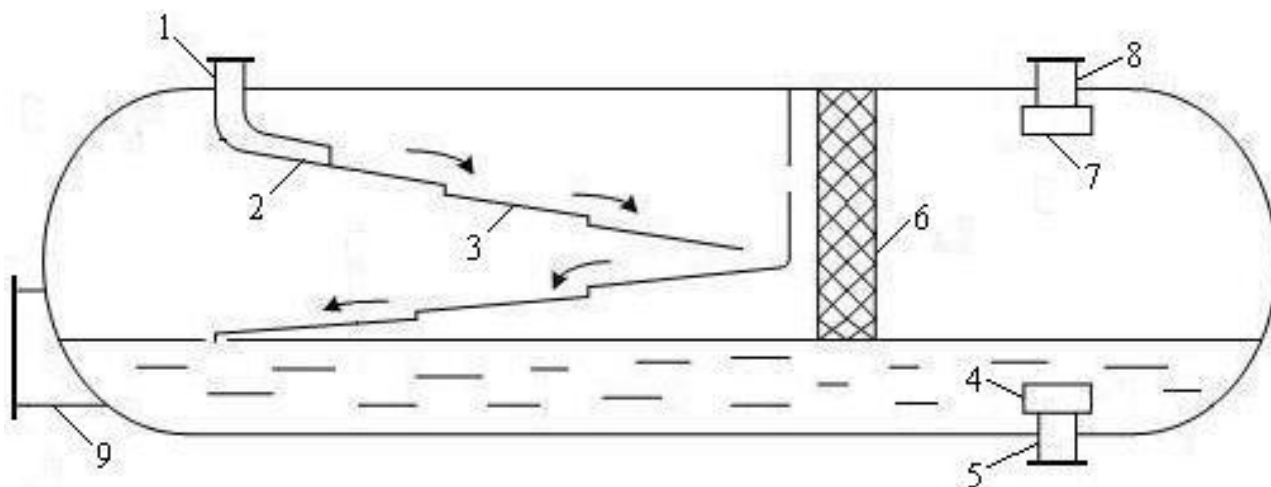


Рис. 2. Газосепаратор

Газовая смесь поступает через вход (1) и распределительное устройство (2) на наклонные полки (3), снабжённые порогами. Стекая по этим полкам, газовая смесь освобождается от пузырьков газа. Жидкостная смесь накапливается в нижней части сепаратора и выводится из аппарата через устройство для предотвращения образования воронки (4) и выход (5).

Газ, выделившийся из ПНГ, проходит пеногаситель (6), где разрушается пена, каплеуловитель (7), и через выход (8) отводится из аппарата.

Узел сепарации включает себя оборудование пожаротушения:

- 3 пожарных шкафа; (огнетушитель углекислотный, пенный огнетушитель)
- 1 лафетный ствол;
- пожарный водоем, объемом 300 м³;
- наружный противопожарный водопровод.
- проезд для пожарных машин

Причины возникновения пожаров:

- нарушения герметичности газопроводов;(наружная коррозия)
- выход из строя технологического оборудования;
- использование источников открытого пламени в неположенных местах;
- выход из строя электрооборудования;
- неправильный слив сжиженного газа или конденсата.



Рис. 3. Расчет максимальных размеров взрывоопасных зон

Произведен расчет по методике, представленной в ГОСТ Р 12.3.047 – 2012. Был рассчитан радиус воздействия высоких температур, он составил $R_F = 12,73$ м. На рисунке 3 видно, что радиус воздействия высоких температур, обозначенный окружностью, охватывает соседние емкости, площадь тушения обозначена квадратом. Это приведет к перегреву емкостей и как следствие к повышению давления, что поспособствует их взрыву.

Предлагается установить автоматическую систему пожаротушения, которая содержит модуль порошкового пожаротушения. Для этого нужно рассчитать площадь тушения пожара и охлаждения соседних резервуаров. Площадь защищаемого объекта $S= 648 \text{ м}^2$.

Для того, чтобы выбрать модуль порошкового пожаротушения автоматической системы нужно провести анализ характеристик нескольких моделей.

Таблица 2.

Характеристики	Буран-2,5 [14]	Буран-8У [15]	Буран-15КД [16]
Площадь тушения, м^2	7	32	42
Объем тушения, м^3	8	60	85

Из таблицы видно, что площадь тушения и объем тушения больше у модуля порошкового пожаротушения «Бурана-15КД». Поэтому он подходит больше остальных. Одного модуля недостаточно, для тушения пожара и охлаждения резервуаров. Из расчетов следует, что понадобится 15 модулей для полной защиты технологического оборудования.

Установки порошкового пожаротушения используются, когда нельзя применить хладоны, двуокись углерода или пену из-за возможного взаимодействия с продуктами горения, риска коррозии металлов или опасности короткого замыкания. Процедура тушения пожара с использованием порошковой системы основана на впрыске специального мелкодисперсного порошка в зону возгорания. Это позволяет охладить площадь возгорания за счет поглощения тепла частицами порошка и затрат на его плавление. Также объем поступающего кислорода уменьшается благодаря изменению состава горячей среды из-за продуктов термического разложения порошка, что замедляет химическую реакцию горения.

Модуль порошкового пожаротушения «Буран-15КД» предназначен для подавления пожаров классов А, В, С, а также Е. Он широко используется как исполнительное устройство в автоматических системах пожаротушения.

Это вызывает интерес к технологии и позволяет лучше понять применение порошкового пожаротушения в условиях возгораний различных классов.

Разработанная автоматическая система пожаротушения состоит из 1 –модуля «Буран – 15КД» и 2 – металлического корпуса, на котором крепятся модули. На рис. 4 представлена система автоматического пожаротушения модуля «Буран – 15КД».



Рис. 4. Система автоматического пожаротушения модуля «Буран – 15КД»

По нормативным требованиям не были найдены нарушения, но цель заключается в том, чтобы повысить уровень пожарной безопасности на установке узла сепарации. Для повышения уровня пожарной безопасности на установке была разработана автоматическая система пожаротушения с модулем порошкового пожаротушения «Буран-15КД».

Литература:

1. ГОСТ 31371.7-2008 ССБТ. Газ природный. Определение состава методом хроматографии с оценкой неопределенности. Методика выполнения измерений молярной доли компонентов. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/57e/4293831038.pdf> (дата обращения 06.03.23).
2. ГОСТ 55141-2012 ССБТ. Переработка попутного нефтяного газа. Малогабаритные блочные газоперерабатывающие комплексы. Общие технические требования. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293780/4293780425.pdf> (дата обращения 12.02.23).
3. ГОСТ Р 55598-2013 ССБТ. Попутный нефтяной газ. Критерии классификации. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293775/4293775362.pdf> (дата обращения 30.10.22).
4. СП 9.13130.2009. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации. – URL: <http://sniprf.ru/sp9-13130-2009> (дата обращения 11.05.23).
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ, ст. 68. – URL: https://61.mchs.gov.ru/uploads/resou rce/2021-08-24/obyazatelnye-trebovaniya-pozharnoy-bezopasnosti_16297970231620896938.pdf.

УДК 331.45

ПОВЫШЕНИЕ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ПОВЕДЕНЧЕСКОГО АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ

Фомина Е.Р., Москаленко Н.С.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В исследовании представлены разработанные рекомендации для повышения культуры безопасности путём применения средств поведенческого аудита безопасности. Такие как, анонимная анкета повышения культуры безопасности в которой уделяется особое внимание психологическому состоянию работника, что позволит реализовать дополнительные мероприятия по повышению культуры безопасности, так же опрос, который позволит получить дополнительную информацию о том, что могло спровоцировать ошибку, и какие дополнительные ресурсы можно реализовать.

Ключевые слова: повышение культуры безопасности; поведенческий аудит безопасности; опасное поведение.

Ситуация с безопасностью труда на производстве остаётся одной из самых важных проблем во всех отраслях промышленности. Несоблюдение безопасности может привести к трагическим последствиям, возможно ухудшение здоровья и даже смерть сотрудников, а также повлечь за собой материальный ущерб для компании.

Применение средств поведенческого аудита безопасности позволяет повысить эффективность мероприятий по улучшению культуры безопасности на производстве. Этот метод позволяет идентифицировать причины небезопасного поведения сотрудников и помогает разработать программу мер по ее усовершенствованию. Данный подход призван дать сотрудникам возможность осознать значение соблюдения правил безопасности и важность участия в совершенствовании безопасности на рабочем месте

По данным международной организации труда ежегодно в мире на производстве погибает более 2 млн. человек. В России каждый год фиксируется более 20 тыс. пострадавших на производстве, из них около 6 тыс. случаев – с тяжелыми травмами и 1,7 тыс. – со смертельным исходом. В экономике России занято около 72 млн. человек, около 10 млн. заняты на производстве с вредными и опасными факторами. Согласно концепции Герберта Хайнриха на 30 тыс. опасных действий приходится 1 смертельная травма, таким образом можно предположить, что каждый работник совершает 5 опасных действий в год (1,7 тыс. смертельных случаев × 30 тыс. опасных действий / 10 млн. человек занятых на производстве с вредными и опасными факторами).

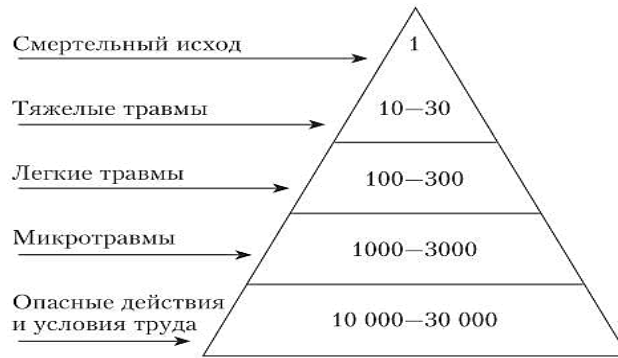


Рис. 1. Пирамида происшествий Хайнтриха

Поведенческий аудит безопасности (далее – ПАБ) – оценка, направленная на выявление девиаций в поведении персонала, связанных с безопасностью и здоровьем на рабочем месте.

Опасные условия – потенциальный источник опасности с риском возникновения происшествия; опасные действия – любое поведение или поступок работника, который может привести к травме или происшествию и создать риск для его жизни и жизни окружающих.

Цели поведенческого аудита:

- предотвращение производственного травматизма, аварий, инцидентов, пожаров и профессиональных заболеваний;
- формирование объективной информации о состоянии объектов в области производственной безопасности;
- повышение информированности персонала о производственной безопасности;
- повышение уровня культуры производственной безопасности.

Поведенческий аудит безопасности предполагает:

1. Определение основных навыков и знаний работников для безопасной работы;
2. Оценка эффективности инструктажей и тренингов по безопасности на рабочем месте;
3. Анализ наблюдений за поведением персонала, выявление девиаций и их причин;
4. Разработка и внедрение плана действий персонала на рабочем месте.

Поведенческий аудит безопасности проводится в несколько этапов: планирование и подготовка; наблюдение; обсуждение (диалог с работником); подведение итогов (в группе аудиторов); оформление отчёта ПАБ; реализация и контроль мероприятий по итогам ПАБ.

Диалог с работников проводится в зависимости от совершаемых действий. Важная особенность проведения обсуждения с работников, не нужно давить и указывать на ошибки, необходимо скорректировать действия работника, чтобы появилось понимание необходимости соблюдения техники безопасности, вопросы для диалога необходимо формулировать так чтобы они побуждали изменить действия, а не оказывать сопротивление. Так как если сразу после проведению аудита работники будут привлекаться к ответственности за небезопасные действия, то это может дискредитировать аудит и оттолкнуть работников. Обязательно необходимо поблагодарить работника за уделенное время.

Для повышения культуры безопасности были разработаны: анонимная анкета (табл. 1) и опрос (табл. 2), в которых уделяется внимание психологическому состоянию работника, что позволит реализовать мероприятия по повышению культуры безопасности, позволит получить информацию о том, что могло спровоцировать ошибку и какие дополнительные ресурсы можно реализовать. Анализируя статистические данных по анкете и опросу, можно разработать и провести тренинги и мероприятия на конкретную тематику, в определенном возрастном диапазоне работников, что в свою очередь повысит культуры безопасности и мотивацию работников соблюдать безопасные процедуры и нормы безопасности.

Таблица 1.

АНКЕТА. Повышение культуры безопасности	
Укажите ваш возраст	<input type="checkbox"/> 18-25 <input type="checkbox"/> 26-35 <input type="checkbox"/> 36-45 <input type="checkbox"/> 46-55 <input type="checkbox"/> от 56
1.Как вы оцениваете ваш уровень морального напряжения на рабочем месте? (1 – низкий балл, 10 – высокий балл.)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10
2.Как бы вы описали уровень коммуникации и сотрудничества в вашей рабочей группе по вопросам безопасности? (1 – низкий балл, 10 – высокий балл.)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10
3.Как вы оцениваете свои знания о правилах безопасности на рабочем месте? (1 – низкий балл, 10 – высокий балл.)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10
4.Как вы оцениваете свою собственную ответственность в области безопасности? (1 – низкий балл, 10 – высокий балл.)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10
5.Чувствуете ли вы, что у ваших коллег есть понимание и поддержка, когда дело касается безопасности? (1 – низкий балл, 10 – высокий балл.)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10
6.Как вы оцениваете текущую систему поощрений за безопасное поведение на рабочем месте? (1 – низкий балл, 10 – высокий балл.)	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10
7.Ваше психологическое состояние влияет на вашу работоспособность и безопасность на производстве?	<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Затрудняюсь ответить
8.Вы уделяете внимание своему психологическому состоянию перед началом работы?	<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Затрудняюсь ответить
9.Используете ли вы какие-либо стратегии, чтобы справляться с напряжением или стрессом на рабочем месте?	<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Затрудняюсь ответить
10.Есть ли у вас определенные способы или методы, которые вы используете, чтобы помнить и соблюдать правила безопасности на производстве?	<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Затрудняюсь ответить
11.Чувствуете ли вы, что у вас достаточно возможностей для обратной связи и предложений по улучшению безопасности на производстве?	<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Затрудняюсь ответить
12.Денежная мотивация помогает соблюдать правила безопасности и быть внимательным на работе?	<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Затрудняюсь ответить
13.Вы замечали на производстве ошибки или недостатки в системе безопасности?	<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Затрудняюсь ответить

Таблица 2.

ОПРОС. Повышение культуры безопасности	
Совершаются ли ошибочные действия при выполнении работ?	<input type="checkbox"/> Регулярно <input type="checkbox"/> Иногда <input type="checkbox"/> Редко <input type="checkbox"/> Никогда
Каковы причины совершения ошибок на работе? Выберите все подходящие варианты.	<input type="checkbox"/> Недостаточное обучение <input type="checkbox"/> Недостаток опыта <input type="checkbox"/> Усталость и перегрузка <input type="checkbox"/> Несоблюдение инструкций и процедур <input type="checkbox"/> Сложности с коммуникацией <input type="checkbox"/> Проблемы в личной жизни <input type="checkbox"/> Моральное давление
Какие дополнительные ресурсы востребованы? Выберите все подходящие варианты.	<input type="checkbox"/> Дополнительное обучение и тренинги <input type="checkbox"/> Новые технологии и оборудование <input type="checkbox"/> Улучшение коммуникации внутри коллектива <input type="checkbox"/> Больше практики и опыта в опасных ситуациях
Какие меры могут способствовать для улучшения безопасности на рабочем месте? Выберите все подходящие варианты.	<input type="checkbox"/> Соблюдение инструкций и процедур <input type="checkbox"/> Усиленное обучение <input type="checkbox"/> Регулярные проверки оборудования и инвентаря <input type="checkbox"/> Введение систем контроля и мониторинга <input type="checkbox"/> Проведение оценок рисков и предотвращение возможных инцидентов и аварий
В организации уделяется достаточное внимание, безопасности на рабочем месте?	<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет <input type="checkbox"/> Затрудняюсь ответить

Литература:

1. Ахмадуллин У. З., Ахмадуллина Х. М. Безопасное поведение: теоретические предпосылки к исследованию проблемы // Вопросы теории и методологии педагогики и психологии. Вест. ВЭГУ. 2009. № 1 (39). С. 13–19.
2. Василенко Н. П., Руденко В. А. Мотивационная составляющая личности в культуре безопасности // Глобальная ядерная безопасность. № 2 (11). М.: МИФИ, 2014. С. 135–141.
3. Горюнова Л. Н., Козлов В. В. Методические рекомендации по заполнению анкеты для оценки культуры безопасности. – URL: <https://www.academia.edu/12242987/>.
4. Мухамадеев Р. И., Бакиров И. К., Мухамадеев И. Г. Психологические аспекты повышения уровня безопасности труда // Вест. БГАУ. 2014. №3. С. 118–121.
5. Газпром 18000.3-009-2019. Поведенческий аудит безопасности. Правила проведения. РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина. С. 34
6. СТО Газпром 18000.1-001-2014. ЕСУПБ. Основные положения. С. 126.
7. СТО Газпром 18000.4-008-2019. ЕСУПБ. Анализ коренных причин происшествий. Порядок их установления и разработки мероприятий по предупреждению. С. 99.

УДК 614.84

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

Хакимова Л.А., Андреева Т.С.
Сургутский государственный университет

Аннотация. Проведен анализ действующей системы противопожарной защиты на одном из нефтегазодобывающих предприятий. Произведена оценка эффективности работы наружного противопожарного оборудования на производственном объекте 1-го класса опасности. Выявлены недостатки существующего оборудования и факторы, влияющие на скорость выполнения мероприятий по спасению людей, локализации и ликвидации аварии. Предложена модернизация наружного противопожарного оборудования с целью сокращения времени тушения пожара.

Ключевые слова: пожарная безопасность; опасный объект; резервуар; пожарный гидрант; промышленная безопасность.

Нефтегазодобывающие предприятия являются объектами повышенной пожарной опасности, так как на их территории сосредоточен большой суммарный объем легковоспламеняющихся и горючих веществ. Пожары в резервуарных парках относят к наиболее тяжелым и сложным в процессе организации их тушения. Они часто носят затяжной характер, приводят к травмам и гибели людей, наносят большой материальный ущерб, а также ведут к серьезным экологическим последствиям. Несмотря на применение предприятиями нефтяной промышленности обширного комплекса мер по предотвращению пожаров, риск их возникновения в резервуарных парках остается достаточно высоким. Так в период с 2010 по 2022 гг. в Российской Федерации зарегистрировано более 300 пожаров, произошедших на резервуарах [1].

Согласно Федеральному закону №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2] цехи подготовки и перекачки нефти относятся к первому классу опасности, а именно к объектам чрезвычайно высокой опасности, что влечет предъявление к ним требований промышленной безопасности и особого режима противопожарной безопасности.

Система противопожарной защиты цеха подготовки и перекачки нефти (рис. 1) включает: пожарную насосную, резервуары запаса воды, емкость для забора воды, трубопровод наружного водоснабжения, пожарные гидранты, сухотрубные линии, систему пополнения резервного запаса воды пожарного резервуара.

Для оценки эффективности системы пожарной безопасности объекта была организована учебная тревога согласно плану локализации и ликвидации последствий аварий, с условным возгоранием резервуара в товарном парке (рис. 3).

В ходе учебной тревоги действия персонала объекта предполагали: оповещение людей в пожароопасной зоне, включение ручного пожарного извещателя, передачу сообщения в пожарную охрану и сменному инженеру-технологу, а также включение системы пожаротушения. После выполнения всех вышеперечисленных действий работники приступали к подготовке сил и средств для локализации и ликвидации аварии и оказывали помощь пострадавшим.

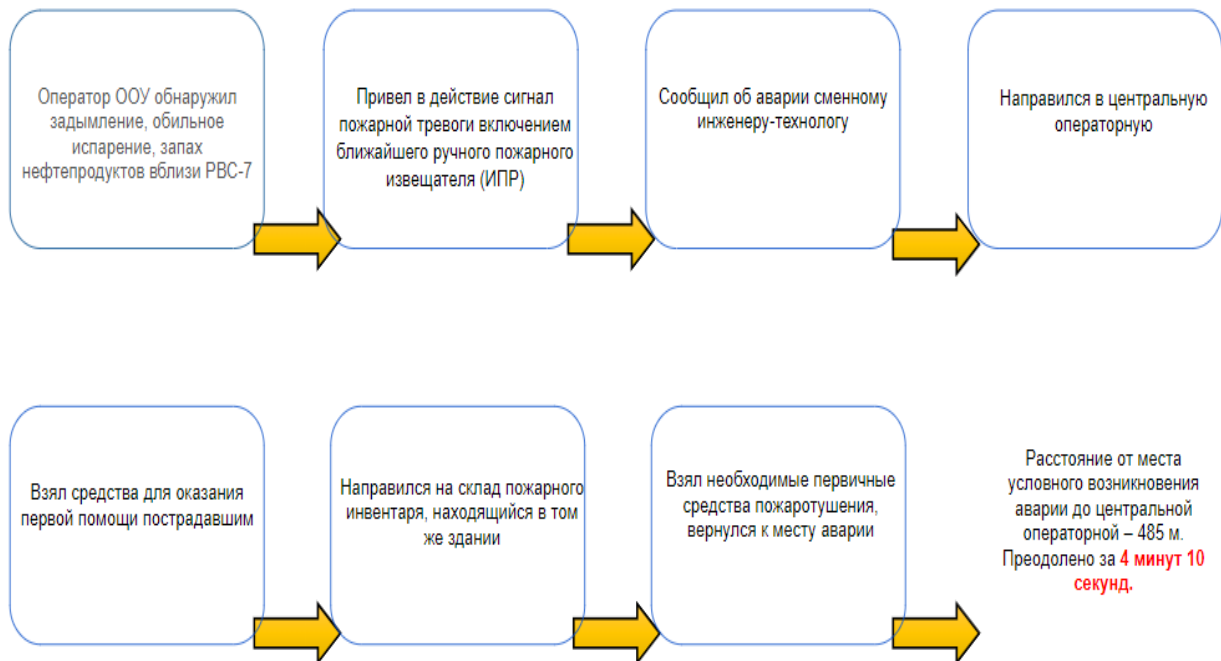


Рис. 3. Порядок действий персонала

В целом, учебная тревога показала готовность персонала к действиям в чрезвычайной ситуации, а также достаточную эффективность существующего комплекса мер противопожарной защиты. При этом были выявлены факторы, влияющие на скорость выполнения мероприятий по спасению людей, локализации и ликвидации аварии.

Среди данных факторов:

- расстояние до ближайшего ручного пожарного извещателя;
- расстояние от места условного пожара до склада пожарного инвентаря, где хранятся средства пожаротушения, которые необходимо подготовить к приезду пожарной охраны;
- расстояние от места условной аварии до центральной операторной, где хранятся средства оказания первой медицинской помощи.

Учет этих факторов поможет свести к минимуму риск распространения пожара и уменьшить его последствия. Все перечисленные обстоятельства, как по отдельности, так и в совокупности, могут привести к потере драгоценного времени – одного из ключевых факторов при решении оперативных задач пожаротушения. Ситуация приобретает дополнительные неблагоприятные аспекты при эксплуатации пожарных гидрантов в сложных климатических условиях Западной Сибири, когда 193 дня в году являются холодными.

Решением данной проблемы является внедрение блоков пожарных гидрантов (рис. 4), которые адаптированы для работы в условиях низких температур. Данные блоки могут иметь

такое конструктивное исполнение и комплектацию, которое учитывает специфику сложных объектов защиты. Наличие встроенных систем обогрева, подсветки и электроснабжения, а также комплектация разнообразными совместимым пожарно-техническим вооружением, обеспечивают удобство и оперативность эксплуатации блока пожарных гидрантов. К примеру, блок может быть оборудован ручным пожарным извещателем, пожарными рукавами, средствами оказания первой помощи.

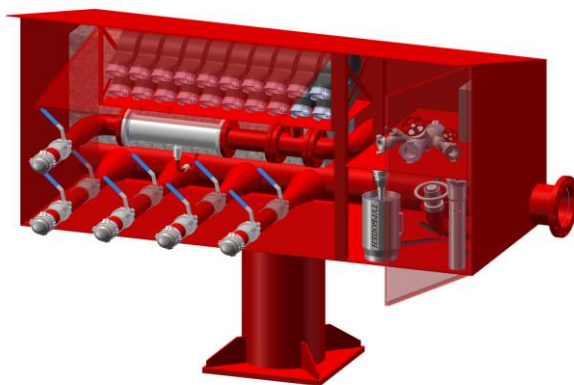


Рис. 4. Блок пожарных гидрантов

Внедрение блоков пожарных гидрантов позволит существенно сократить время на выполнение мероприятий по локализации и ликвидации аварий. Применение высокотехнологичного саморегулирующегося нагревательного кабеля, потребляемая мощность, которого зависит от его температуры, позволит получить значительную экономию электроэнергии, затрачиваемой для защиты водовода и задвижек от промерзания.

Литература:

1. Кулик Б. В. Обеспечение пожарной безопасности цеха подготовки и перекачки нефти / Б. В. Кулик, М. С. Савостина. NovaInfo, 2019. С. 30–33.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: № 116-ФЗ ФЗ, принят 20.06.97 // Собрание законодательства РФ. 1997. № 30. Ст. 3588.
3. Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов. М.: Ин-октава, 2005. 480 с.
4. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
5. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. Швырков С. А. Обеспечение пожарной безопасности нефтебаз ограничением разлива нефтепродуктов при разрушениях вертикальных стальных резервуаров: дисс. ... канд. техн. наук; академия ГПС МВД России. М., 2001. 180 с.

УДК 575.2

ХАРАКТЕРИСТИКА И ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ МОБИЛЬНЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ *VIBRIO CHOLERAЕ*

Гапурова А.Х.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В данном исследовании представлены результаты исследования роли мобильных генетических элементов (МГЭ) у штаммов *V. cholera*, изолированных в разные временные периоды от больных и объектов окружающей среды с использованием биоинформационных ресурсов. Анализ геномных последовательностей 25 штаммов холерного вибриона показал присутствие МГЭ (профага СТХφ, острова патогенности VP1–1, острова персистенности EPI, интегративного SXT – элемента). Установлена связь выявленных элементов с источником и периодом изоляции, а также возможность передачи генетической информации между штаммами.

Ключевые слова: *Vibrio cholera*; мобильные генетические элементы; холерный токсин; остров патогенности; остров пандемичности; токсин-корегулируемые пили; остров персистенции; интегративные конъюгативные элементы.

Холера – острое желудочно–кишечное диарейное заболевание, вызываемое *V. cholerae*. Известно три эпидемически опасных варианта возбудителя: *Vibrio cholerae* O1 серогруппы классического биовара, *V. cholerae* O1 серогруппы Эль Тор биовара и *V. cholerae* O139 серогруппы [1]. Патогенный потенциал возбудителя холеры обусловлен наличием факторов: подвижность и хемотаксис, токсин-корегулируемые пили – ТСП (обеспечивающие адгезию и колонизацию), гемагглютинины; белки внешней мембраны; холерный токсин – СТ, эндотоксин, ферменты агрессии (нейраминидаза, муциназа, протеаза и др.). Ключевые факторы вирулентности для патогенеза холеры, СТ и ТСП являются частью МГЭ [2].

Геном возбудителя холеры представлен двумя хромосомами, различающимися по размеру и функциям; в их составе есть основной геном, кодирующий функции, необходимые для роста и выживания патогена, и приобретённый, обусловленный наличием МГЭ. Хромосома 1 содержит гены, ответственные за проявление вирулентных свойств возбудителя, которые входят в состав профагов СТХφ и RS1, островов патогенности VP1–1 и VP1–2, пандемичности VSP–1 и VSP–2, и персистенности EPI. Хромосома 2 включает гены, ответственные за синтез факторов колонизации кишечника, и суперинтегрон, содержащий в генные кассеты, обуславливающие устойчивость возбудителя к ряду антибиотиков [3].

Возбудитель холеры способен обитать не только в организме человека, заселяя его тонкий кишечник, но и является естественным обитателем морей и устьев рек, где обычно в составе биопленки способен выживать на биотических и абиотических поверхностях [4]. Способность возбудителя адаптироваться к различным условиям существования определяется присутствием на двух хромосомах различных МГЭ, несущих гены вирулентности и жизнеобеспечения.

Мозаичная структура генома *V. cholerae* обуславливает широкое фенотипическое и генетическое разнообразие штаммов. Такая ситуация определяет необходимость изучения

распространенности основных генов патогенности, персистенции и резистентности среди штаммов *V. cholerae* для оценки варибельности их генома.

В связи с этим был проведен анализ варибельности МГЭ среди штаммов *V. cholerae* при помощи биоинформационных ресурсов. Результаты поиска МГЭ среди геномных последовательностей, полученных из общедоступной базы данных GenBank представлены в

Таблица 1. Все изоляты, выделенные от больных холерой пациентов, содержат в своем геноме два ключевых МГЭ – профаг СТХφ и остров патогенности VPI–1 [0]. В тоже время, штамм *V. cholerae* биовара Эль Тор, выделенный из поверхностных вод, не содержал с воем геноме профага СТХφ с генами холерного токсина. Особенности генотипа данного штамма подтверждают ранее высказанное предположение, что они могли произойти от вирулентных в результате утраты ими в водной среде МГЭ, несущих ключевые гены патогенности [3].

Таблица 1.

Присутствие мобильных генетических элементов среди штаммов холерного вибриона

№	Название штамма	Источник	Присутствие МГЭ							
			СТХφ	RS1	VPI–1	VPI–2	VSP–1	VSP–2	EPI	SXT
1	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм CIRS 101	2002, Бангладеш, больной холерой	+	–	–	–	–	–	–	–
2	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм 5/66	1996, Пакистан, больной холерой	+	–	+	–	–	–	–	+
3	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм DRC–193A	2011, Демократическая Республика Конго, больной холерой	+	–	+	–	–	–	–	+
4	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм FJ147	2005, Китай, больной холерой	+	–	+	–	–	–	–	+
5	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм C6709	1991, Перу, больной холерой	+	–	+	–	–	–	–	–
6	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм HC1037	2014, Гаити, больной холерой	+	–	+	–	–	–	–	+
7	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль	1978, Бахрейн,	+	–	+	–	–	–	–	–

	Тор) штамм E7946	больной холерой								
8	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм P27459	1976, Бангладеш, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	-
9	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм Inaba	2017, Ирак, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	-
10	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм 2010EL-2010N	2010, Гаити, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	+
11	<i>Vibrio cholerae</i> O1 штамм MJ-1236	2010, Бангладеш, поверхностные воды (пруд)	-	-	+	-	-	-	-	-
12	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм 3554-08	2008, США, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	+
13	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм IEC224	1993, Бразилия, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	-
14	<i>Vibrio cholerae</i> O1 (биовар Эль Тор) штамм 2010EL-1786	2010, Гаити, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	+
15	<i>Vibrio cholerae</i> O1 штамм EM-1688	2011, Бангладеш, поверхностные воды (пруд)	+	-	+	-	-	-	-	-
16	<i>Vibrio cholerae</i> O139 штамм FC1877	1995, Индия, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	+
17	<i>Vibrio cholerae</i> O139 штамм FC3611b	1997, Индия, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	-

18	<i>Vibrio cholerae</i> O139 штамм FC1105	2003, Индия, больной холерой	+	-	+	-	-	-	-	-
19	<i>Vibrio cholerae</i> O139 штамм NALMLE46	2017, Бангладеш, поверхностн ые воды	-	-	-	-	-	-	-	+
20	<i>Vibrio cholerae</i> O139 штамм NALMLE18	2017, Бангладеш, поверхностн ые воды	-	-	+	-	-	-	-	+
21	<i>Vibrio cholerae</i> O162 штамм RIMD 2214400	1993, Аргентина, поверхностн ые воды	-	-	-	-	-	-	+	-
22	<i>Vibrio cholerae</i> O17 штамм RIMD 2214255	1969, индия, поверхностн ые воды	-	-	-	-	-	-	+	-
23	<i>Vibrio cholerae</i> O207 штамм RIMD 2214445	2001, Япония, поверхностн ые воды	-	-	-	-	-	-	+	-
24	<i>Vibrio cholerae</i> O45 штамм RIMD 2214283	1973, Индия, поверхностн ые воды	-	-	-	-	-	-	+	-
25	<i>Vibrio cholerae</i> O5 штамм RIMD 2214243	1964, Филиппины, поверхностн ые воды	-	-	-	-	-	-	+	-

При исследовании распространения среди штаммов *V. cholerae* SXT – генетического элемента, несущего гены лекарственной устойчивости, установлена временная связь между обнаружением первого источника SXT – генетического элемента – *V. cholerae* O139 (штамм № 16 – 1995 г.) и появлением штаммов *V. cholerae* биовара Эль Тор с множественной устойчивостью к лекарственным препаратам, кодируемой генами этого элемента. Так, штаммы биовара Эль Тор, выделенные в начале текущей пандемии (1976–1991 гг.) не несли в своем геноме SXT – элемента с генами лекарственной устойчивости. Однако, начиная с 1996 г., практически все изученные штаммы содержали в хромосоме SXT – элемент с генами устойчивости к нескольким лекарственным препаратам (стрептомицину, сульфаметоксазолу, триметаприму), что согласуется с ранее полученными данными [0].

При изучении генетического разнообразия штаммов, выделенных из водных источников, было установлено, что в их геноме присутствует ген *mshA* острова персистенции EPI. При этом у них отсутствовали последовательности профага CTXφ и острова патогенности VPI-1, что свидетельствует о том, что микроорганизмы используют все возможные молекулярные

механизмы, чтобы их геном освобождался от последовательностей ДНК, ненужных для жизни клетки в водных экосистемах.

Поскольку вариабельность геном может выражаться не только в утрате генов, но и в изменении их нуклеотидных последовательностей, на следующем этапе работы было проведено выравнивание генов *ctxB* из профага СТХφ и *tcpA* из VP1-1, связанных с вирулентностью. Как и ожидалось, изученные штаммы, изолированные в 1976–1993 гг. относились к типичным штаммам биовара Эль Тор и несли аллель *ctxB3*, тогда как у штаммов, выделенных с 1996 г. и позже, типичный ген *ctxB3*, входящий в состав профага СТХφ вибрионов Эль Тор, был заменен на аллель *ctxB1*, характерный для классических вибрионов. Об этом свидетельствует появление в нуклеотидной последовательности гена *ctxB* двух олигонуклеотидных замен в положениях 115 и 203 (С/Т). В тоже время, выявлены штаммы, содержащие иной вариант гена *ctxB* (*ctxB7*), отличающийся от аллеля *ctxB1* одной дополнительной мутацией (цитозин замещен на аденин в позиции 58), что подтверждает ранее полученные сведения о возникновении в 1990–х годах природных генетически измененных штаммов возбудителя холеры [3].

При сравнении нуклеотидной последовательности гена *tcpA*, стало очевидно, что его структура также изменена у значительной части штаммов. Так, геноварианты биовара Эль Тор включают аллель *tcpA^{CIRS}*, имеющий нуклеотидную замену А на Г в позиции 266, что соответствует ранее полученным данным и указывает на рекомбинацию отдельных генов.

Литература:

1. Baddam R., Sarker N., Ahmed D., Mazumder R., Abdullah A., Morshed R., et al. Genome dynamics of *Vibrio cholerae* isolates linked to seasonal outbreaks of cholera in Dhaka, Bangladesh. *mBio*. 2020. № 21. С. 314.
2. Archana P., Bhabatosh D., Rupak K. Bhadra CTX phage of *Vibrio cholerae*: Genomics and applications // *Vaccine*. 2020. № 38. С. 7–12.
3. Костромитина Е. А. Молекулярно–генетические свойства штаммов холерного вибриона эльтор с различной эпидемической значимостью: дисс. канд. мед. наук: 30.00.07. Саратов, 2014. 170 с.
4. Кульшань Т. А. Анализ молекулярно-генетических особенностей штаммов *Vibrio cholerae* O1 классического и Эль тор биоваров: специальность 03.02.03: автореф. дисс. канд. мед. наук. Саратов, 2013. 23 с.
5. Ковалев Д. А., Шапаков Н. А., Писаренко С. В., Савельева И. В., Васильева О. В., Савельев В. Н., Сирица Ю. В., Жиров А. М., Ульшина Д. В., Кузнецова И. В., Бобрышева О. В., Куличенко А. Н. Генетическое типирование штаммов *Vibrio cholerae* биовара El Tor, выделенных на территории Кавказа в период 1970–1998 гг., с применением MLVA–5 и wgSNP. *Ж-л микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2021. 98 (1). С. 46–58.

УДК 574.58579.2

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ ИЗ РЕКИ САЙМА НА ГИДРОБИОНТОВ

Загирова Н.С.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В работе проведен анализ по выживаемости и двигательной активности (*Daphnia magna*) в воде реки Сайма в летний период. Установлено негативное влияние токсических веществ в различных пробах воды на (*Daphnia magna*), что связано с наличием в воде нитритов. Проводился анализ тест-функций овса посевного при оценке фитотоксичности проб. Проанализированы показатели процессов минерализации и олиготрофности органического вещества в пробах воды реки Сайма. Анализовали химические и органолептические свойства воды.

Ключевые слова: *Daphnia magna*; выживаемость; двигательная активность; загрязнение; река Сайма; фитотоксичность.

Проблема загрязнения водных ресурсов в нашей стране за последнее время стала весьма актуальной, в связи с стремительно развивающейся деятельностью человека и развитием урбанизации, которая вносит свою долю в развитие дальнейших событий, происходящих в природе. В более урбанизированных и заселенных территориях уровень загрязнения вод за последнее время становится значительно больше, по сравнению со способностью водных ресурсов самоочищаться. В перечень техногенных источников, загрязняющих водные объекты, входят такие промышленные предприятия как: речной и автомобильный транспорт, предприятия коммунального хозяйства, поставляющие загрязнители в воду. Река Сайма играет важную роль в жизни жителей города Сургута. Она является одним из основных рекреационных центров для его обитателей [1].

Оценка загрязнения воды химическими отходами, техногенными поллютантами и деятельностью человека основывается на санитарно-химических анализах. Необходимо иметь данные о токсическом загрязнении водных объектов, посредством взятия проб для проведения биотестирования. Для этого существует практика биоанализа воды на испытуемых объектах для характеристики и оценки её токсического эффекта.

Для оценки загрязнения водоемов используется такой показатель как биотестирование (на низших ракообразных). Беспозвоночные очень удобны в биотестировании – быстро привыкают к лабораторным условиям и чувствительны к токсичным веществам.

Целью проведенного исследования был анализ жизнедеятельности живых организмов в летний период в пробах воды из реки Сайма. В задачи исследования входило оценить химические и физические свойства воды реки Сайма в исследуемых точках отбора проб, проанализировать жизнедеятельность гидробионтов в данной воде, на примере *Daphnia magna*, дать оценку фитотоксичности проб воды р. Сайма, исследовать микробное разнообразие в отобранных пробах воды.

Пробы воды отбирались в летний период 2023 г согласно методическим указаниям руководящего документа РД 52.24.609-2013 [2]. Отбор проб воды проводился с глубины 25–30 см. В момент отбора проб определялась температура воды. Экспериментальная часть работы проводилась на базе лабораторий кафедры биологии и биотехнологии Сургутского государственного университета.

Пробы воды отбирались в 6 точках: 1) «Газпром»; 2) парк «за Саймой»; 3) «Тихий проезд»; 4) «Шлюз»; 5) мост «Ботаника»; 6) «мост у 24 микрорайона» (рис. 1).

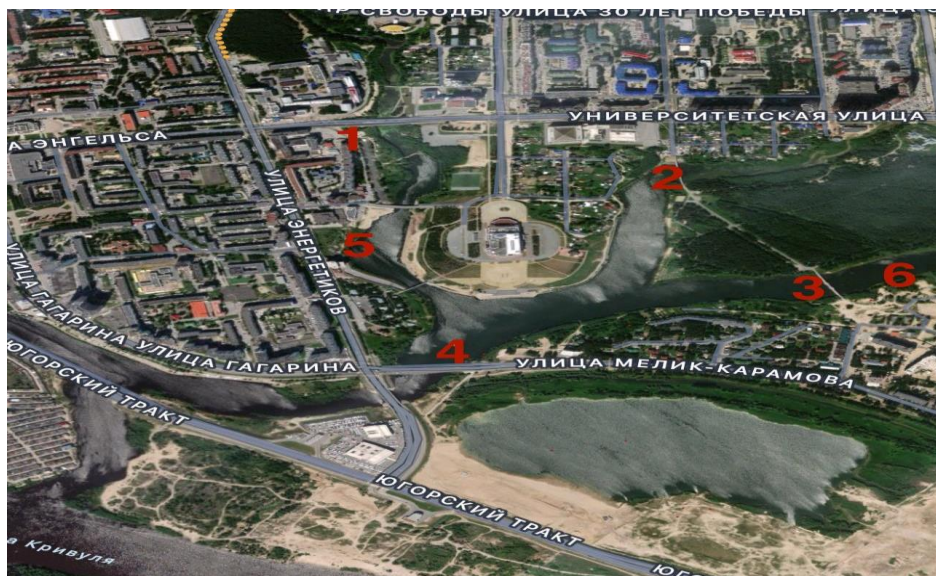


Рис. 1. Схема точек отбора проб воды р. Сайма

При контроле для тест-объектов использовали чистую питьевую воду, отстоянную в течение 3-х дней. В качестве тест объектов для исследования использовали дафнию большую (*Daphnia magna* Straus). Исследования проводили по стандартным методикам (выживаемость ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06; плодовитость ФР.1.39.2007.03222) на 2-х суточных дафниях, используемых в остром и хроническом эксперименте. Эксперименты ставились в 3-х кратной повторности с плотностью посадки 10 рачков на 100 мл тестируемой воды.

Ежедневно особей кормили 1 мл раствора водорослей, регистрировали их выживаемость на 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 и 18 сутки и двигательную активность на 2, 8 и 18 сутки. По точкам отбора учитывали численность эколого-трофических групп микроорганизмов (ЭТГМ) методом Коха с определением колонеобразующих единиц (КОЕ). Использовали питательный агар для гетеротрофной микрофлоры, голодный агар для выявления олиготрофной, автотрофной микрофлоры, крахмально-аммиачный агар для учета азотоусваивающих микроорганизмов, среду Эндо, выявляя энтеробактерии [3, 4]. Инкубировали при t 22-24 °С и подсчитывали микроорганизмы через 3-10 суток культивирования.

Фитотоксичность проб определялась методом проращивания овса посевного (*Avena sativa*) в качестве тест-культуры. Тест проводился в трех повторностях. Оценка фитотоксичности проходила согласно методических рекомендаций. Во время отбора проб измерялась температура воды и непосредственно после отбора, - рН среды (табл.1). У всех проб рН варьируется от 7,1 – 7,6 ед. и относится к группе «нейтральная».

Таблица 1.

Температура воды и кислотность (рН) проб

№ п/п	Точки отбора	Температура, °С	рН, ед.
1	«Газпром»	16,8	7,62±0,04
2	Парк «за Саймой»	15,9	7,27±0,08
3	«Тихий проезд»	16,0	7,15±0,03
4	«Шлюз»	16,5	7,27±0,03
5	Мост «Ботаника»	15,7	7,17±0,006
6	«Мост у 24 мкр.»	16,3	7,13±0,04

В результате определения отдельных показателей химического состава проб воды из реки Сайма выявлено повышенное содержание нитритов в точке отбора № 3 «Тихий Проезд». Содержание свободной углекислоты не превышает допустимого уровня (23-30 мг/л). По жесткости все исследуемые воды мягкие (табл. 2). В мягкой воде разрушаются раковины улиток, плохо переносят линьку креветки и раки: им недостаточно кальция.

Таблица 2.

Отдельные показатели химического анализа проб воды

№ п/п	Точки отбора	Общая жесткость, мг/л	Свободная CO ₂ , мг/л	Нитраты, мг/л	Нитриты, мг/л	Аммиак, мг/л	Взвешенные частицы, мг/л
1	«Газпром»	1,23±0,03	16,25±0,25	1,5	0,001	0,04	0,821±0,001
2	Парк «за Саймой»	1,48±0,03	16,7±0,0	2	0,001	0,04	0,796±0,004
3	«Тихий проезд»	1,55±0,05	23,1±1,1	5	0,04	0,4	0,802±0,003
4	«Шлюз»	2,15±0,15	17,05±1,65	1	0,002	0,2	0,790±0,001
5	Мост «Ботаника»	2,35±0,09	17,05±1,65	1	0,002	0,2	0,793 ±0,003
6	«Мост у 24 мкр.»	2,15±0,05	14,85±0,55	2	0,002	0,2	0,803±0,003

Пробы с водоема не являются оптимальными для развития дафний из-за температурного фактора и низкого содержания кальция. Вместе с тем, не выявлено превышения предельно-допустимых концентраций аммиачного азота, общей жесткости и нитратов. Однако, для некоторых образцов характерно превышение ПДК по нитритам и свободной углекислоте (до 20 мг/л), что в свою очередь может обуславливать токсический эффект на гидробионтов. Токсический эффект прослеживается на выживаемости дафний в пробах воды (табл.3) и их двигательной активности (рис. 2).

Таблица 3.

Выживаемость дафний в исследуемых пробах воды, %

Точки отбора	0 день (30 мин)	2 сутки	4 сутки	6 сутки	8 сутки	10 сутки	12 сутки	14 сутки	16 сутки	18 сутки
Контроль	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96,6±3,3
«Газпром»	100	96,6±3,3	96,6±3,3	93,3±4,6	93,3±4,6	90,0±5,5	86,6±6,2	83,3±6,8	60,0±8,9	56,6±9,0
Парк «за Саймой»	100	96,6±3,3	93,3±4,6	93,3±4,6	86,6±6,2	86,6±6,2	86,6±6,2	83,3±6,8	60,0±8,9	53,3±9,1
«Тихий проезд»	100	90,0±5,5	90,0±5,5	76,6±7,7	73,3±8,1	73,3±8,1	63,3±8,8	46,6±9,1	36,6±6,6	36,6±6,6
«Шлюз»	100	100	100	96,6±3,3	93,3±4,6	93,3±4,6	93,3±4,6	93,3±4,6	90,0±5,5	90,0±5,5
Мост «Ботаника»	100	100	100	96,6±3,3	90±5,5	90,0±5,5	90,0±5,5	90,0±5,5	90,0±5,5	86,6±6,2
«Мост у 24 мкр.»	100	100	90,0±5,5	90,0±5,5	86,6±6,2	86,6±6,2	80,0±5,7	80,0±5,7	76,6±7,7	76,6±7,7

Исследование выживаемости и двигательной активности *Daphnia magna* в исследуемых пробах воды показало, что пробе воды из точки отбора «Шлюз» дафнии чувствуют себя наиболее благоприятно, по сравнению со всеми остальными точками. Активная жизнедеятельность и двигательная активность рачков сохраняется до последнего дня эксперимента. Чего не скажешь о выживаемости и двигательной активности в точке отбора

«Тихий проезд». Химический анализ (табл. 2), подтверждает данный факт, так как именно в точке отбора «Тихий проезд» было зафиксировано превышение нормы ПДК по нитритам [5].

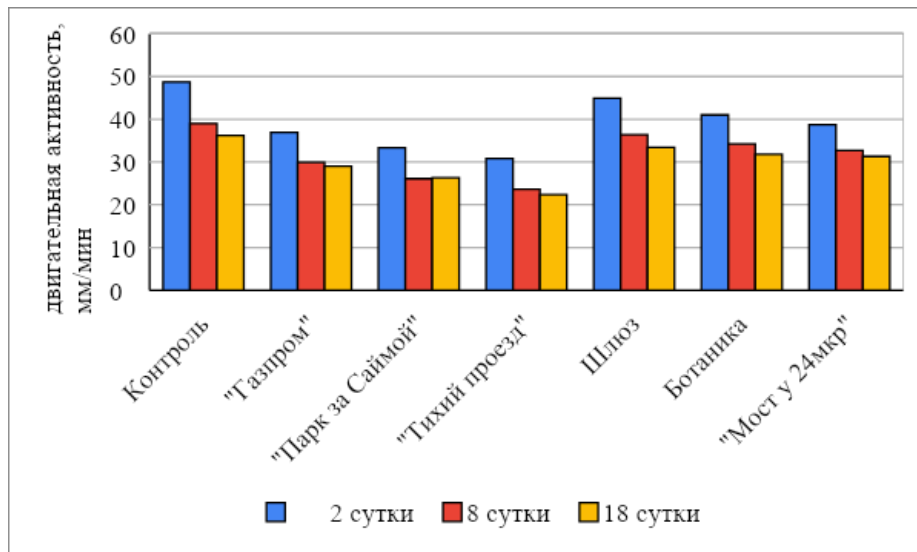


Рис. 2. Двигательная активность дафний *Daphnia magna* в эксперименте

Экспериментальные опыты с дафниями на исследуемых пробах показали, что дафнии лучше всего себя чувствовали в воде из точки отбора «Шлюз» с достаточным содержанием кислорода, что обусловлено технической конструкцией места отбора.

Биоэкологический мониторинг водоемов основывается на определении фитотоксичности – удобном и быстром методе. Нами определялась фитотоксичность посредством проращивания в водных пробах овса посевного (*Avena sativa*) (табл. 4).

Таблица 4.

Определение фитотоксичности проб воды

№ п/п	Наименование образцов	Контроль (LK): надземная часть 14,32 см, подземная часть 15,99 см		Среднее значение для надземной и подземной части, %
		Отклонение показателей от контроля (ЛОП) %		
		Надземная часть	Подземная часть	
1	«Газпром»	10,68	1,5	6,09
2	Парк «за Саймой»	12,77	15,38	14,075
3	«Тихий проезд»	19,2	19,63	19,415
4	«Шлюз»	3,84	9,63	6,735
5	Мост «Ботаника»	16,7	24,82	20,76
6	«Мост у 24 мкр.»	2,37	12,38	7,375

При оценке фитотоксичности проб воды было установлено, что наибольшее отклонение показателей от контроля присутствуют в пробе воды «Тихий проезд»; проба воды из точки отбора «Газпром» дает наименьшие отклонения от показателей контроля. При этом ни в одной проб не зафиксировано эффекта торможения, превышающего 20 % от контроля.

Микробиологический метод оценки биоэкологического состояния водоемов характеризует способность водоема к процессам самоочищения и выявляет аллохтонное загрязнение, причинами которого могут быть как естественные процессы, так и деятельность человека. Полученные нами результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Результаты микробиологического анализа проб воды реки Сайма, КОЕ $\times 10^3$ (тыс.)

№ п/п	Название пробы	Гетеротрофы	Усваивающие минер. формы азота	Олиготрофы	Бактерии группы кишечной палочки
1	«Газпром»	300 \pm 24,0	86,6 \pm 3,84	3,3 \pm 0,33	Не выявлено
2	Парк «за Саймой»	196,6 \pm 3,67	103,3 \pm 2,91	66,6 \pm 4,17	9
3	«Тихий проезд»	133,3 \pm 4,41	153,3 \pm 12,84	10 \pm 0,57	11
4	«Шлюз»	136,6 \pm 13,17	140 \pm 9,16	186,6 \pm 18,66	Не выявлено
5	Мост «Ботаника»	996,6 \pm 75,19	100 \pm 2,0	6,6 \pm 0,33	3
6	«Мост у 24 мкр.»	866,6 \pm 14,75	403,3 \pm 6,83	83,3 \pm 0,88	12

Опираясь на численность гетеротрофных микроорганизмов, пробы водоема по классам качества относятся к категории «грязные». Сопоставляя возможное влияние микроорганизмов на выживаемость *Daphnia magna* в пробах воды, выявлено, что однозначной зависимости не обнаружено: корреляция Пирсона колеблется от слабой ($r = 0,32-0,38$) до весьма высокой ($r = 0,87-0,96$).

На основе численности эколого-трофических групп микроорганизмов можно рассчитать коэффициенты, характеризующие скорости разложения или усвоения органического вещества, поступающего или образующегося в водоеме. Коэффициент минерализации характеризует скорость разложения органического вещества и его значение меньше единицы считается показателем преобладания процессов минерализации, больше единицы – иммобилизации азота [5].

Коэффициент олиготрофности показывает, насколько экосистема приближена к естественному состоянию биоценоза и чем он больше, тем больше выше эта вероятность [6].

По полученным данным (табл.6) видим, что процессы минерализации протекают в точках отбора № 2 и 6, процессы иммобилизации преобладают в точке отбора № 3. Наиболее сбалансированный микробоценоз, близкий к естественному наблюдается в точке № 4 («Шлюз»). Это подтверждается данными по выживаемости и двигательной активности дафний (табл. 3, рис. 2).

Таблица 6.

Показатели процессов минерализации и олиготрофности органического вещества

№	Название пробы	Коэффициент минерализации	Коэффициент олиготрофности
1	«Газпром»	0,29	0,01
2	Парк «за Саймой»	0,55	0,35
3	«Тихий проезд»	1,15	0,08
4	«Шлюз»	1,02	1,37
5	Мост «Ботаника»	0,10	0,007
6	«Мост у 24 мкр.»	0,46	0,096

Таким образом, на выживаемость дафний в достаточной степени влияют некоторые физико-химические факторы проб воды реки Сайма и сбалансированный микробоценоз при достаточном уровне поступающего кислорода и допустимом, – свободной углекислоты.

Полученные данные могут быть использованы органами природоохранных организаций для проведения мониторинга природных вод.

Литература:

1. Брагинский Л. П. Методологические аспекты токсикологического биотестирования на *Daphnia magna* Str. и других ветвистоусых ракообразных // Гидробиологический ж-л. 2000. Т. 36. № 5. С. 50–71. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/usloviya-kultivirovaniya-i-mnogo-obrazie-test-funktsiy-daphnia-magna-straus-pri-biotestirovanii>.
2. РД52.24.609-2013: сайт. – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293773/4293773618.pdf>.
3. Егоров Н. С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М.: МГУ, 1995. С. 224.
4. Методы исследований в идентификации микроорганизмов: Метод. пособие // Сост. Т. Д. Ямпольская, А. И. Фахрутдинов, Т. Д. Паньков. 2-е изд. Сургут: ИЦ СурГУ, 2015. – URL: <https://aeterna-ufa.ru/sbornik/NK-217-2.pdf>.
5. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. М.: АН СССР, 1956. 342 с.
6. Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. Н. Новгород: Нижегородская с.-х. акад., 2012. – URL: https://www.studmed.ru/titova-v-i-kozlov-a-v-metody-ocenki-funkcionirovaniya-mikrobocenoza-pochvy-uchastvuyuschego-v-transformacii-organicheskogo-veschestva_64e28c2858d.html.

УДК 57.084.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭКСТРАКТ-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА КЛЕТКИ ЧЕЛОВЕКА

Искужина Л.И., Рожин А.О.

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Аннотация. Целью работы было исследование воздействия экстракт-стабилизированных наночастиц серебра на клетки человека *in vitro*. Были использованы флуоресцентная и темнопольная типы микроскопии для изучения взаимодействия наночастиц на морфологию клеток, проточная цитометрия для выявления механизма гибели клеток. Установлено, что экстракт-стабилизированные наночастицы серебра цитотоксичны для исследуемого типа клеток, а также вызывают изменение их морфологии и конfluenceности. Использование витальных красителей позволило установить, что индуцирована некротическая гибель клеток. Полученные данные могут помочь в понимании воздействия наночастиц серебра на клеточные процессы, а также определить дальнейшие направления исследований в этой области.

Ключевые слова: наночастицы серебра; цитотоксичность; апоптоз; некроз.

В последние десятилетия нанотехнологии приобрели особую значимость. Некоторые металлы применяются в наноразмерном масштабе в различных отраслях промышленности из-за широкого спектра новых возможностей [1]. Благодаря малым размерам и большой площади поверхности, наночастицы имеют множество преимуществ по сравнению с другими типами частиц: они обладают уникальными магнитными, механическими, электропроводными и оптическими свойствами, имеют высокую термическую стабильность, а также их легче и эффективнее контролировать в сравнении с крупномасштабными материалами [2]. Особое внимание исследователей привлекли серебряные наночастицы. Свежие исследования свидетельствуют о том, что наночастицы серебра обладают способностью бороться с грибковыми, вирусными и воспалительными процессами в организме, а также обнаружены их антимикробные и противораковые свойства [3]. Наночастицы серебра используют в медицине, промышленных и бытовых изделиях, при создании новых покрытий и косметики [4].

Для повышения безопасности и создания ценных свойств используются биологические восстановители наночастиц (растения, бактерии и т. д.). Этот метод обладает экономическими и экологическими преимуществами, в отличие от химических и физических методов [5].

Наши прошлые работы показали высокую антибактериальную активность экстракт-стабилизированных наночастиц серебра на 5 видах условно-патогенных бактерий, по сравнению с классическими цитрат-стабилизированными AgNPs (наночастицами серебра). Полученные нами наночастицы могут быть применены в биомедицинских исследованиях, в качестве возможного компонента антимикробного средства, сочетающего бактерицидные свойства сфагнума и серебра. Поэтому на следующем этапе оценивается цитотоксический эффект полученных наноматериалов с помощью клеток человека. Согласно литературным данным, биогенные наноматериалы считаются наименее токсичными для человека [6].

В исследовании для оценки влияния на клетки использовали клеточную линию индуцированных мезенхимальных стволовых клеток (iMSC) и экстракт-стабилизированные наночастицы серебра шарообразной формы, размером $108 \pm 8,5$ нм. Экстракт-

стабилизированные наночастицы получены в присутствии экстракта мха *Sphagnum fallax*. Клетки культивировали в среде ДМЕМ с добавлением 10%-ой инактивированной телячьей эмбриональной сыворотки, 45 ед/мл пенициллина и 45 мг/мл стрептомицина в 5%-ой CO₂ среде при 37°C в CO₂-инкубаторе. Растения *Sphagnum fallax* взяты с болота в Ульяновской области, вымыты и высушены. Экстракт получали кипячением в дистиллированной воде в течение 5 мин. Экстракт-стабилизированные наночастицы серебра синтезировали восстановлением ионов серебра с помощью экстракта сфагнома. Экстракт сфагнома выступал восстановителем и стабилизатором. Для синтеза использовался стерилизованный раствор нитрата серебра, а эффективной пропорцией оказалась 1:4 (нитрат:экстракт). Морфологию клеток и характер формирования монослоя наблюдали в процессе культивирования обработанных наночастицами и интактных клеток в течение 24 ч. при помощи флуоресцентной и темнопольной микроскопии. Анализ токсичности наночастиц и потенциал индукции апоптоза на клеточную линию проводили с использованием проточной цитометрии. Клетки окрашивали набором для определения апоптоза с аннексином-V FITC и PI (йодидом пропидия, окрашивал мертвые клетки красным). Известно, что аннексин обнаруживает транслокацию фосфатидилсерина во внешний слой клеточной мембраны во время апоптоза, тогда как пропидий йодид маркирует поздние апоптотические и некротические клетки, утратившие целостность мембраны [7]. В ходе анализа определяли количество аннексин-положительных клеток (зеленые) и пропидиум-положительных клеток (красные).

Показано, что наночастицы серебра значительно влияли на степень покрытия клетками культуральной поверхности. При возрастании концентрации наночастиц серебра наблюдается сокращение количества клеток. Показано утолщение мембран и образование волокнистых структур внутри клетки, а также набухание ядра, разрушение плазматической мембраны и распад клеток. При максимальных концентрациях наблюдаются изменения цитоскелета в виде потери характерной структуры, неправильной организации и разрывов клетки.

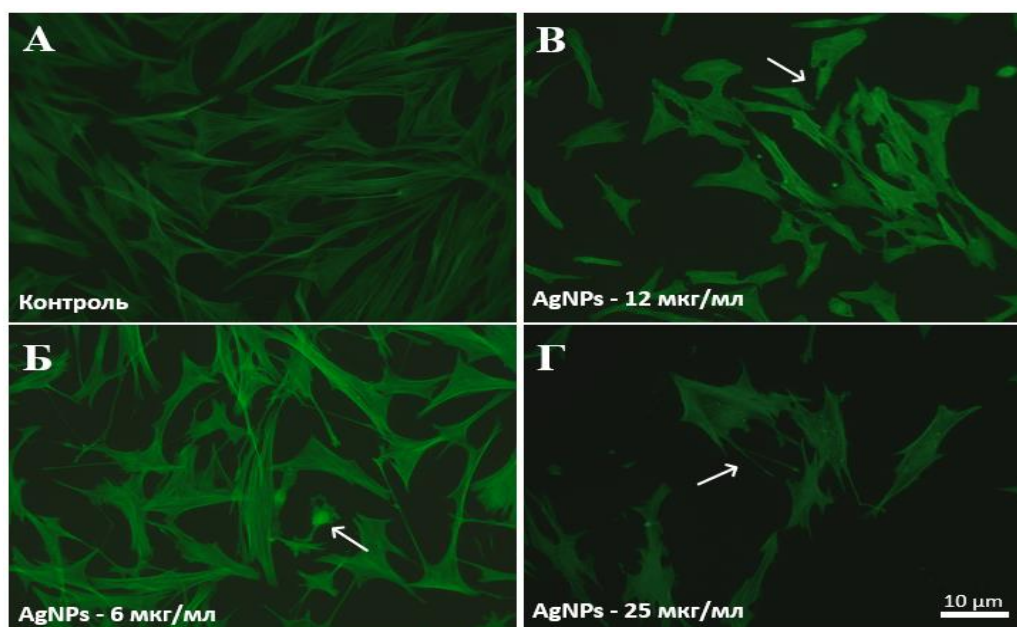


Рис. 1. Визуализация морфологии клеток iMSC через 24 часа инкубации с наночастицами серебра (В-Г) с помощью флуоресцентной микроскопии. Клетки окрашены фаллоидином.

А – контроль; Б, В, Г – клетки с наночастицами серебра в разных концентрациях.
Стрелками обозначены клеточные модификации

Дополнительно, с помощью темнопольной микроскопии, на рис. 2 для клеток iMSC было визуализировано распределение наночастиц.

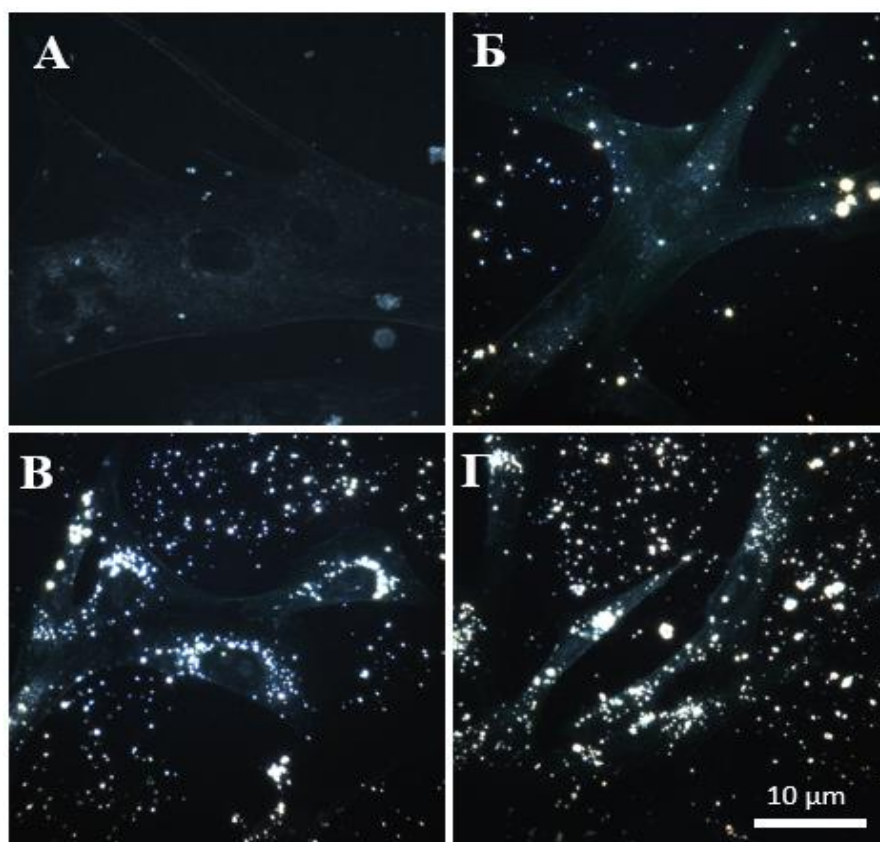


Рис. 2. Визуализация морфологии клеток iMSC через 24 часа инкубации с наночастицами серебра (В-Г) с помощью темнопольной микроскопии. А – контроль; Б – с AgNPs 6 мкг/мл, В – с AgNPs 12 мкг/мл, Г – с AgNPs 25 мкг/мл.

Результаты оценки цитотоксичности наночастиц серебра по морфологии клеток с использованием разных видов микроскопии показали, что экстракт-стабилизированные наночастицы оказались токсичны для клеток iMSC и увеличение концентрации вызывало более выраженный негавтиный эффект, проявляющийся в появлении многочисленных клеточных разрывах, а также в уменьшении общего количества клеток.

Проведение анализа с использованием проточной цитометрии позволило идентифицировать механизм воздействия наночастиц серебра. Действие AgNPs в основном индуцирует некроз. Данные проточной цитометрии совпадают с признаками, обнаруженными при визуализации клеток с помощью разных типов микроскопии.

Таким образом, индуцированные мезенхимальные стволовые клетки (iMSC) оказались чувствительными к действию экстракт-стабилизированных наночастиц серебра.

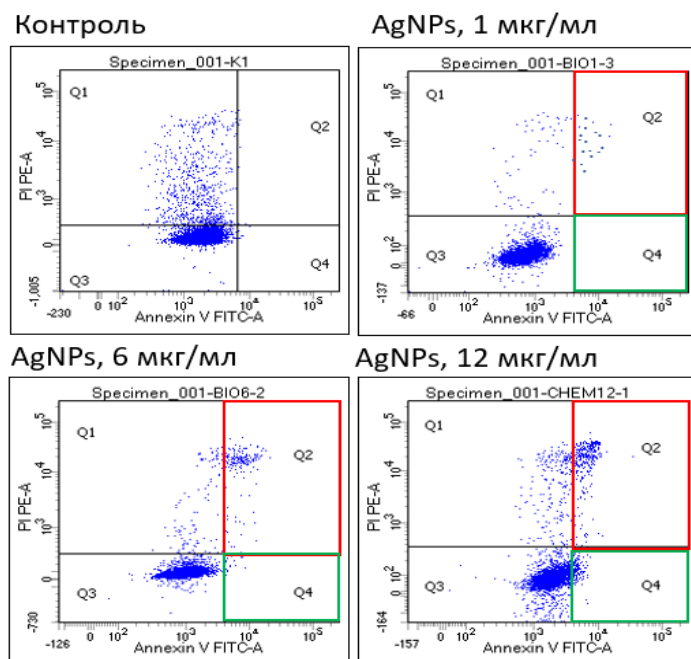


Рис. 3. Анализ механизма действия наночастиц серебра на клетки iMSC с помощью проточной цитометрии. Q2 – некротические клетки, Q4 – апоптотические клетки

Результаты исследования указывают на важность оценки токсичности и безопасности различных наночастиц перед их применением в биомедицинских приложениях. Дальнейшее – исследования с целью более глубокого понимания механизмов токсичности экстракт-стабилизированных наночастиц и стратегий повышения их безопасности и биосовместимости.

Финансирование: грант РФФ № 21-74-10034.

Литература:

1. Mody V. Introduction to metallic nanoparticles / V. V. Mody, R. Siwale, A. Singh, H. R. Mody // *J. of Pharmacy and bioallied sciences*. 2010. Т. 2. №. 4. С. 282.
2. Rana A. Re-exploring silver nanoparticles and its potential applications / A. Rana, A. S. Parmar // *Nanotechnology for Environmental Engineering*. 2023. Т. 8. №. 3. С. 789–804.
3. Yesilot S. Silver nanoparticles; a new hope in cancer therapy? / S. Yesilot, C. Aydin // *Eastern J. of Medicine*. 2019. Т. 24 (1).
4. Thorley A. New perspectives in nanomedicine / A. J. Thorley, T. D. Tetley // *Pharmacology & therapeutics*. 2013. Т. 140. № 2. С. 176–185.
5. Rozhin A. Biogenic silver nanoparticles: Synthesis and application as antibacterial and antifungal agents / A. Rozhin, S. Batasheva, M. Kruchkova, Y. Cherednichenko, E. Rozhina, R. Fakhrullin // *Micromachines*. 2021. Т. 12 (12). С. 1480.
6. Rai M., et al. Biogenic silver nanoparticles: what we know and what do we need to know? / M. Rai, A. P. Ingle, J. Trzcńska-Wencel, M. Wypij, S. Bonde, A. Yadav, P. Golińska // *Nanomaterials*. 2021. Т. 11 (11). С. 2901.
7. Dzamukova M. R. Cell surface engineering with polyelectrolyte-stabilized magnetic nanoparticles: A facile approach for fabrication of artificial multicellular tissue-mimicking clusters / M. R. Dzamukova, E. A. Naumenko, E. V. Rozhina, A. A. Trifonov, R. F. Fakhrullin // *Nano Research*. 2015. Т. 8. С. 2515–2532.

УДК 574.22/579.2

ПОЧВЫ ГОРОДА СУРГУТА

Калимуллина А.Р.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В данном исследовании представлены результаты микробиологического и физико-химического анализ почв и почвогрунтов, отобранных на территории города Сургута. В ходе исследования был определен микробиологический состав почв и определена зависимость почвенной микрофлоры от температуры, влажности и кислотности.

Ключевые слова: микроорганизмы; почва; почвогрунт; антропогенное воздействие; загрязнение.

Почва – место обитания для бактерий, актиномицетов, грибов и все они являются частью экосистемы, где их плотность зависит от многих факторов, особенно это прослеживается в условиях антропогенного воздействия в городах и на сельскохозяйственных угодьях.

Известно, что микроорганизмы относительно устойчивы к воздействию факторов окружающей среды по сравнению с другими представителями живой природы. Однако исследования последних лет показали, что в любой экосистеме при усиленно возрастающем техногенезе и урбанизации микробиологический состав может изменяться.

Расширение городских территорий по всему миру усиливает антропогенное воздействие на почву и подчеркивает важную роль городских территорий в обеспечении устойчивого будущего. Таким образом, городские почвы становятся все более важными в обеспечении широкого спектра экосистемных условий существования [1]. И поэтому целью работы стало изучение микробиологического и физико-химического состава почв и почвогрунтов в условиях г. Сургута. Для решения этой цели были поставлены задачи: изучить микробиологический состав почв и почвогрунтов; изучить физико-химические показатели (влажность, кислотность, температура); выявить зависимость микробиологического состава почвы от их физических и химических показателей.

Объекты и методика исследования: для эксперимента были выбраны 10 точек в разных районах г. Сургута, которые отличаются составом почвы и степенью антропогенного воздействия, от сильнозагрязненного железнодорожного вокзала до чистых зеленых парков:

1. Район ж/д вокзала;
2. Автовокзал;
3. Энтузиастов («Восход»);
4. Сквер «Молодежный»;
5. Кольцо «Ленина»;
6. Улица «Маяковского»;
7. Университет СурГУ;
8. ТЦ «Союз»;
9. Парк за Саймой;
10. Мелик-Карамова.

В ходе эксперимента был проведен микробиологический анализ классическим методом, высевом на чашки Петри. Также определялась кислотность почвенных образцов рН – метром и влажность на галогенном анализаторе OHAUS MB-35.

Экспериментальная часть: во время отбора образцов была оценена температура почвы и в ходе измерений варьировала в пределах 13–16 °С. Такое распределение температуры может быть связано с повышенной активностью транспорта, с более высокой солнечной инсоляцией, проектным покрытием почвогрунтов.

В ходе лабораторных исследований наименьший процент влажности выявлен на участке №7 – (Университет Сургу). Такое значение связано с составом почвы, в котором доминирует песчаная фракция. Наибольший процент влажности в точке отбора № 8 (ТЦ «Союз»), возможно такой процент влажности связан с тем, что отбор был произведен в затененной части, где присутствует большое количество деревьев и кустарников.

Кислотность образцов почвы измерялась с помощью портативного рН-метра. По группам кислотности, отобранные образцы почв имеют показатели от слабокислых (6,3 ед.) до слабощелочных (7,3 ед). Наименьший показатель рН на точке отбора № 6 (Улица «Маяковского») – слабокислая почва. Наибольший показатель в точке отбора №1 – Района железнодорожного вокзала и №4 (Сквер «Молодежный») – слабощелочная.

Антропогенное засоление почв имеет место почти во всех точках города, что связано с их близостью к автомобильным дорогам, а также общественным местам где наблюдается постоянный перенос солевых растворов, что и сказывается на кислотности почвы после зимнего периода непосредственно после таяния снега.

Неоднократными исследованиями показано, что антропогенное воздействие на почвенный покров приводит к защелачиванию почв благодаря и влиянию непосредственно городского автотранспорта и применения в зимнее время противоголодных средств [2].

Помимо физико-химических показателей проводился и микробиологический анализ почв и почвогрунтов. Так наибольшая численность гетеротрофов наблюдалась у образца №8 (ТЦ Союз), что может быть связано с благоприятными условиями для размножения и жизнедеятельности микроорганизмов в почве на данной точке отбора, в том числе, с оптимальными значениями влажности. Наименьшее значение по данному показателю наблюдается у образца №1 (ж/д Вокзал), что связано с высокой антропогенной нагрузкой, так как железная дорога является серьезным загрязнителем тяжелыми металлами, что и могло повлиять на численность.

Наибольший показатель микробиологической численности актиномицетов и микроскопических грибов наблюдается у образца №8 (ТЦ Союз), а наименьшее значение по данному показателю наблюдается у образца 3 (Энтузиастов «Восход»). Возможно такой низкий результат связан с перераспределением микробоценоза и доминированием бактериальной микрофлоры (гетеротрофов) [3].

Наибольший показатель микробиологической численности олиготрофов наблюдается у образца №4 (Сквер «Молодежный»), а наименьшее значение по данному показателю наблюдается у образца 7 (Университет Сургу), что может быть связано с питательным режимом почвогрунта.

Наибольший показатель микроорганизмов усваивающих минеральные формы азота наблюдается у образца №8 (ТЦ Союз), что может быть связано с высокими процентом влажности по отношению к другим образцам – 25%, а наименьшее значение по данному показателю наблюдается у образца 6 (Улица «Маяковского»), что связано с самым низким процентом влажности примерно 14%, когда наиболее благоприятный процент влажности для бактерий начинается при влажности почвы 20 % [4].

Для установления соотношений между полученными физико-химическими характеристиками и микробиологическим составом необходим корреляционный анализ, позволяющий определить статистические взаимосвязи. Из анализа взаимосвязи между температурой и микробиологическим составом были установлены слабые корреляционные связи, что говорит об отсутствии влияния температуры на плотность микробной обсемененности и адаптации микроорганизмов к психрофильным условиям среды.

При сопоставлении влажности и микробного состава было выявлена следующая корреляционная связь: олиготрофы (на голодном агаре) – сильная связь, а на остальных средах умеренная, что говорит также о высоком влиянии влажности на микробиологический состав почвы. Данная взаимосвязь говорит о том, что при повышении процентного содержания влажности увеличивается и плотность микроорганизмов.

При сопоставлении результатов кислотности и микробного состава выявлено, что микробиологический состав всех изученных групп микроорганизмов имеет слабую и умеренную взаимосвязь с показателем кислотности. Олиготрофы и микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота имеют слабую связь, а умеренную - гетеротрофы и актиномицеты. Такое распределение может быть связано с разным отношением к уровню кислотности в почве разных групп микроорганизмов, помимо этого результат может быть связан и с влиянием тяжелых металлов на почвенные микроорганизмы.

Исходя из данных, изложенных выше можно заключить, что микробиологический состав взаимосвязан с такими почвенными показателями как влажность и pH, а с температурой корреляционная связь отсутствует.

Литература:

1. Зайнитдинова Л. И., Жураева Р. Н., Лазутин Н. А., Куканова С. И., Хегай Т. Б., Эргашев Р. Б. Влияние урбанизации на микробиоценозы городских почв // *Universum: химия и биология*. 2021. № 11–1 (89). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-urbanizatsii-na-mikrobiotsenozy-gorodskih-pochv>.

2. Никифорова Е. М., Кошелева Н. Е., Хайбрахманов Т. С. Экологические последствия применения противогололедных реагентов для почв Восточного округа Москвы // *Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. 2016. № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-posledstviya-primeneniya-protivogolodnyh-reagentov-dlya-pochv-vostochnogo-okruga-moskvy>.

3. Горбань М. В., Наконечный Н. В., Вдовкин Р. С., Башкатова Ю. В. Оценка состояния почв г. Сургута, испытывающих влияние автотранспорта // *Вест. КрасГАУ*. 2014. № 9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-pochv-g-surgutaispytyvayuschih-vliyanie-avto-transporta>.

4. Новосёлов С. И. Влияние агроэкологических условий на аммонифицирующую и нитрифицирующую способность почвы // *Вест. Марийского гос. ун-та. Сер. «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2015. № 4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-agroekologicheskikh-usloviy-na-ammonifitsiruyuschuyu-i-nitrifitsiruyuschuyu-sposobnost-pochvy>.

УДК 633.8

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ

Мельник М.В.

Сургутский государственный университет

Аннотация. В исследовании приведены результаты анатомо-морфологического изучения растений-регенерантов душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.) сорта Душка, культивируемых в условиях *in vitro*. Показана эффективность модификации питательной среды по прописи Мурасиге-Скуга добавлением бензиламинопурина в двух концентрациях на начальных этапах клонального микроразмножения. Приведены результаты оценки корневой системы регенерантов душицы.

Ключевые слова: душица обыкновенная; орегано; клональное микроразмножение; микроскопия растений; витрификация; жизнеспособность корней.

Душица обыкновенная или орегано – одна из ценных пряно-ароматических культур. Благодаря своим бактерицидным, антигистаминным и противовоспалительным свойствам она получила широкое распространение не только в пищевой промышленности, но и в медицине.

Трава душицы обыкновенной является фармакопейным видом растительного сырья [5].

Помимо традиционных методов размножения ценных видов растений в последнее время все более актуальным становится метод клонального микроразмножения. Он позволяет быстро получать большое количество безвирусного растительного материала для его дальнейшей адаптации и выращивания в условиях открытого и закрытого грунта. Условия *in vitro* отличаются от привычных условий культивирования растений, в связи с чем, становится актуальной диагностика растений-регенерантов и выявление их физиологических особенностей, которые могут оказывать существенное влияние на дальнейшую адаптацию.

Для проведения такой диагностики возможно применить методы, используемые для стандартизации душицы по микроскопическим диагностическим признакам, приведенные в фармакопейных статьях. Также, проведение данной диагностики важно для подбора оптимальных условий выращивания по изменениям состояния растения в ответ на те, или иные условия.

Цель исследования – проведение общего анатомо-морфологического анализа растений-регенерантов сортовой душицы. Для этого были выделены следующие задачи:

- 1) Биометрическая оценка эксплантов душицы на начальных этапах клонального микроразмножения;
- 2) Анализ микроскопических анатомических структур растений в условиях *in vitro*;
- 3) Оценка объема и жизнеспособности корневой системы растений-регенерантов.

Исследования проведены на базе СурГУ. В качестве опытных образцов использовались экспланты, полученные методом клонального микроразмножения на I-II этапах. В культивационном помещении поддерживалась температура +23...+25 °С. Освещение осуществлялось при помощи светодиодных ламп полного спектра со светопотоком около 8000 лм, цветовой температурой 4000 К, PPFD 165 мкмоль/с/м². При проведении эксперимента поддерживался 16-часовой светопериод. В качестве материнских растений использовались

растения душицы обыкновенной сорта Душка, выращенные в гидропонных условиях из семян. Микрочеренкование проводили на растениях в фазе цветения, возраст которых на момент введения в культуру составлял 6 мес. Для предотвращения бактериального заражения в питательную среду добавлен антибиотик гентамицин [1].

Биометрические данные получали по общепринятым методикам [2]. Микропрепараты готовили согласно фармакопейным методикам, оценку корневой системы проводили по методу Сабина и Колосова [3, 4].

Устанавливали высоту растений-регенерантов при культивации на трех вариантах среды. По результатам опыта наиболее активный рост на первом этапе микроразмножения наблюдался на питательной среде MS (Мурасиге-Скуга) с уменьшенной вдвое концентрацией макро- и микросолей без добавления 6-БАП (6-бензиламинопурина). Отмечены высокие показатели длины побегов без чрезмерного вытягивания междоузлий. Результат можно объяснить условиями выращивания материнских растений. Особенности накопления веществ в растениях, культивируемых в закрытых системах методом гидропонии, способны влиять на развитие растений-регенерантов в условиях *in vitro*. Дополнительное добавление фитогормонов в питательные среды может, в таком случае, приводить к их избыточному накоплению, вследствие чего ингибировать рост и приводить к витрификации побегов [1,6].

Витрификация или обводнение побегов частое явление при культивации растений в условиях *in vitro*. Данное морфологическое изменение тканей и клеток наблюдается при высокой влажности и избытке фитогормонов. Наибольший процент стекловидных побегов отмечен на питательной среде с самым высоким содержанием фитогормонов из рассматриваемых вариантов.

Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Введение душицы обыкновенной (сорт Душка) в культуру *in vitro*
(первый этап клонального микроразмножения)

Дата	Длина побегов, мм			Витрификация, %		
	Контроль (1/2 MS)	1/2 MS + 6-БАП 0,3	1/2 MS + 6-БАП 0,5	Контроль (1/2 MS)	1/2 MS + 6-БАП 0,3	1/2 MS + 6-БАП 0,5
22.03.2023	3,73±0,66	2±0,36	1,33±0,39	-	-	-
29.03.2023	9,6±1,07	7,21±0,57	5,33±0,43	13,3%	21,4%	50%
05.04.2023	23±2,95	22,5±1,36	16,16±0,79	26,6%	28,5%	66,6%
12.04.2023	54,2±6,55	44,14±4,58	22±4,27	28,5%	30,7%	80%
18.04.2023	69,07±7,74	55,64±5,87	30,6±6,04	28,5%	30,7%	80%

Рассматривали поперечный срез листа душицы обыкновенной. При анализе на микропрепарате хорошо заметны волоски. Клетки эпидермиса стебля почти многоугольные, вытянутые, волоски и устьица характерного строения, железки мелкие, редко встречаются ветвистые многоклеточные волоски. Заметна пористость в слоях паренхимных клеток (рис. 1).

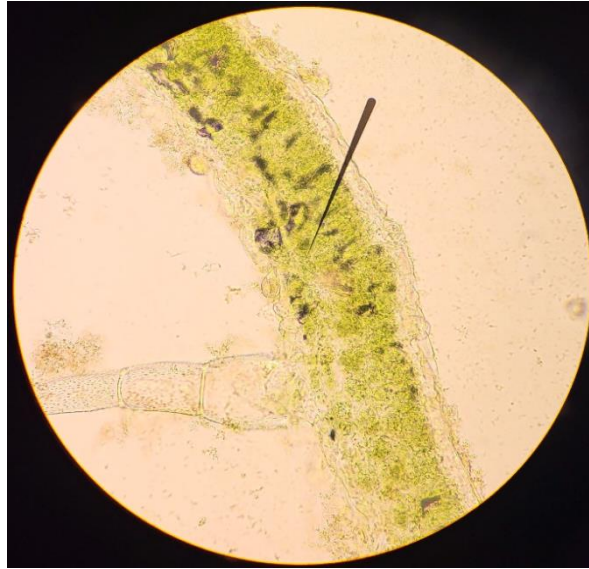


Рис. 1. Продольный срез листа душицы обыкновенной в условиях *in vitro*

Также, при исследовании эпидермиса листа был сделан отпечаток, на котором хорошо заметны открытые устьица, что может свидетельствовать о повышенной относительной влажности воздуха в культуральном сосуде. Помимо устьичного комплекса на микропрепарате можно рассмотреть округлые эфирномасличные железки с радиально расположенными выделительными клетками (рис. 2).

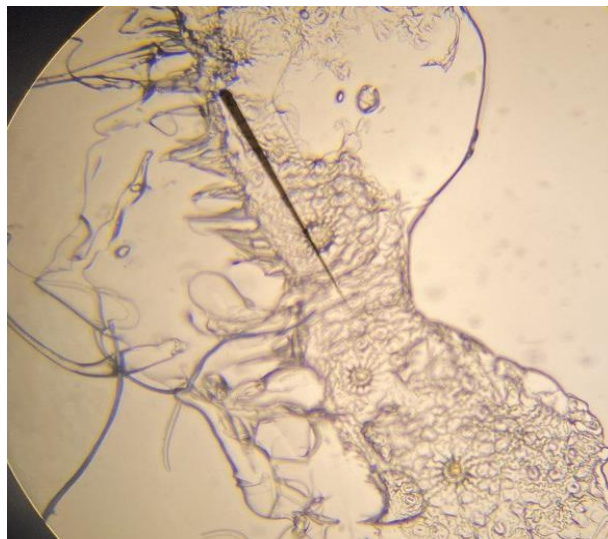


Рис. 2. Микропрепарат (отпечаток) поверхности листа душицы обыкновенной в условиях *in vitro*

При введении в культуру и проведении первого пассажа микрочеренков наблюдался ризогенез. В среднем, длина корней составила около 7 мм. Для оценки всасывающей способности корней производился расчет средней рабочей адсорбирующей поверхности корней, составивший 40% от средней общей поверхности корней.

Исходя из результатов проведенных опытов, можно сделать выводы:

1) Наибольшую эффективность по длине побегов показала безгормональная среда по прописи MS (с уменьшенной вдвое концентрацией макро-, микросолей и витаминов). Добавление бензиламинопурина в концентрациях 0,3 и 0,5 мг/л не оказало положительного

влияния на морфогенез и длину микропобегов на начальных этапах микроклонального размножения, что может быть связано с гидропонным происхождением маточных растений;

2) При анализе анатомо-морфологических особенностей в условиях *in vitro* выделяли нефункциональность устьичного аппарата, связанную со специфическими факторами, и пористость паренхиматозной ткани. Эфиромасличные железки и волоски структуру не меняют.

3) Наименьший процент витрификации растений-регенерантов наблюдался при культивировании на среде $\frac{1}{2}$ MS без добавления фитогормонов. Избыток фитогормонов в варианте с концентрацией 6-БАП 0,5 мг/л. Что говорит об ингибирующих свойствах избытка фитогормонов в питательной среде.

4) На начальных этапах введения в культуру у некоторых эксплантов был отмечен ризогенез. Средняя рабочая адсорбирующая поверхность корней составила 40,4% от общей поверхности. Что свидетельствует об активной всасывающей способности корней растений-регенерантов.

Литература:

1. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: Учеб. пособие. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 308 с.
3. ОФС.1.5.3.0003.15. Техника микроскопического и микрохимического исследования лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов // ГФ РФ XIV. 2018. Т. II.
4. Физиология растений: Учеб.-метод. пособие / И. С. Киселева, М. Г. Малева, Г. Г. Борисова, Н. В. Чукина, А. С. Тугбаева / Под общ. ред. И. С. Киселевой. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 120 с.
5. ФС.2.5.0012.15. Душицы обыкновенной трава // ГФ РФ XIII. 2016. Т. III.
6. Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassaya with Tobacco Tissue cultures // *Physiol. Plant.* 1962. V. 15. № 4.

УДК 634.739.3

КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ

Петрешина М.А.

Сургутский государственный университет

Аннотация. Цель исследования – отработка и оптимизация процесса клонального микроразмножения клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpos* (Aiton) Pursh), сорта Пилигрим. На этапе микроразмножения растения выращивали на питательной среде WPM (Woody Plant Medium) с добавлением цитокинина – 2ip (изопентенил аденин) в концентрации 0,3 и 0,5 мг/л и среде Андерсона с добавлением 6-БАП (6-бензиламинопурин) в концентрации 0,5 мг/л. Эффективность фитогормонов определяли, подсчитывая количество и длину побегов в каждом варианте эксперимента. На этапе укоренения в среду добавляли гормон ИУК (3-индолилуксусная кислота) в концентрациях 0,4 мг/л, 0,3 мг/л, и 0,2 мг/л. На этом этапе учитывалась длина и количество образовавшихся корней. На этапе микроразмножения наиболее высокие параметры роста отмечены на среде WPM с концентрацией цитокинина 2ip 0,3 мг/л, при этом среднее число побегов выше в 5 раз, а средняя высота побегов выше в 1,5 раза чем при культивировании на среде Андерсона. На этапе укоренения при увеличении концентрации ИУК до 0,4 мг/л возрастает средняя длина корней, однако уменьшается их среднее количество.

Ключевые слова: клональное микроразмножение; вересковые; клюква крупноплодная; питательные среды; *in vitro*; clonal micropropagation.

Введение. В последнее время возрастает потребность в северных дикорастущих ягодных культурах семейства вересковые (*Ericaceae*), таких как клюква, черника, брусника, голубика. Повышенный интерес обусловлен их противопростудными, противовоспалительными и другими полезными лекарственными свойствами, что находит применение не только в пищевой промышленности, но и в медицине. Учитывая рост спроса, природные ягодники, в том числе в пределах ХМАО-Югры в виду своей труднодоступности и антропогенной нагрузки уже не могут удовлетворить возросшую потребность. Важной мерой сохранения естественных природных ресурсов и увеличения заготовки ягодной продукции является создание ягодных плантаций на основе высокопродуктивных сортов. При этом необходимо использовать оздоровленный сортовой посадочный материал и применять специальную агротехнику возделывания.

Метод клонального микроразмножения может разрешить проблему быстрого размножения сортовых растений и в короткий срок с его помощью можно получить большое количество оздоровленного посадочного материала хорошего качества из небольшого количества исходного. Однако, на сегодняшний день технология клонального микроразмножения клюквы крупноплодной требует доработки на этапах подбора фитогормонов, состава питательной среды, условий освещения микрорастений и этапов адаптации к нестерильным условиям среды для ускорения получения сортового посадочного материала. В связи с этим целью исследования стало отработать и оптимизировать технологию клонального микроразмножения клюквы крупноплодной сорта Пилигрим на этапе размножения и укоренения растений.

Объект исследований и методика. Исследования проводились в лаборатории кафедры биологии и биотехнологии СурГУ в 2020–2022 гг. Объектом исследования являлись растения клюквы крупноплодной (*O. macrocarpos* (Aiton) Pursh), сорта Пилигрим, принадлежащие семейству вересковые (*Ericaceae* Juss.). Данный сорт был выведен в Канаде, при скрещивании растений сортов Мак Фарлин и Пролифик. Эти растения растут медленно, побеги, как правило, располагаются плотно. Сорт является позднеспелым. Стебли средней высоты (покрытие может достигать 23 см в высоту). Характерная урожайность для этого сорта – до 1,4 кг/м². Обладает средней морозоустойчивостью [1].

Клональное микроразмножение клюквы крупноплодной (*O. macrocarpos*) проводили по методикам Р. Г. Бутенко, с дополнениями С. С. Макарова [2, 3].

На этапе «собственно микроразмножение» растения выращивали на питательной среде WPM (Woody Plant Medium) с добавлением цитокинина – 2ip (изопентенил аденин) в концентрации 0,3 и 0,5 мг/л и среде Андерсона с добавлением 6-БАП (6-бензиламинопурин) в концентрации 0,5 мг/л.

Эффективность фитогормонов определяли, подсчитывая количество и длину побегов в каждом варианте эксперимента. Количество пробирок с микропобегами составляло не менее 10 в каждом варианте опыта.

На этапе укоренения в среду добавляли гормон ИУК (3-индолилуксусная кислота) в концентрациях 0,4 мг/л, 0,3 мг/л, и 0,2 мг/л, при этом учитывалась длина и количество образовавшихся корней.

Культивирование растений происходило при температуре воздуха +18...+23 °С, влажности воздуха в помещении 50–63%. Освещение осуществлялось светодиодными лампами белого света (СПБ-Т5), мощностью 10 Вт, световым потоком 900 лм, цветовой температурой 4000 К; и лампой розового спектра (СПБ-Т8-ФИТО) с длиной волны 660 нм, мощностью 12 Вт и фотонным потоком 18,5 мкмоль/с. Соотношение световой и темновой фазы – 16:8 часов.

Анализ результатов. В итоге было выявлено, что на среде WPM с концентрацией 2ip 0,3 мг/л у клюквы крупноплодной отмечают более высокие показатели роста. Среднее число побегов было в 5 раз выше по сравнению с этим же показателем на питательной среде Андерсона, а средняя высота побегов выше примерно в 1,5 раза (рис. 1).

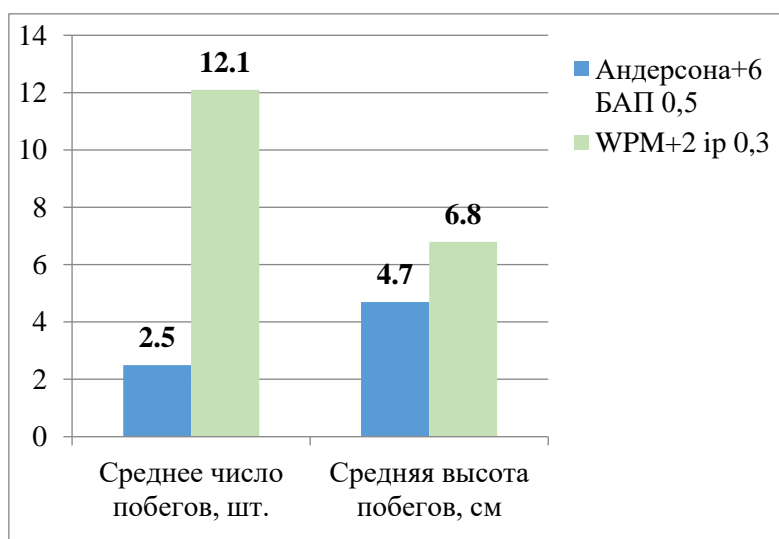


Рис. 1. Параметры роста клюквы крупноплодной на питательной среде Андерсона и WPM

В публикациях, связанных с микроразмножением клюквы болотной [4] также отмечено, что средняя и суммарная длина побегов клюквы была значительно больше в вариантах с питательной средой WPM, чем в аналогичных вариантах со средой Андерсона.

На этапе «собственно микроразмножение», при исследовании влияния концентрации цитокининов на развитие микропобегов клюквы крупноплодной в культуре *in vitro*, было выявлено, что на среде с содержанием фитогормона 2-*ip* 0,3 мг/л среднее число побегов увеличивается (табл. 1). Также на этой среде отмечено активное образование почек на исходном черенке. Однако, по сравнению со средой с концентрацией 2 *ip* 0,5 мг/л средняя высота побегов снижается за счёт сниженной скорости роста.

Таблица 1.

Количество, высота побегов и коэффициент размножения клюквы крупноплодной в зависимости от концентрации фитогормона

Питательная среда	Среднее число побегов, шт	Средняя высота побегов, см	Коэффициент размножения
WPM+2 <i>ip</i> 0,3	10,5 ± 0,4	6,7 ± 0,2	33,0
WPM+2 <i>ip</i> 0,5	4,33 ± 0,3	9,69 ± 0,3	29,0

На этапе укоренения установлено, что при увеличении концентрации ИУК (индолилуксусная кислота) у растений клюквы крупноплодной увеличивается средняя длина корней. При снижении концентрации фитогормона в среде наблюдалось активное образование боковых отростков корнями эксплантов, а также в среднем образовывалось большее количество самих корней (рис. 2).

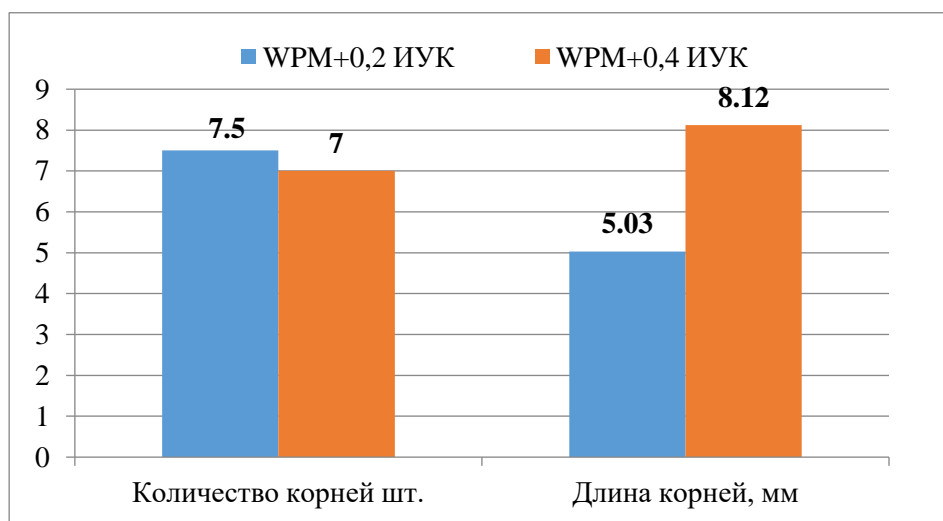


Рис. 2. Среднее количество и длина корней эксплантов, при разной концентрации фитогормонов

В результате проведённых исследований были сделаны следующие выводы:

1. На этапе собственно микроразмножение наиболее высокие параметры роста отмечены на среде WPM с концентрацией цитокинина 2-*ip* – 0,3 мг/л, при этом среднее число побегов выше в 5 раз, а средняя высота побегов выше в 1,5 раза чем при культивировании на среде Андерсона.

2. Для увеличения среднего количества побегов на этапе «собственно микроразмножение», оптимальной концентрацией цитокинина 2-*ip* в среде WPM является 0,3 мг/л, при этой концентрации среднее число побегов увеличилось в 2,2 раза, по сравнению со средой WPM с содержанием 2-*ip* в концентрации 0,5 мг/л.

3. На этапе укоренения при увеличении концентрации ауксина ИУК до 0,4 мг/л возрастает средняя длина корней эксплантов, однако уменьшается их среднее количество. При снижении концентрации ауксина ИУК до 0,2 мг/л длина корней ниже в 0,7 раз, хотя наблюдалось активное ветвление и появление корней 2 и 3 порядков.

Литература:

1. Жбанова О. В. Обзор наиболее распространённых сортов клюквы крупноплодной / О. В. Жбанова, Е. В. Дорохова. – URL: <http://asprus.ru/blog/obzor-naibolee-rasprostranennykh-sortov-klyukvy-kрупноплодной/> (Дата обращения 20.01.2022).
2. Бутенко Р. Г. Биология культивируемых клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: Монография. М.: ФБК-Пресс, 1999. 159 с.
3. Макаров С. С. Методические рекомендации по выращиванию посадочного материала лесных ягодных культур *in vitro* и *in vivo* / С. С. Макаров, С. А. Родин, А. И. Чудецкий // Пушкино: ВНИИЛМ, 2019. 24 с.
4. Макаров С. С. Особенности клонального микроразмножения клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) / С. С. Макаров [и др.]. // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. №. 1. С. 67–76.

УДК 574.58579.2

МЕЛКИЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА «КАМЕННЫЙ МЫС»

Речебакиева А.И., Сарапульцева Е.С.
Сургутский государственный университет

Аннотация. Выполнен обзор населения мелких млекопитающих в окрестностях комплекса «Каменный мыс» Сургутского района и принадлежность животных к рассмотренным биотопам. Обсуждаются закономерности особенности видового населения, изменения численности рассматриваемых микромаммалий с поздней весны по раннюю осень. Анализ литературы позволил показать значимость изучения данного вопроса, а также сравнить полученные данные с более ранними исследованиями, выявить общие тенденции выбора животными местообитаний. Продемонстрирована важность учета динамики численности для дальнейшей возможности прогноза вытекающих из этого следствий и реализации сопутствующих исследований.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие; териология; бурозубки; мыши; грызуны; избирательность местообитаний.

Введение. В современной териологии изучение сообществ мелких млекопитающих на всех уровнях исследований – локальном, региональном и глобальном вносит огромный вклад в исследование их структуры и функционирования. В настоящее время продолжается уточняться современный состав фауны, особенности распространения, условия обитания мелких млекопитающих в северных районах Западной Сибири.

Цель работы: выявление видового состава и некоторых экологических характеристик мелких млекопитающих окрестностей горнолыжного комплекса «Каменный мыс».

Задачи исследования состоят в выявлении и определении:

- 1) видового состава насекомоядных и грызунов в окрестностях горнолыжного комплекса «Каменный мыс»;
- 2) биотопической приуроченности и относительной численности учтенных видов;
- 3) степени сходства выявленного видового состава с локальными фаунами мелких млекопитающих левобережья Оби;
- 4) половозрастной структуры популяций фоновых видов насекомоядных и грызунов.

Обзор литературы. В настоящее время на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры возможна встреча представителей таких отрядов как: насекомоядные, рукокрылые, зайцеобразные, грызуны, хищные и парнокопытные. Фауна мелких млекопитающих довольно богата и представляет собой типичный таежный комплекс.

Наиболее характерными и важными для биоценозов лесной зоны умеренного пояса являются представители отряда насекомоядные (Eulipotyphla). Наиболее многочисленный (по числу видов) в округе отряд грызунов. Возможна регистрация до 24 видов. Многие исследователи, отмечают, что для фауны Западной Сибири характерна незавершенность формирования.

Основная часть (методология, результаты). Исследования проводились на территории Среднего Приобья (левый берег р. Обь) в период с 2 мая по 4 октября 2020 г. Учеты мелких млекопитающих велись на 6 биотопах. За период исследований было отработано 12400 конусо-суток, добыто 525 зверьков 9 видов, принадлежащих к отрядам Насекомоядные и Грызуны. Отлов мелких млекопитающих производили согласно общепринятым зоологическим методикам [4]. Основная часть зверьков была поймана стандартными ловчими конусами (без фиксирующей жидкости). В качестве морфологических промеров измеряли длину тела животных, длину хвоста, высоту уха, длину ступни, регистрировали массу зверьков. Заготавливали черепа и у некоторых зверьков очищали шкурки и изготавливали из них плоские «тушки». Определение животных проводилось до вида с помощью стандартных определителей – Б.С. Юдина и И.Я. Павлинова с соавторами. Обилие оценивали по шкале, предложенной А.П. Кузьякиным [5].

В ходе проведенных работ на исследуемой территории зарегистрировано обитание 9 видов мелких млекопитающих, относящихся к двум отрядам класса млекопитающих: Насекомоядные и Грызуны.

Отряд Насекомоядные Eulipotyphla; семейство Землеройковые Soricidae; обыкновенная кутора *Neomys fodiens* Pennant, 1771. – учтено: 4 особи – очень редкий вид; обыкновенная бурозубка *Sorex araneus* Linnaeus, 1758. – учтено: 268 особей – обычный вид; средняя бурозубка *S. caecutiens* Laxmann, 1758. – учтено: 42 особи – редкий вид; малая бурозубка *S. minutus* Linnaeus, 1766. – учтено: 17 особей – редкий вид; авнозубая бурозубка *Sorex isodon* Turov, 1924. – учтено: 2 особи – очень редка.

Отряд Грызуны Rodentia; семейство Хомяковые Cricetidae; Рыжая полёвка *Myodes glareolus* Schreber, 1780. – учтено: 19 особей – редкий вид; красносерая полевка *Craseomys rufocanus* Sundevall, 1846. – учтено: 2 особи – очень редкий вид; красная полевка *Myodes rutilus* Pallas, 1779. – учтено: 141 особь – обычный вид; полевка-экономка *Alexsandromys oeconomus* Pallas, 1776. – учтено: 32 особи – редкий вид.

В группу доминантов, среди зарегистрированных на исследуемой территории видов, входили: обыкновенная бурозубка 51% и красная полевка 27%. Биотопическое распределение и обилие животных отражено в таблице 1.

Таблица 1.

Биотопическое распределение и обилие (особей на 100 конусо-суток) мелких млекопитающих окрестностей горнолыжного комплекса «Каменный мыс» (май-октябрь 2020 г.)

№ п/п	Биотоп	Вид									Всего
		<i>N. fodiens</i>	<i>S. araneus</i>	<i>S. caecutiens</i>	<i>S. isodon</i>	<i>S. minutus</i>	<i>M. glareolus</i>	<i>M. rutilus</i>	<i>A. oeconomus</i>	<i>Cl. rufocanus</i>	
1	Кедрово-еловый кустарничково-мертвопокровный лес	0,04	2,62	0,95	-	-	0,30	2,19	0,34	0,04	6,48
2	Осиново-березовый рябиновый кустарничково-мертвопокровный лес	0,04	3,05	0,56	-	0,04	0,09	1,33	0,04	0,04	5,19
3	Березняк осоковый заболоченный пойменный	0,06	2,77	0,06	-	0,32	0,26	1,42	0,19	-	5,08

4	Березово-осиновое осоковое кочкарниковое болото	-	0,84	0,06	0,07	0,19	-	0,52	0,39	-	2,07
5	Елово-сосновый кустарничковый разнотравный лес	-	2,13	0,13	-	0,13	0,10	0,87	0,19	-	3,55
6	Ивняки осоковые приозерные	0,06	0,90	0,06	0,07	0,23	0,19	0,13	0,52	-	2,16
В среднем по памятнику природы		0,03	2,05	0,30	0,02	0,51	0,16	1,08	0,29	0,01	4,45

Примечание: жирным шрифтом указаны фоновые виды

Наибольшее сходство видового состава мелких млекопитающих окрестностей комплекса «Каменный мыс» наблюдается с локальными фаунами окр. п. Высокий мыс и памятника «Чеускинский бор» на 67 и 73%. Наименьшее – окр. с.п. Тундрино (рис. 1).

Учитывая результаты исследований, проведенные другими исследователями на ближайших к рассматриваемой территории участках, расположенных на левобережье Оби (например, окр. деревни Тундрино и села Высокий Мыс [11], Сургутский заказник [10; 12] заключаем, что при более детальном исследовании список мелких млекопитающих возможно увеличится в 1,5–2 раза. Не исключены находки таких видов как – алтайский крот *Talpa altaica* Nikolsky, 1883, крошечная бурозубка *S. minutissimus* Zimmermann, 1780, лесная мышовка *Sicista betulina* Pallas, 1779, водяная полёвка *Arvicola amphibius* L., 1758, тёмная полёвка *Agricola agrestis* L., 1761, тундряная бурозубка *Sorex tundrensis* Merriam, 1900, лесной лемминг *Myopus schisticolor* Lilljeborg, 1844, восточноевропейская полёвка *Microtus rossiaemeridionalis* Ognev, 1924 и полевая мышь *Apodemus agrarius* Pallas, 1771.

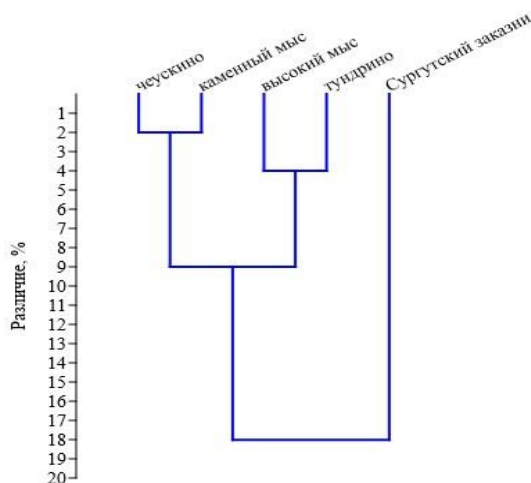


Рис. 1. Дендрограмма сходства локальных фаун мелких млекопитающих, обитающих на левобережье Оби

Демографическая структура фоновых видов: весной в популяции обыкновенной бурозубки учитывались исключительно перезимовавшие взрослые животные. Соотношение самцов и самок равно 4:1, различия в соотношении статистически значимы. В июне с выходом сеголеток, соотношение перезимовавших особей к прибылым составляло уже 25 и 75% соответственно. Среди прибылых достоверно преобладали самки. К концу лета соотношение возрастало в сторону молодых особей и в августе составило более 80%. В целом среди

половозрелых особей обыкновенной бурозубки с мая по сентябрь сохранялась тенденция доминирования самцов, абсолютное преобладание взрослых самок наблюдалось в сентябре.

В наших весенних учетах (май) в популяции красной полевки соотношение перезимовавших и прибылых зверьков близко к теоретически ожидаемому – 1:1. На изученной территории в течение периода май-сентябрь соотношение полов взрослых животных было смещено в сторону перезимовавших самцов. Популяция красной полевки практически полностью обновляется за сезон размножения: если весной в мае в популяции присутствуют зверьки предыдущего года рождения и сеголетки, то к сентябрю она состоит почти исключительно из сеголеток.

Выводы:

1. По результатам учетов 2020 г. видовой состав мелких млекопитающих окрестностей горнолыжного комплекса «Каменный мыс» включает 9 видов насекомоядных и грызунов и представляет обедненный вариант фауны.

2. Фоновыми видами микромаммалий окрестностей горнолыжного комплекса «Каменный мыс» являются обыкновенная бурозубка 51% и красная полевка 27%.

3. Наибольшее сходство списка видов мелких млекопитающих исследованной территории наблюдается с локальными фаунами окрестностей п. Высокий мыс и памятника природы «Чеускинский бор».

4. В половозрастной структуре обыкновенной бурозубки в весенний период преобладали взрослые животные. С июня по август наблюдалось постепенное преобладание доли прибылых особей над перезимовавшими. В августе доля молодых составила более 80%.

5. Весной в популяции красной полевки соотношение перезимовавших и прибылых зверьков близко к теоретически ожидаемому – 1:1. Соотношение полов взрослых животных в течение периода май-сентябрь было смещено в сторону перезимовавших самцов. Начало выхода сеголеток красной полевки отмечено в июне. С августа доля перезимовавших особей продолжала уменьшаться и в конце сентября эта группа из уловов почти полностью исчезла.

Литература:

1. Большаков В. Н., Кубанцев Б. С. Половая структура популяций млекопитающих и ее динамика. М.: Наука. 1984. 234 с.

2. Долгов В. А. Бурозубки Старого Света. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 221 с.

3. Елистратова Т. М., Крутиков А. В. Половозрастная структура популяции красной полевки северной тайги Западной Сибири // Териофауна России и сопредельных территорий (VII съезд Териологического общества): Сб. м-лов Междунар. совещ. М., 2003. С. 122.

4. Карасёва Е. В., Телицина А. Ю., Жигальский О. А. Методы изучения грызунов в полевых условиях. М.: ЛКИ, 2008. 416 с.

5. Кузякин А. П. Зоогеография СССР // Уч. зап. МОИП им. Н. К. Крупской. М., 1962. Т. 109. С. 3–182.

6. Мясникова Г. П. Геологическое строение территории округа // Югория: энциклопедия ХМАО. Ханты-Мансийск, 2000. Т. 1. С. 210–212.

7. Пузанов И. И. Зоогеография. М.: Изд-во Наркомпроса РСФСР, 1938. 360 с.

8. Равкин Ю. С., Богомолова И. Н., Ермаков Л. Н., Панов В. В., Буйдалина Ф. Р., Добротворский А. К., Вартапетов Л. Г., Юдкин В. А., Торопов К. В., Лукьянова И. В., Покровская И. В., Жуков В. С., Цыбулин С. М., Фомин Б. Н., Стариков В. П., Шор Е. Л., Чернышова О. Н., Соловьев С. А., Чубыкина Н. Л., Ануфриев В. М., Бобков Ю. В., Ивлева Н. Г., Тертицкий Г. М. Особенности распределения мелких млекопитающих Западно-Сибирской равнины // Сибирский экологический ж-л. 1996. Вып. 3–4. С. 307–317.

9. Стариков В. П. Позвоночные животные Югры (систематико-географический спр.). Сургут: ИЦ СурГУ, 2015. 58 с.

10. Стариков В. П., Берников К. А. [и др.]. Мелкие наземные позвоночные животные Сургутского заказника // Вест. СурГУ. 2018. Вып. 2 (22). С. 59–62.
11. Стариков В. П., Берников К. А., Морозкина А. В., Слуту И. М. Сообщества и популяции мелких млекопитающих природных парков Югры. Сургут: Печ. мир, 2017. 128 с.
12. Стариков В. П., Берников К. А., Сарапульцева Е. С. Стрикова Т. М. Аслямова А. И. Мелкие наземные позвоночные животные Сургутского заказника // Вест. СурГУ. 2018. Вып. 4. С. 59–62.

УДК 57.017.73

ОЦЕНКА УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ У СТУДЕНТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ

Сафронова М.Л., Морозкина А.В.
Сургутский государственный университет

Аннотация: Исследование позволило получить характеристику влияния уровня глюкозы в крови на умственную работоспособность и выделить основные факторы риска развития сахарного диабета. В результате исследований выявлены: концентрация глюкозы в крови у студентов СурГУ; оценена толерантность к глюкозе; оценено влияние гипергликемии на умственную работоспособность; оценен риск развития сахарного диабета у студентов.

Ключевые слова: гликемия; глюкозотолерантный тест; толерантность к глюкозе; сахарный диабет; умственная работоспособность.

Основным источником энергии для человека является глюкоза. Наиболее интенсивно глюкозу поглощают клетки тканей головного мозга – и в покое, и при умственной деятельности глюкоза потребляется больше, по сравнению с другими тканями организма. Студенты высших учебных заведений в процессе учебы подвержены большему умственному напряжению, которое требует концентрации внимания, восприятия и мышления. Однако, при изменении физиологических и биохимических процессов под воздействием разнообразных факторов могут возникать сдвиги в метаболизме глюкозы. Известно, что повышение гликемии после приема пищи у здоровых людей может также способствовать формированию условий для развития неинфекционных заболеваний, таких как сахарный диабет [1].

По данным ВОЗ сахарный диабет охватывает 194 миллиона человек, а к 2025 г. число случаев может вырасти до 334 млн [2]. В России насчитывается более 3 млн больных сахарным диабетом, а к 2030 г. их количество увеличится до 6 млн человек [3, 4].

Решение данной проблемы актуально для здравоохранения, однако решение глобальной проблемы сахарного диабета возможно, когда люди уже в молодом возрасте будут контролировать уровень гликемии. Поэтому целью работы является анализ изменения концентрации глюкозы в крови и ее влияние на умственную работоспособность у студентов. Для решения этой цели были поставлены задачи: определить концентрацию глюкозы в крови у студентов СурГУ; оценить толерантность к глюкозе; оценить влияние гипергликемии на умственную работоспособность; оценить риск развития сахарного диабета у студентов.

Объект и методы: исследование было проведено в период с марта по май 2022 г. на базе СурГУ. Перед началом эксперимента испытуемым было предложено ознакомиться и подписать «Информированное добровольное согласие на инвазивное вмешательство» и «Согласие на обработку персональных данных». Студенты самостоятельно в присутствии исследователя проводили измерение уровня глюкозы. Было обследовано 45 студентов. Исследование проводилось на основе метода глюкозотолерантного теста. Уровень глюкозы в капиллярной крови измеряли глюкометром Акку-Чек Перформа (Accu-Chek Performa). Установление умственной работоспособности проводили согласно методикам «Корректирующая проба с использованием буквенной таблицы В. Я. Анфимова», «Тест Мюнстерберга» и «Оперативная память». Для оценки способности организма утилизировать поступившую в него глюкозу использовали коэффициент Рафальского (гипогликемический индекс).

Проверку достоверности итогов проводили с использованием программы «Microsoft Excel». Для сравнения изучаемых групп применяли критерий Стьюдента и Манна-Уитни.

Результаты исследования: при измерении уровня глюкозы в капиллярной крови натощак было выявлено, что у 81% студентов гликемия находилась в пределах нормы $4,9 \pm 0,06$ ммоль/л (табл. 1); у 3 испытуемых отмечался высокий уровень гликемии $5,7 \pm 0,06$ ммоль/л.

Таблица 1.

Показатели уровня глюкозы

Испытуемые	N	Уровень гликемии, ммоль/л; M±m		p
		натощак	после нагрузки	
Юноши	8	$4,9 \pm 0,06$	$6,4 \pm 0,19$	< 0,05
Девушки	34	$4,9 \pm 0,07$	$6,2 \pm 0,15$	< 0,05
Все студенты	42	$4,9 \pm 0,06$	$6,3 \pm 0,14$	< 0,05

Примечание: N – количество измерений, M – среднее значение показателя, m – стандартная ошибка, p – уровень значимости.

Статистически значимых отличий в уровне гликемии по возрастному критерию не установлено, так как заметное постепенное увеличение происходит к 60 годам, что связано с изменением в нервной и эндокринной системах [5]. Также не было выявлено отличий в показателе уровня глюкозы по полу (табл. 1).

Через 2 часа после приема глюкозы у 93,2% студентов отмечен нормальный уровень гликемии. У остальных – 6,8% студентов зафиксирована гипергликемия – $8,4 \pm 0,37$ ммоль/л, указывающая на нарушение толерантности к глюкозе.

Основная роль в развитии сахарного диабета на 80% зависит от наследственной предрасположенности к данному заболеванию [6, 7]. Индивидуальное анкетирование показало, что у 62,2% студентов в роду встречается сахарный диабет.

У испытуемых, в роду которых нет случаев сахарного диабета уровень глюкозы натощак составил $5,0 \pm 0,09$ ммоль/л, такой же как у студентов с генетической предрасположенностью к сахарному диабету, у которых гликемия равна $4,9 \pm 0,08$ ммоль/л (табл. 2).

Отмечено значимое увеличение уровня глюкозы после приема раствора, где критерий Стьюдента составил $T_{(44; 0,05)} = 2,12$. Студенты, в роду которых встречается сахарный диабет имеют более высокий уровень гликемии после приема глюкозы – $6,6 \pm 0,19$ ммоль/л.

Таблица 2.

Гликемия у студентов с генетической предрасположенностью к сахарному диабету

Испытуемые	N	Уровень гликемии, ммоль/л; M±m	
		натощак	после нагрузки
В роду нет сахарного диабета	17	$5,0 \pm 0,09$	$5,9 \pm 0,30^*$
В роду есть сахарный диабет	28	$4,9 \pm 0,08$	$6,6 \pm 0,19^*$

Примечание: N – количество измерений, M – среднее значение показателя, m – стандартная ошибка, * – статистически значимые отличия при уровне значимости $p < 0,05$.

У всех студентов определено весоростовое соотношение. Индекс массы тела (ИМТ) менее $18,5 \text{ кг/м}^2$ (дефицит массы тела) – 6 человек (13,3%); нормальные значения ИМТ от $18,5$ до $24,99 \text{ кг/м}^2$ у 29 студентов (64,4%); избыточная масса тела при ИМТ равном $25-29,99$ отмечается у 9 человек (20%) и ожирение I степени с ИМТ $30-34,99$ выявлено у 1 человека (2,2%). Чем больше ИМТ, тем выше риск развития сахарного диабета [8].

Средний показатель гликемии натощак у студентов с недостаточной массой тела составил $4,7 \pm 0,11$ ммоль/л, а у студентов с избыточной массой тела $5,0 \pm 0,11$ ммоль/л (табл. 3). Статистическая значимость подтверждается критерием Манна-Уитни $U_{(0,05; 6,10)} = 13,0$.

Таблица 3.

Показатели глюкозы в капиллярной крови у студентов

ИМТ	N	Показатель глюкозы, ммоль/л; M±m	
		Натощак	После приема глюкозы
ниже нормы	6	4,7±0,11*	6,4±0,49
норма	28	5,0±0,08	6,3±0,25
выше нормы	10	5,0±0,11*	6,3±0,19

Примечание: N – кол-во испытуемых, ИМТ – индекс массы тела, M – средн. значение показателя, m – стандартная ошибка, * – статистически значимые отличия при уровне значимости $p < 0,05$.

При оценке уровня гипогликемического индекса сравнивались данные студентов, которые с рождения живут в г. Сургуте, и приезжих. Установленная величина гипогликемического индекса с рождения проживающих на севере соответствовала нормальным величинам и равна $1,3 \pm 0,04$; у приезжих величина индекса Рафальского равна $1,1 \pm 0,07$. Показатель отличается от нормы 1,3. Однако значимых различий гликемических индексов у проживающих на севере и приезжих студентов не выявлено ($T_{(44; 0,05)} = 1,85$).

Статистический анализ данных уровня глюкозы натощак выявил, что у студентов, с рождения проживающих на севере, гликемия значимо ниже $4,9 \pm 0,07$ ммоль/л, чем у приезжих – $5,2 \pm 0,09$ ммоль/л. Критерий Стьюдента составил $T_{(37; 0,05)} = 2,49$. После приема глюкозы значимой разницы гликемии не обнаружено ($T_{(44; 0,05)} = 1,10$), у студентов, с рождения проживающих на севере, гликемия составила $6,4 \pm 0,19$ ммоль/л; у приезжих $6,0 \pm 0,38$ ммоль/л.

По результатам анализа уровня гликемии у студентов были выявлены основные факторы развития сахарного диабета. Наибольшее число составили студенты, у которых имеется по одному из факторов: низкий уровень гипогликемического индекса – 9 человек (20%) и в роду встречается сахарный диабет – 7 человек (16%). Оба фактора отмечено у 8 человек (18%). Высокий индекс массы тела и наличие сахарного диабета в роду установлено у 5 студентов (11%). У 2 (4%) человек отмечен гипогликемический индекс ниже нормы и высокий индекс массы тела. Наличие всех трех факторов риска установлено у 3 студентов (7%). Из всех испытуемых, лишь 11 студентов (24%) не имели риск развития сахарного диабета.

Умственная работоспособность рассматривается как единица функциональной деятельности мозга, изменяющейся под действием экзогенных и эндогенных факторов.

Данные концентрации внимания (K) устанавливали по отношению объема всей выполненной работы к объему ее второй дифференцированной части. Чем выше величина K (ближе к 2), тем больше подвижность нервных процессов.

До глюкозы испытуемые показали хорошую включаемость в работу, нежели после употребления. Результаты по «Корректирующей пробе» выявили, что в момент гипергликемии лишь у 8% студентов произошло постепенное повышение умственной работоспособности. Основная часть (67%) испытывали постепенное снижение умственной работоспособности, а у 25% подвижность нервных процессов снизилась и привела к утомлению.

Отмечено снижение концентрации внимания с $1,52 \pm 0,02$ до $1,45 \pm 0,01$; это статистически значимое отличие при уровне значимости $p < 0,05$, где критерий Стьюдента – $T_{(44; 0,05)} = 2,78$.

Коэффициент продуктивности натощак $10,45 \pm 0,59$, а при гипергликемии он снизился до $8,58 \pm 0,50$. Разница подтверждена значением критерия Стьюдента – $T_{(44; 0,05)} = 2,41$.

Фон избирательности внимания, по «методике Мюнстерберга», не изменился.

По полученным данным о кратковременной памяти отмечено, что после приема раствора глюкозы возросло число испытуемых с высоким показателем кратковременной памяти. Результат натощак составил $28,4 \pm 1,66$, а после приема глюкозы $32,5 \pm 1,36$, это также указывает на незначительное улучшение показателей. Однако статистически значимых отличий показателей кратковременной памяти у студентов до и после приема раствора глюкозы не установлено ($T_{(44; 0,05)} = 1,87$).

В ходе проведенного нами эксперимента на физиологическом уровне после приема раствора глюкозы студенты испытывали тошноту, головокружение, сонливость, что явилось факторами проявления стресса для организма [9]. Вызванное гипергликемией напряжение у студентов привело к развитию утомляемости, что в итоге проявилось в снижении показателей работоспособности. Полученные в нашем исследовании результаты изменения не согласуются с известными нам литературным источникам, где отмечается положительное влияние приема глюкозы натощак, способствующее оптимизации работоспособности, продуктивности и точности выполнения поставленных задач [10].

Заключение. По полученным данным выполненной работы было установлено, что концентрация глюкозы в капиллярной крови находилась у 93% студентов в пределах нормы и составила $4,9 \pm 0,06$ ммоль/л. В результате глюкозотолерантного теста гипергликемия выявлена у 6,8% студентов – $8,4 \pm 0,37$ ммоль/л. Сниженное значение гипогликемического индекса отмечено у 23% приезжих студентов, что указывает на нарушение толерантности к глюкозе.

При оценке умственной работоспособности студентов в период гипергликемии, выявили снижение когнитивных функций головного мозга. На фоне гипергликемии отмечено не значимое улучшение показателей кратковременной памяти у студентов. В группу риска развития сахарного диабета вошли 20% студентов с гипогликемическим индексом ниже нормы; 16% студентов, в роду которых встречается сахарный диабет. У 40% обследуемых выявлена совокупность факторов, у 24% студентов риск отсутствовал.

Литература:

1. Васильев Д. А. Двойственная (джокерная) функция глюкозы: изучение связи с возрастом и нарушениями углеводного обмена / Д. А. Васильев, Т. Е. Порошина, И. Г. Коваленко [и др.] // Успехи геронтологии. 2008. Т. 21. № 2. С. 204–211.
2. Галиева Г. Д. Изучение содержания уровня глюкозы крови у лиц различных функциональных типов конституции // Аллея науки. Тюмень. 2018. Т. 1. № 3 (19). С. 441–443.
3. Мушников Д. Л. Распространенность факторов риска развития сахарного диабета у лиц репродуктивного возраста / Д. Л. Мушников, Т. П. Васильева, И. Д. Чих // Актуальные вопросы профилактики, ранней диагностики, лечения и медицинской реабилитации больных с неинфекционными заболеваниями и травмами: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. Иваново, 2019. С. 61–63.
4. Tsitlakidis D. Quality of life of patients with diabetes. Problems of Endocrinology. 2016. № 62 (5). P. 9–10.
5. Вакараева М. М. Возрастные изменения уровня глюкозы в крови // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты. 2016. № 30. С. 28–32.
6. Буряковская А. А. Сахарный диабет: роль генетических факторов в развитии заболевания / А. А. Буряковская, А. С. Исаева // Междунар. эндокринологический ж-л. 2017. Т. 13. № 1. С. 85–94.
7. Семинский И. Ж. Генетика сахарного диабета / И. Ж. Семинский, М. В. Ягельская // Сибирский медиц. ж-л. 2003. Т. 40. № 5. С. 97–101.
8. Коркин А. Л. Анализ факторов, влияющих на гликемию у здоровых молодых жителей ХМАО-Югры / А. Л. Коркин, А. С. Жегалина // Медицинская наука и образование Урала. 2015. Т. 16. № 1 (81). С. 11–14.
9. Говорухина А. А. Психосоматические проявления профессионального стресса / А. А. Говорухина, М. Ф. Мамуткина // Уч. зап. Крымского инженерно-педагогического ун-та. Сер.: Биологические науки. 2017. № 1. С. 58–62.
10. Сушанло Р. Ш. Влияние концентрации глюкозы крови на умственную работоспособность у студентов / Р. Ш. Сушанло, Д. Джурабаев // Actualscience. 2016. Т. 2. № 10. С. 20–23.

УДК 504.75

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АУТОЭКОЛОГИИ

Еськов В.В.¹, Газя Н.Ф.¹, Кухарева А.Ю.¹, Газя Г.В.², Самойленко И.С.¹

¹ Сургутский государственный университет

² Югорский государственный университет

Аннотация. Большое количество аналитических систем, в том числе статистические методы, не позволяют выявить достоверные признаки влияния производственных факторов, не превышающих предельно-допустимые уровни, на организм человека. Искусственные нейронные сети разрешают ряд проблем, связанных с получением вышеуказанных признаков.

Цель исследования – установление особенностей динамики состояния сердечно-сосудистой системы группы женщин, подверженных воздействию электромагнитных полей промышленной частоты (ЭМП ПЧ), при помощи искусственных нейросетей (ИНС).

ИНС продемонстрировала значимость диагностических признаков, отвечающих за стресс-реакцию организма лаборантов химанализа и операторов товарных, подверженных хроническому воздействию ЭМП ПЧ.

Результаты проведенных исследований позволят работодателю обратить внимания на условия труда исследуемых женщин и, как следствие, улучшить их условия труда.

Ключевые слова: электромагнитные поля промышленной частоты; искусственные нейросети.

ИНС все больше привлекают внимание ученых, а области применения нейросетей расширяются. Использование нейронных сетей в аутоэкологии открывает большие перспективы в сфере диагностики профессиональных заболеваний на ранней стадии [1, 2].

Южнокорейские ученые показывают, что сложные задачи в области точной интерпретации значений множества ЭКГ-параметров могут быть по силам ИНС [3].

Учеными Сургутского филиала ФГУ «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований РАН» ставится вопрос о применимости сверточных нейронных сетей в целях идентификации типа зависимости в наборах данных [4].

В статье рассмотрена реакция параметров вегетативной регуляции сердечного ритма (ВСР) женщин (на производстве) на хронический потенциально вредный производственный фактор (ПВПФ) – ЭМП ПЧ при помощи методов классической статистики и ИНС.

В состав исследуемых групп входили женщины от 19 до 35 лет (средний возраст – 27 лет), работающие лаборантами химического анализа и операторами товарными на заводе по стабилизации газового конденсата им. В.С. Черномырдина (ЗСК) в г. Сургуте.

Обследуемые работницы ЗСК были разделены на следующие группы:

F₁ – опытная (наблюдаемая) группа (30 женщин), условия труда которой предусматривают наличие ЭМП (f=50 Гц);

F₂ – 30 женщин, имеющих на своих рабочих местах те же производственные факторы, что и представители опытной группы, за исключением одного – ЭМП ПЧ.

У данных женщин проводилось обследование параметров variability сердечного ритма (ВСР) на базе ММУ «Городская поликлиника №1» в г. Сургут.

Значения ВСР обследуемых были получены в рамках периодического медосмотра методом скринингового экспресс-мониторинга с помощью устройства – пульсоксиметр «Элокс-01С2», разработанный и изготовленный ЗАО ИМЦ «Новые приборы», г. Самара.

В наблюдаемой и контрольной группах в качестве исследуемых параметров были: x_1 – SIM – обобщенный параметр симпатической нейровегетативной системы (НВС), в у.е.; x_2 – PAR – обобщенный параметр парасимпатической НВС, у.е.; x_3 – SSS – число ударов сердца в минуту; x_4 – SDNN – стандарт отклонения для кардиоинтервалов; x_5 – INB – индекс напряженности Баевского, у.е.

Обработка зарегистрированных в процессе обследования параметров исследуемых женщин осуществлялась при помощи следующих методов:

- статистическая обработка параметров вариабельности сердечного ритма человека с помощью программного пакета: «Statistica»;
- определение значимых диагностических признаков проводилось на основе метода эвристической работы ИНС с помощью программного продукта ASCN5.0.2 [4].

В результате проведенных парных сравнений двух групп женщин (F_1F_2) методом классической статистики по критерию Стьюдента ($p \leq 0,05$) установлено отсутствие достоверных различий между исследуемыми группами (табл. 1).

Таблица 1.

Результаты сравнения F_1F_2 параметров ВСР методом классической статистики
(критерий Стьюдента, $p < 0,05$)

Группы сравнения	SIM	PAR	SSS	SDNN	INB
F_1F_2	0,558	0,978	0,171	0,861	0,424

Производилась ручная настройка параметров ИНС (перед применением программного продукта ASCN5.0.2) в определении порядка ВСР исследуемых групп (таблица 2).

Таблица 2.

Параметры ручной настройки ИНС

№ п/п	Параметр настройки ИНС	Значение
1	Размерность входных данных	5
2	Размерность выходных данных	2
3	Количество обучений ИНС	100
4	Требуемая точность обучения	100%
5	Размер обучающей выборки	60
6	Время обучения	1,4 с
7	Функция оптимизации	Стохастический градиентный спуск без импульса Нестерова
8	Количество скрытых слоев	3
9	Количество нейронов во входном слое	7
10	Количество нейронов в скрытом слое	7
11	Количество эпох	21

Нейросеть, произведя сравнительную оценку параметров ВСР обследуемых групп F_1F_2 в режиме многократных итераций, показала значимость диагностических признаков: SSS (частота сердечных сокращений) и INB (индекс напряженности Баевского) (таблица 3).

Таблица 3.

Результаты статистической обработки значений весов w_i после 100-ти итераций,
выборки $x_i(t)$ параметров ВСР для пар сравнения F_1F_2

Группы сравнения	W_i	SIM	PAR	SSS	SDNN	INB
F ₁ F ₂	100	0,128	0,145	0,281	0,195	0,253

Результаты, представленные в таблице 3, могут свидетельствовать о существующей стресс-реакции организма лаборантов химанализа и операторов товарных, подверженных хроническому воздействию ЭМП ПЧ.

Здесь ИНС продемонстрировала значимость диагностических признаков, отвечающих за стресс-реакцию организма женщин, находящихся в условиях хронического воздействия ПВПФ, чьи значения не превышают предельно-допустимые уровни, установленные санитарно-гигиеническими нормативами.

Результаты проведенных исследований позволят работодателю обратить внимания на условия труда исследуемых женщин и, как следствие, улучшить их условия труда.

Использование ИНС в аутоэкологии способствует более качественному проведению производственного контроля промышленных экофакторов.

Литература:

1. Attia Z. I., Noseworthy P. A., Lopez-Jimenez F., et al. An artificial intelligence-enabled ECG algorithm for the identification of patients with atrial fibrillation during sinus rhythm: a retrospective analysis of outcome prediction. *Lancet*. 2019 (394). P. 861–867.
2. Filatova O. E., Bashkatova Yu. V., Shakirova L. S., Filatov M. A. Neural network technologies in system synthesis // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1047. P. 012099. – DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012099.
3. Joon-myoungh Kwon, Younghoon Cho, Ki-Hyun Jeon, Soohyun Cho, Kyung-Hee Kim, Seung Don Baek, Soomin Jeung, Jinsik Park, Byung-Hee Oh. A deep learning algorithm to detect anaemia with ECGs: a retrospective, multicentre study. *Lancet. Digital Health*. 2020 (2): e358–67.
4. Смородинов А. Д., Гавриленко Т. В., Рассадин А. А. Исследование применимости сверточных нейронных сетей для задачи идентификации типа зависимости в наборах данных // *Успехи кибернетики*. 2023. Т. 4. № 3. С. 47–54.

УДК 615.322:547.913

СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА *THYMUS VULGARIS L.* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ

*Мулюкин М.А.¹, Бараненко Д.А.², Кравченко И.В.¹, Булатова Е.В.¹,
Самойленко З.А.¹, Гулакова Н.М.¹, Макарова Т.А.¹*

¹ Сургутский государственный университет

² Национальный исследовательский университет ИТМО

Аннотация. В статье получены данные о компонентном составе эфирного масла *Thymus vulgaris L.* (тимьян обыкновенный, сорт Медок), выращенного в условиях гидропоники под белым светодиодным освещением. Для контроля был взят образец растительного материала, выращенного в условиях открытого грунта на территории Ботанического сада г. Сургута. Методом гидродистилляции из воздушно-сухой надземной части лекарственного растения *Thymus vulgaris L.*, выращенного в условиях светокультуры и открытого грунта, получено эфирное масло. Методом ГХ-МС в составе эфирного масла из надземной фитомассы растения открытого грунта идентифицировано 35 соединений, тогда как в составе эфирного масла из образца, выращенного под белыми фитолампами, обнаружено 40 веществ, что составляет 97,16 и 97,24 % от общего количества эфирного масла соответственно. Главными компонентами эфирного масла надземной части тимьяна обыкновенного, выращенного как в открытом грунте, так и в условиях гидропоники, являются тимол (44,6 и 57,3%), карвакрол (9,8 и 16,9%), линалоол (3,2 и 4,4%) и кариофиллен (2,0 и 2,7%). В составе эфирного масла из воздушно-сухого сырья тимьяна обнаружены также 4-терпинеол (до 2,0%), 1-октен-3-ол (до 1,6%), м-цимол (до 1,4%) и другие соединения. Освещение белыми фитолампами способствовало увеличению накопления тимола в 1,3 раза, в то время как содержание карвакрола было в 1,7 раза выше в растительном материале из открытого грунта. Освещение белыми лампами было эффективным в отношении накопления линалоола и кариофиллена – в 1,4 раза по сравнению с открытым грунтом.

Ключевые слова: *Thymus vulgaris L.*; эфирное масло; газовая хроматография; лекарственные растения; гидропоника.

В настоящее время изучение растительного материала с точки зрения его химического состава приобретает все больший интерес, поскольку он является натуральным сырьем для производства лекарств, фармацевтических препаратов, парфюмерной и косметической продукции, а также различных пищевых добавок. Особый интерес проявляется в изучении состава эфирных масел ароматических растений, ввиду их различной биологической активности. Эфирные масла в основном состоят из очень сложных, летучих органических соединений, нерастворимых в воде, в основном состоящих из монотерпенов и сесквитерпенов, представляющих один из четырех основных биологических классов природных соединений наряду с полифенолами, алкалоидами и гликозидами. Многие растения семейства яснотковых (*Lamiaceae*) имеют высокое содержание эфирного масла, прежде всего в листьях и цветах, а также в некоторых плодах и семенах [1, 2].

Род *Thymus* включает около 300 видов многолетних ароматных травянистых растений со множеством подвидов. *Thymus vulgaris L.* – ароматный многолетний полукустарник, богатый терпеноидами (тимолом, карвакролом, линалоолом, гераниолом, п-цимолом, γ-терпиненом,

лимоненом, β -кариофилленом), фенольными соединениями (хинная кислота, розмариновая кислота, кофейная кислота, п-кумаровая кислота, сириговая кислота) и флавоноидами (апигенин, лютеолин, цирсимаритин). Биоактивные соединения тимьяна обладают множеством фармакологических эффектов: антиоксидантным, противомикробным, противогрибковым, анксиолитическим, противораковым, противовирусным, противовоспалительным, нейропротекторным, липолитическим, кардио- и гепатопротекторным [1–6].

В качестве объекта исследования был выбран тимьян обыкновенный сорта Медок (семена агрофирмы «СеДеК»). Для выращивания использовали двухъярусную гидропонную установку с подогревом типа «Система-4Д» в минераловатном субстрате. Параметры белого освещения – белые диоды, световой поток 8000 лм, цветовая температура 4000 К, PPF 165 мкмоль/с/м². [7, 8]. В качестве контрольного образца использовали тимьян обыкновенный сорта Медок, который был выращен в условиях открытого грунта на территории Ботанического сада г. Сургута ХМАО – Югры.

Эфирное масло экстрагировали из 100 г измельченной надземной части тимьяна обыкновенного методом гидродистилляции при атмосферном давлении в течение 3 часов. Из дистиллята масло извлекали жидкость-жидкостной экстракцией хлороформом и сушили над безводным сульфатом натрия. Масло хранили в холодильнике при -4 °С до использования.

Хроматографический анализ проводили на газовом хроматографе Shimadzu GCMS-TQ8040, оснащенный масс-спектрометрическим детектором модели 5973. Объем инъекции образца составлял 1 мкл. Идентификация индивидуальных соединений была основана на рассчитанных индексах удерживания и на сравнении полученных масс-спектров со спектрами эталонных соединений, которые доступны в библиотеке NIST (National Institute of Standards and Technology). Индексы удерживания определяли по сравнению с n-алканами (C₉-C₂₄). Количественное содержание компонентов эфирного масла вычисляли из площадей хроматографических пиков [9].

Методом ГХ-МС в составе эфирного масла из надземной фитомассы растения открытого грунта идентифицировано 35 соединений, тогда как в составе эфирного масла из образца, выращенного под белыми фитолампами, обнаружено 40 веществ, что составляет 97,16 и 97,24 % от общего количества эфирного масла соответственно. Хроматографический анализ показал, что главными компонентами эфирного масла надземной части тимьяна обыкновенного, выращенного как в открытом грунте, так и в условиях гидропоники, являются тимол (44,6 и 57,3%) и карвакрол (9,8 и 16,9%), что согласуется с аналогичными исследованиями, где содержание тимола варьировало от 1,58 до 53,46% и карвакрола от 0,30 до 22,43% в зависимости от вида растительного материала [5]. Содержание линалоола в тимьяне обыкновенном, выращенного в открытом грунте составляет 3,2%. В большей степени накопление этого компонента происходит при выращивании с использованием белых светодиодных ламп и составляет 4,4%. Содержание кариофиллена составляло 2,0 и 2,7% при выращивании в открытом грунте и с использованием гидропонной установки соответственно.

В составе эфирного масла из воздушно-сухого сырья тимьяна обнаружены также 4-терпинеол (до 2,0%), 1-октен-3-ол (до 1,6%), м-цимол (до 1,4%) и другие соединения.

Варьирование компонентного состава эфирного масла связано со многими факторами, одним из которых является неравномерность распределения морфологических частей растительного материала при измельчении надземной части. Известно, что в смеси стеблей и листьев при увеличении последних, происходит увеличение содержания эфирного масла. По результатам исследований такая зависимость является линейной [4].

Освещение белыми фитолампами способствовало увеличению накопления тимола в 1,3 раза, в то время как содержание карвакрола было в 1,7 раза выше в растительном материале из открытого грунта. Освещение белыми лампами было эффективным в отношении накопления линалоола и кариофиллена – в 1,4 раза по сравнению с открытым грунтом.

Исследования проводились в Сургутском государственном университете при финансовой поддержке Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в рамках проекта: «Функциональные пищевые продукты и микроинкапсулированные ингредиенты на основе комплекса биологически активных соединений, выделенных из северных растений, выращенных в гидропонике с применением технологии микроклонального размножения (Юграбиофарм)», № 2023-227-28.

Литература:

1. Mancini E. Studies on Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Five *Thymus vulgaris* L. Essential Oils / E. Mancini, F. Senatore, D. Del Monte, et al. // *Molecules*. 2015 (20). P. 12016–12028.
2. Popa C. L. Chemical and Biochemical Characterization of Essential Oils and Their Corresponding Hydrolats from Six Species of the Lamiaceae Family / C. L. Popa, A. Lupitu, M. D. Mot, et al. // *Plants*. 2021 (10). P. 2489.
3. Rota M. C. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils / M. C. Rota, A. Herrera, R. M. Martinez // *Food control*. 2008. № 19. P. 681–687.
4. Винокурова О. А. Сравнительная характеристика различных видов тимьяна: состав, свойства, применение (обзор) / О. А. Винокурова, О. В. Тринева, А. И. Сливкин // *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2016. №4 (17). С. 134–150.
5. Маланкина Е. Л. Варьирование содержания и компонентного состава эфирного масла в сырье тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.) в зависимости от сорта и происхождения / Е. Л. Маланкина, Х. Аль Карави, В. Н. Дул [и др.] // *Journal of pharmaceuticals quality assurance* issue. 2018. №2 (20). С. 27–33.
6. Kindl M. Comparative study of polyphenolic composition and anti-inflammatory activity of *Thymus* species / M. Kindl, F. Bucar, D. Jelic // *European Food Research and Technology*. 2019.
7. Макаров П. Н. Оценка продуктивности и качества эстрагона и тимьяна обыкновенного при выращивании в светокультуре / П. Н. Макаров, Т. А. Макарова, З. А. Самойленко [и др.] // *Вестник Казанского гос. аграрного ун-та*. 2021. №4 (64). С. 24–29.
8. Макаров П. Н. Технология выращивания эфиромасличных культур в закрытых системах / П. Н. Макаров, Т. А. Макарова, З. А. Самойленко [и др.] // *Вест. Нижневарттовского гос. ун-та*. 2020. №2. С. 53–59.
9. Мулюкин М. А. Состав эфирного масла *Artemisia dracunculus* L. В зависимости от условий выращивания / М. А. Мулюкин, Е. В. Булатова, И. В. Кравченко [и др.] // *Уч. зап. Крымского федер. ун-та им. В. И. Вернадского. Биология. Химия*. 2023. Т. 9. № 1. С. 285–296.

УДК 67.08

РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРИМЕНЕНИЮ БАКТЕРИИ *ALCANIVORAX BORKUMENSIS* И НАНОТРУБОК ГАЛЛУАЗИТА ДЛЯ БИОДЕГРАДАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ БУРОВЫХ ШЛАМОВ

Рожин А.О., Фахруллина Г.И.
Казанский федеральный университет

Аннотация. В данном исследовании изучалась биodeградирующая активность бактерии *Alcanivorax borkumensis*, в отношении буровых шламов. Полученные данные были собраны в виде рекомендаций для создания резервуара бактериальной нефтедеструкции, который может стать альтернативой дорогостоящей переработке отходов нефтедобычи.

Ключевые слова: буровые шламы; *Alcanivorax borkumensis*; нанотрубки галлуазита; нефтедеструкция; биоремедиация; нефть.

В настоящей работе приводятся результаты исследования биodeградирующей активности морской бактерии *Alcanivorax borkumensis*, результативность которой была повышена добавлением нанотрубок галлуазита, содержащих питательный компонент. Объектом очистки являлся буровой шлам 3 класса опасности, образовавшийся в результате многократного бурения породы, при помощи раствора, содержавшего воду и химические добавки, в том числе, хлориды. По технологии, после замены бурового раствора, отработанные шламы сливаются и отправляются на переработку [1]. Основную опасность представляет содержащаяся в них нефть, при этом содержание солей не позволяет применять для биodeградации почвенные и пресноводные бактерии.

Поэтому для очистки была выбрана солеустойчивая морская алкан-деградирующая бактерия *A. borkumensis*, которая, благодаря своему специфическому метаболизму, использует нефтепродукты в качестве основного источника углерода и энергии [2]. При этом, важным вопросом остается подбор условий ее эффективного применения, которые могут быть воспроизведены на предприятиях нефтяного комплекса. В результате двухлетней работы были выработаны общие рекомендации по созданию установки для очистки буровых шламов непосредственно на объектах нефтедобычи, что может способствовать снижению экологических рисков и увеличению эффективности утилизации [3].

В качестве предполагаемой установки рекомендуется применение описанного нами ранее резервуара бактериальной нефтедеструкции [4], состоящего из наполовину заполненного цилиндрического реактора с подсоединенными к нему трубами для подачи воды, очищаемой субстанции (шлама), бактериальной суспензии и питательного компонента. Также в нем должны иметься механизмы для отбора проб и принудительной вентиляции с фильтрацией воздуха. Резервуар должен непрерывно вращаться вокруг оси цилиндра, что способствует перемешиванию и постоянному доступу воздуха в толщу реакционной массы. При помощи насосов через трубы в него будут подаваться все необходимые компоненты, по особому протоколу. Шламы 3 класса опасности перед загрузкой необходимо разбавлять водой, в соотношении 1:3, по объему. Аэробным бактериям для работы необходим кислород. Температура среды может колебаться от +4 до +35 °С, при этом, оптимальной является диапазон 25-30 °С, поэтому в условиях круглогодичной работы установке необходимо

организованное отопление, которое эффективнее всего расположить внутри резервуара, при этом важна наружная теплоизоляция его стенок.

При этом, эффективность разложения нефти в шламах может снижаться при недостаточном содержании доступных форм фосфора или азота. В результате исследования было установлено, что, в случае буровых шламов, лимитирующим является содержание фосфора. Наилучшим источником фосфора для *A. borkumensis* является гидрофосфат натрия. Этот компонент предполагается доставлять по трубе к бактериям, используя в качестве носителя нанотрубки галлуазита. Такая доставка обеспечивает пролонгированное действие в связи с медленным высвобождением, при этом, галлуазит является натуральным и безвредным компонентом, который не повышает токсичность смеси. Для обеспечения загрузки исследуемого раствора в просвет нанотрубок галлуазита рекомендуется использование вакуума и ультразвука. Незагруженный раствор удаляется промыванием и используется повторно. Высушенный галлуазит может храниться и транспортироваться в виде мелкого порошка, который необходимо развести в воде перед вкачиванием в реактор.

Все предлагаемые кондиции тезисно представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные характеристики резервуара бактериальной нефтедеструкции для очистки буровых шламов.

Конструкция	Питающие трубы подают:	Сливные трубы удаляют:	Особые условия
<ul style="list-style-type: none"> – Металлический цилиндр; – Непрерывное вращение, до 30 об/мин; – Внутренний и нагревающий элемент, термодатчики; – Внешняя термоизоляция; – Принудительная вентиляция; – Питающие и сливные трубы 	<ul style="list-style-type: none"> – Очищаемую субстанцию (шлам); – Воду; – Бактериальную суспензию; – Питательный компонент 	<ul style="list-style-type: none"> – Очищенную субстанцию; – Образцы для мониторинга; – Все содержимое (аварийный слив) 	<ul style="list-style-type: none"> – Разведение шламов водой 1:3, долив; – Бактерия: <i>Alcanivorax borkumensis</i>; – Среда для выращивания: морской бульон; – Кислород; – Оптимальная температура: 25-30 °С; – Дополнительное питание гидрофосфатом натрия; – Загрузка в нанотрубки галлуазита; – Периодическая промывка всей системы

Протокол работы установки предполагается следующим. Предварительно выращивается на морском бульоне бактерия *Alcanivorax borkumensis*, ночная культура, содержащая 10^8 КОЕ/мл, замораживается и хранится до использования. Предварительно гидрофосфат натрия загружается в просвет нанотрубок галлуазита, высушивается и хранится в порошке. Мобильная или стационарная цистерна устанавливается в подходящем месте, трубы и электрические провода подключаются к коммуникациям. Проводится проверка и запуск установки с водой, аварийный слив, проверка вентиляции и датчиков. Разведенный в воде буровой шлам заливается по трубе в реактор, прогревается и перемешивается. Добавляется бактериальная суспензия и питательный компонент. Берутся первоначальные пробы. Регулярная проверка проб будет позволять выяснять необходимость добавления того или иного компонента, а также даст понять, что очистка прошла успешно. После успешной очистки отходы сливаются и отправляются на дальнейшую переработку. Компоненты загружаются снова и цикл повторяется.

Результатом работы являются предварительные рекомендации для создания очистной установки – резервуара бактериальной нефтедеструкции. Учитывая, что масштабирование

процессов может изменять лабораторный протокол, необходимо дальнейшее исследование, в объемах и условиях, близких к промышленным.

Финансирование: грант Президента РФ (проект № МК-4393.2022.1.3) в Казанском федеральном университете.

Литература:

1. Edwards W. C. Toxicology of oil field wastes. Hazards to livestock associated with the petroleum industry // *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice*. 1989. 5(2). P. 363–374.

2. Yakimov M. M. *Alcanivorax borkumensis* gen. nov., sp. Nov., a new, hydrocarbon degrading and surfactant producing marine bacterium / M. M. Yakimov, P. N. Golyshin, S. E. Lang, E. R. B. Moore // *International Journal of Systematic Bacteriology*. № 48. 1998. P. 339–348.

3. Ишмухаметов И. Р. Изучение эффективности очистки нефтесодержащих буровых шламов при помощи бактерии *Alcanivorax borkumensis* / И. Р. Ишмухаметов, Г. И. Фахруллина, Р. Ф. Фахруллин // *Симбиоз – Россия (2022): М-лы XIII Междунар. конф. ученых-биологов / Пермский гос. нац. исследовательский ун-т, 24–25 октября 2022 г. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2023. С. 810–815. – URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Simbioz-Russia-2022.pdf>.*

4. Рожин А. О. Применение бактерии *Alcanivorax borkumensis* для очистки буровых растворов в резервуаре бактериальной нефтедеструкции // *Нефть и газ: технологии и инновации: М-лы Нац. науч.-практ. конф / Тюменский индустриальный ун-т. Тюмень: Изд-во ТИУ, 2021. Т. 2. С. 49–54. – URL: https://www.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2019/05/2021_Neft-i-gaz.-Tehnologii-i-innovatsii_Sbornik-Tom-2.pdf.*

УДК 502.175:528.711.1

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МОНИТОРИНГА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

Янгличева Ю.Р.

Казанский инновационный университет им. В. Г. Тимирязова

Аннотация. В статье рассмотрены возможности использования беспилотных летательных аппаратов для получения систематической и объективной информации в областях охраны природы, экологической и техносферной безопасности. Приведен обзор различных видов беспилотных летательных аппаратов. БПЛА обладают рядом преимуществ, благодаря которым, делают их применение удобными и эффективными для осуществления разнообразных исследований; позволяют существенно снизить материальные затраты на экологический мониторинг; создавать цифровые модели для оценки структуры растительности, отслеживать популяции диких животных, проводить регулярный мониторинг всех компонентов водных объектов и оценивать результаты природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты; мониторинг окружающей природной среды; охрана природы; оценка состояния животных и водных объектов.

Урбанизация территорий поставила перед обществом ряд экологических проблем. Современные проблемы рационального природопользования находят свои решения, путем внедрения новых энергоэффективных, инновационных и ресурсосберегающих технологий.

Антропогенная деятельность человека может вызвать ряд необратимых последствий для природы. Важную роль в улучшении экологической обстановки играет мониторинг ресурсов и окружающей среды. Получение надежной, качественной, количественной информации о состоянии компонентов природной среды дает возможность проводить анализ, давать оценку, создавать прогнозы состояния окружающей среды. Вся собранная и представленная информация позволит контролировать общее состояние объектов природной среды, чтобы точно знать, когда и какие меры необходимо принять для предотвращения негативных последствий, выявить их источники. Для обеспечения достаточного уровня безопасности и разработки комплекса мероприятий по охране природы, необходимо установить надежную систему мониторинга окружающей среды на основе беспилотных летательных аппаратов.

Беспилотные летательные аппараты гражданского назначения (БПЛА) нашли свое широкое применение для контроля за экологической ситуацией на территориях РФ. Беспилотники, используемые в экологических целях, принято называть «эко-дронами».

БПЛА могут быть использованы для слежения за концентрацией поллютантов в воздушном бассейне городских агломераций, определять газовый и аэрозольный состав атмосферы и метеорологические параметры. Так, например, современный газоанализатор типа Sniffer4D V2.0, легко консолидируется с разными видами БПЛА (рис. 1). Применяется на базе воздушных и наземных транспортных средств, устанавливается на верхней части БПЛА для уменьшения турбулентности от пропеллеров дрона [3]. Работает с программным обеспечением Sniffer4D. Mapper. Способен распознавать до девяти видов веществ одновременно, таких как PM, O₃, NO₂, CO, SO₂. Устройство имеет активный воздухозаборник и устанавливается в верхней части дрона, что исключает влияние турбулентности от винтов на результаты измерений.

Когда Sniffer4D интегрируется с дронами DJI Enterprise, он показывает свои данные в реальном времени на экране приложения DJI Pilot. Глубокая интеграция с другими платформами дронов также возможна через API Sniffer4D. Система активного воздухозаборника стабилизирует воздушный поток внутри Sniffer4D при различных скоростях движения БПЛА [5].

Управление локацией пробы – с помощью приложения DJI Pilot или Sniffer4D Mapper. Использование мешков отбора проб газа различной вместимости. Автоматическая остановка при заполнении пакета. Простая интеграция с DJI M300RTK и DJI M210 / M210RTK [4].



Рис. 1. Газоанализатор Sniffer4D V2.0 для интеграции на БПЛА

Дроны позволяют осуществлять мониторинг ареала обитания популяций диких животных, отслеживать их миграцию и здоровье. С использованием искусственного интеллекта и нейронных сетей, возможно осуществлять учет количества животных, определять их текущее местоположение в режиме реального времени и планировать оптимальный маршрут их перемещения. Собранная информация может быть использована для принятия управленческих решений по сохранению численности объектов животного мира, стратегии разработки природоохранных мероприятий.

БПЛА могут стать полезным инструментом для государственных охотинспекторов для фиксации браконьеров. В состав аппаратуры и программного обеспечения БПЛА может входить «система технического зрения» или система искусственного интеллекта, способная обнаружить и идентифицировать браконьера [1]. Инспекторы рыбоохраны могут применять дроны для выявления нарушителей при контроле заросших бухт или рек.

Беспилотники позволяют обнаруживать задымления, торфяные, ландшафтные, низовые и верховые пожары. При проведении лесопожарного мониторинга применяются БПЛА вертолетного типа. Облет территории проходит в режиме ручного радиуправления. Например, проведение патрулирования с помощью беспилотников такого типа, как «Геоскан 801», открывает современный подход к охране лесов и упрощает контроль соблюдения правил рубок компаниями-лесозаготовителями. Компактный и легкий коптер для видеомониторинга в режиме реального времени. Он оснащен видеокамерой 4К и тепловизором для комплексного обследования удаленных объектов, – в том числе, в инфракрасном диапазоне; благодаря помехоустойчивому каналу связи гарантирована бесперебойная трансляция видео в самых сложных условиях. В пульт встроено ПО, с помощью которого можно построить полетное задание для видеоконтера. После старта БВС сам осуществит автоматический полет по заданным параметрам и вернется в нужную точку [2].

Проведение регулярных запусков, создаст базу данных фотосъемки, анализ которой позволит отследить динамику процессов лесных угодий. Например, массовое распространение вредителей леса, таких как, короеды, тля, гусеницы, требует оперативного вмешательства, так как оно может привести к нарушению целостности экосистемы леса, произойдет потеря биоразнообразия, как следствие ухудшение качества почв и увеличиться риск возникновения лесных пожаров.

Для успешной реализации природоохранных мероприятий необходимо не только иметь достоверную информацию о состоянии окружающей среды на исследуемой территории, но и уметь представить ее в доступной, экономической и понятной форме для заинтересованных лиц.

Разработка картографического обеспечения природоохранной деятельности, осуществляющейся в государственном и региональном масштабах, является одной из важнейших задач экологического картографирования. Оно формируется на адаптации топографической информации общего и тематического характера, а также составлении специальных экологических карт.

Составление топографических карт для оценки экологического состояния территории с применением данных с дронов позволит во многом расширить их информационно-экологический потенциал. Например, использования метода лазерного сканирования. Лазерный сканер излучает импульс и фиксирует отражение, что позволяет получить точные данные о поверхности. Воздушное лазерное сканирование – это высокотехнологичная топографо-геодезическая методика сбора геопространственных данных по рельефу и наземным объектам, а также картографирования местности в трёхмерном режиме с летательного аппарата с применением скоростной сканирующей системы высокой точности, определяющей координаты и точки лазерных отражений и фильтров наземных объектов по определённым заданным характеристикам [4]. Этот метод съемки применяется для создания детальных цифровых моделей городов, исследования длинных линейных объектов, топографической съемки рельефа, инвентаризации лесов, трехмерного моделирования областей разработки полезных ископаемых и многих других целей. Программа позволяет получать информацию о рельефе лесной местности и деревьях, что особенно полезно для редких сосновых насаждений с небольшим количеством подлеска. Построение цифровой модели рельефа занимает минимум времени и усилий.

Автономные технологии позволяют сократить расходы, ускорить и повысить качество топографических карт и работ по инвентаризации земель и объектов капитального строительства. Возможно проводить и оперативный мониторинг окружающей среды в районах техногенных катастроф и местных антропогенных воздействий, а также создавать электронные карты объектов и территорий, уточнять границы лесного фонда в кадастре.

Литература:

1. Известия Тульского гос. ун-та. Технич. науки. Тула, 2022. № 3. С. 227–232.
2. ГК «Геоскан». – URL: <https://www.geoscan.ru> (дата обращения: 24.11.2023).
3. Aeromotus. – URL: [https://aeromotus.ru/product/gazoanalizator-sniffer4d-dlya-kreple niya-na-bpla/](https://aeromotus.ru/product/gazoanalizator-sniffer4d-dlya-kreple-niya-na-bpla/) (дата обращения: 24.11.2023).
4. Brlab.ru. – URL: <https://brlab.ru/scopes/monitoring-okruzhayushchey-sredy/dron-dji-mat-rice-300-rtk-s-gazoanalizatorom-sniffer4d-v2-0/> (дата обращения: 24.11.2023).

УДК 618.3-06

ОЦЕНКА ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ, ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ, ТЕЧЕНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ И ИСХОДОВ, А ТАКЖЕ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ ГСД У ЖЕНЩИН С УГРОЗОЙ ПРЕРЫВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ ВО ВТОРОМ ТРИМЕСТРЕ ГЕСТАЦИИ

Афони́на В.А.², Малы́шкина А.И.^{1,2}, Батра́к Н.В.²

¹ *Ивановский НИИ материнства и детства им. В.Н. Городкова,*

² *Ивановская государственная медицинская академия*

Аннотация. Цель исследования - оценить психоэмоциональное состояние, физическую активность и выявить факторы риска развития ГСД у женщин с угрожающим поздним выкидышем во втором триместре гестации. Было проанкетировано 200 беременных во втором триместре гестации: 100 женщин с ГСД и угрозой прерывания беременности и 100 женщин с угрозой прерывания беременности с отсутствием ГСД. Факторами риска развития ГСД при угрозе прерывания беременности во втором триместре гестации являлись ГСД и гипертензивные расстройства в предыдущую беременность, гипертоническая болезнь, ожирение, старший репродуктивный возраст, отягощенный семейный анамнез, вредные привычки, нарушение пищевого поведения. Женщин с ГСД отличал более высокий уровень тревоги и депрессии, более плохое самочувствие, более низкая физическая активность и более плохое настроение. Беременность женщин с ГСД при угрозе прерывания беременности чаще осложняется ЗРП и макросомией, у таких женщин чаще рождаются дети с макросомией или маловесные к сроку гестации. Фактором риска рождения ребенка с макросомией у женщины с ГСД и угрозой прерывания беременности является экстернальное пищевое поведение, а рождения ребенка, маловесного к сроку гестации – самопроизвольные выкидыши или неразвивающиеся беременности первого триместре в анамнезе, а также ИЦН с наложением трансвагинального серкляжа при данной беременности.

Ключевые слова: гестационный сахарный диабет; угроза прерывания беременности; факторы риска; пищевое поведение; тревога; депрессия; самочувствие; активность; настроение.

Неуклонно растущая частота встречаемости гестационного сахарного диабета (ГСД) в человеческой популяции делает эту проблему одной из наиболее актуальных в современном акушерстве [1]. Все более часто литературные источники свидетельствуют о сопряжении ГСД с особенностями психоэмоционального состояния, пищевого поведения и физической активности [2, 3]. Стоит отметить, что зачастую ГСД формируется на фоне уже имеющихся осложнений беременности, отягощая их, либо провоцирует развитие новых, что делает еще более актуальным поиск факторов риска развития ГСД при сопутствующих осложнениях беременности [3].

Цель данного исследования – оценить психоэмоциональное состояние, физическую активность, течение беременности и перинатальные исходы, а также выявить факторы риска развития ГСД у женщин с угрожающим поздним выкидышем во втором триместре гестации.

На первом этапе исследования на базе ФГБУ НИИ МиД им. В.Н. Городкова Минздрава России в г. Иваново было проведено анкетирование по специально разработанным анкетам, а

также стандартизированным опросникам HADS (The hospital Anxiety and Depression Scale, Госпитальная Шкала Тревоги и Депрессии), DEBQ (Dutch Eating Behavior Questionnaire, Голландский опросник пищевого поведения) и САН (Самочувствие, активность, настроение). В исследование вошли 200 беременных во втором триместре гестации: основная группа – 100 женщин с ГСД и угрозой прерывания беременности, группа сравнения – 100 женщин с угрозой прерывания беременности с отсутствием ГСД.

На втором этапе исследования было оценено течение беременности и перинатальные исходы у 85 беременной женщины из выше указанных, которые были выбраны случайно: 47 женщин основной группы, 35 женщин группы сравнения.

Согласно результатам опроса, при анализе возраста беременных одним из факторов риска развития ГСД при угрозе прерывания беременности является поздний репродуктивный возраст женщины (32% и 12%; ОР=2,67; 95% ДИ=1,46-4,87; $p=0,01$).

При анализе вредных привычек у женщин двух групп было выявлено, что фактором риска развития ГСД при угрозе прерывания беременности во втором триместре может являться курение до беременности (35% и 17%; ОР=2,06; 95% ДИ=1,24-3,42; $p=0,005$), пассивное курение до беременности и во время нее (11% и 6%; ОР=1,75; 95% ДИ=1,09-2,81; $p=0,02$). Еще одним фактором риска развития ГСД при угрозе прерывания беременности во втором триместре было употребление алкогольных напитков при беременности (8% и 1%; ОР=8,0; 95% ДИ=1,02-62,79; $p=0,047$).

При анализе патологии у родственников первой линии родства, к которым относятся родители, родные братья и сестры, в качестве факторов риска развития ГСД у женщин с угрозой прерывания беременности во втором триместре гестации были определены такие заболевания как гипертоническая болезнь (ГБ) (51% и 21,21%; ОР=2,4; 95% ДИ=1,57-3,68; $p<0,001$) и ожирение (21% и 5,05%; ОР=4,16% 95% ДИ=1,63-10,59; $p=0,003$). Проанализировав встречающуюся соматическую патологию у родственников второго порядка, которыми являются бабушки, дедушки, дяди, тети и племянники, в качестве факторов риска были выделены такие заболевания как ишемическая болезнь сердца (ИБС) и инфаркт (39% и 16,33%; ОР=2,39; 95% ДИ=1,43-3,98; $p<0,001$) и сахарный диабет второго типа (47% и 23,47%; ОР=2,0; 95% ДИ=1,32-3,03; $p=0,001$).

Среди выявленных в ходе исследования соматических заболеваний факторами риска являются ГБ (11% и 1%; ОР=11,0; 95% ДИ=1,45-83,61; $p=0,02$) и ожирение (23% и 4%; ОР=5,75; 95% ДИ=2,06-16,03; $p<0,001$).

В ходе анализа течения предыдущих беременностей женщин обеих групп было выявлено, что фактором риска развития ГСД при угрозе прерывания беременности во втором триместре могут являться гипертензивные расстройства (18% и 4%; ОР=4,5; 95% ДИ=1,58-12,83; $p=0,005$) и ГСД (9% и 0%; ОР=19,0; 95% ДИ=1,12-322,11; $p=0,04$), имеющие место во время предыдущих беременностей.

В результате анализа результатов анкетирования женщин обеих групп по стандартизированному опроснику, оценивающему пищевое поведение, DEBQ было выявлено, что женщины основной группы достоверно чаще страдали различными формами нарушения пищевого поведения (89% и 70%; ОР=1,27; 95% ДИ=1,1-1,47; $p=0,001$), чаще встречались ограничительное (58% и 25%; ОР=2,32; 95% ДИ=1,59-3,39; $p<0,001$) и экстернальное пищевое поведение (65% и 40%; ОР=1,63; 95% ДИ=1,23-2,15; $p<0,001$).

Было проведено ранжирование выявленных нами факторов риска развития ГСД при угрозе прерывания беременности во втором триместре гестации. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Характеристика данных ранжирования факторов риска ГСД
у женщин с угрозой прерывания беременности во втором триместре гестации

Факторы риска	Основная группа n=100	Группа сравнения n=100	ОР*	ДИ**	p-значение	Ранг
ГСД в предыдущую беременность	9 (9%)	0 (0%)	19,0	1,12-322,11	0,04	I
ГБ	11 (11%)	1 (1%)	11,0	1,45-83,61	0,02	II
Употребление алкогольных напитков во время данной беременности	8 (8%)	1 (1%)	8,0	1,02-62,79	0,047	III
Ожирение	23 (23%)	4 (4%)	5,75	2,06-16,03	<0,001	IV
Гипертензивные расстройства в предыдущую беременность	18 (18%)	4 (4%)	4,5	1,58-12,83	0,005	V
Ожирение у родственников I порядка	21% (21)	5,05% (5/99)	4,16	1,63-10,59	0,003	VI
Старший репродуктивный возраст женщины	32 (32%)	12 (12%)	2,67	1,46-4,87	0,01	VII
ГБ у родственников I порядка	51 (51%)	21,21% (21/99)	2,4	1,57-3,68	<0,001	VIII
ИБС, инфаркт у родственников II порядка	39 (39%)	16,33% (16/98)	2,39	1,43-3,98	<0,001	IX
Ограничительное пищевое поведение	58 (58%)	25 (25%)	2,32	1,59-3,39	<0,001	X
Курение до данной беременности	35(35%)	17 (17%)	2,06	1,24-3,42	0,005	XI
Сахарный диабет II типа у родственников II порядка	47 (47%)	23,47% (23/98)	2,0	1,32-3,03	0,001	XII
Пассивное курение	11 (11%)	6 (6%)	1,75	1,09-2,81	0,02	XIII
Экстернальное пищевое поведение	65 (65%)	40 (40%)	1,63	1,23-2,15	<0,001	XIV
Нарушение пищевого поведения	89 (89%)	70 (70%)	1,27	1,1-1,47	0,001	XV

* Относительный риск; ** 95% – доверительный интервал

Шкала HADS, описывающая тревогу и депрессию пациентов, обнаружила статистически значимые различия. Женщин основной группы отличали более высокие баллы, характеризующие тревогу (7 (4; 9) и 5 (3; 6) баллов; $p<0,001$) и депрессию (6 (3; 8) и 4 (2; 7) баллов; $p=0,002$). У женщин основной группы чаще встречались симптомы тревоги (42% и 22%; ОР=1,9; 95% ДИ 1,24-2,95; $p=0,004$) и депрессии (37% и 20%; ОР=1,85; 95% ДИ 1,16-2,95; $p=0,01$).

Стандартизированный опросник САН оценивал такие показатели как самочувствие, активность и настроение. Женщин основной группы характеризуют более низкие медианы баллов, описывающих самочувствие (4,3 (3,4; 5,4) и 5,1 (4,4; 5,7) баллов; $p=0,002$), активность (3,8 (2,7; 4,3) и 4,2 (3,4; 5,2) баллов; $p<0,001$) и настроение (4,8 (3,8; 5,6) и 5,5 (4,9; 6,2) баллов; $p<0,001$), которые являются статистически значимыми.

Оценка беременности женщин двух исследуемых групп выявила, что беременность, страдающих ГСД, чаще осложнялась задержкой роста плода (ЗРП) (31,91% и 5,26%; ОР=6,06; 95% ДИ 1,48-21,89; $p=0,01$) и макросомией (21,28% и 0%; ОР=17,06; 95% ДИ 1,03-282,12; $p=0,048$), диагностированными с применением ультразвуковой диагностики (УЗИ).

Беременные основной группы чаще рожали детей с макросомией (30,43% и 2,78%; ОР=10,96; 95% ДИ 1,51-79,46; $p=0,02$) или маловесных к сроку гестации (34,78% и 5,56%; ОР=6,26; 95% ДИ 1,54-25,49; $p=0,01$) по шкале INTERGROWTH-21st.

Был проведен сравнительный анализ женщин основной группы, родивших детей с массой тела, соответствующей сроку гестации, с женщинами основной группы, родивших детей, маловесных к сроку гестации, и детей, страдающих макросомией. Фактором риска рождения детей с макросомией стало экстернальное пищевое поведение (92,86% и 50,0%; ОР=1,86; 95% ДИ 1,11-3,1; $p=0,018$). При сравнении женщин, родивших детей, маловесных к сроку гестации, и женщин, родивших детей с нормальной массой тела при рождении, были выявлены следующие факторы риска: отягощение акушерско-гинекологического анамнеза неразвивающейся беременностью (58,82% и 18,75%; ОР=3,14; 95% ДИ 1,05-9,38; $p=0,04$) либо самопроизвольным выкидышем (52,94% и 6,25%; ОР=8,47; 95% ДИ 1,21-59,54; $p=0,03$) в первом триместре гестации, а также развитие ИЦН с последующим наложением трансвагинального серкляжа при данной беременности (64,71% и 12,5%; ОР=5,18; 95% ДИ 1,35-19,83; $p=0,02$).

С целью устранения модифицируемых факторов риска на прегравидарном этапе и во время беременности следует своевременно выявлять и проводить работу с факторами риска, выявлять и лечить экстрагенитальную патологию, рекомендовать консультацию психолога и диетолога, проводить просветительскую работу в супружеских парах.

Литература:

1. Взаимосвязь липидного обмена и инсулинорезистентности при гестационном сахарном диабете / В. А. Афолина, Н. В. Батрак, А. И. Малышкина, Н. Ю. Сотникова // Акушерство и гинекология. 2022. № 7. С. 13–20. – DOI: 10.18565/aig.2022.7.13-20.
2. Малышкина А. И. Факторы риска развития гестационного сахарного диабета при угрожающем позднем выкидыше во втором триместре гестации / А. И. Малышкина, В. А. Афолина, Н. В. Батрак // Вест. Ивановской мед. акад. 2023. Т. 28. № 3. С. 10–17. – DOI: 10.52246/1606-8157_2023_28_3_10.
3. Роль синтеза жирных кислот в развитии макросомии у женщин с гестационным сахарным диабетом и угрожающим поздним выкидышем, диагностированным во II триместре беременности / А. И. Малышкина, Н. Ю. Сотникова, Н. В. Крошкина [и др.] // Акушерство и гинекология. 2023. № 5. С. 84–91. – DOI: 10.18565/aig.2023.32.

УДК 618.3-06

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У ЖЕНЩИН С ГСД И УГРОЗОЙ ПРЕРЫВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ ВО ВТОРОМ ТРИМЕСТРЕ

Н.В. Батрак², В.А. Афолина², А.И. Малышкина^{1,2}

¹ *Ивановский НИИ материнства и детства им. В.Н. Городкова,*

² *Ивановская государственная медицинская академия*

Аннотация. В ходе данного исследования обнаружено повышение уровня ТГ и ЛПНП как при изолированной угрозе прерывания беременности, так и в сочетании с ГСД, выявлено снижение содержания ЛПВП и повышение количества СЖК в сыворотке крови при сочетании ГСД и угрозы прерывания беременности. Кроме того, было обнаружено снижение концентрации Pref-1 и повышение - FABP4 у женщин, страдающих ГСД и угрозой прерывания беременности. Было выявлено снижение концентрации FAS в сыворотке крови у женщин с угрозой прерывания беременности и повышение его при наличии ГСД относительно женщин с угрозой прерывания беременности. Наличие ГСД повышает экспрессию мРНК PPAR-γ моноцитами у женщин во втором триместре гестации.

Ключевые слова: ГСД; угроза прерывания беременности; липидный обмен; триглицериды; липопротеиды низкой плотности; липопротеиды высокой плотности; свободные жирные кислоты; синтаза жирных кислот; преадипоцитарный фактор 1; белок, синтезирующий жирные кислоты 4; рецептор-активатор пролиферации пероксисом γ.

Заболеваемость гестационным сахарным диабетом (ГСД) имеет тенденцию к росту. В настоящее время все больше появляется сведений о нарушении липидного обмена при ГСД. Существуют исследования, свидетельствующие о прямой корреляции между степенью тяжести инсулинорезистентности и выраженностью нарушения метаболизма липидов (триглицеридов (ТГ), липопротеидов высокой (ЛПВП) и низкой плотности (ЛПНП), свободных жирных кислот (СЖК)) [1].

В настоящее время все больше внимания привлекают к себе менее известные маркеры липидных нарушений, такие как синтаза жирных кислот (FAS), преадипоцитарный фактор 1 (Pref-1); белок, связывающий жирные кислоты 4 (FABP4) и рецептор-активатор пролиферации пероксисом γ (PPAR-γ). FAS – фермент, функция которого заключается в катализе реакций синтеза жирных кислот. Pref-1 является трансмембранным белком и отвечает за предотвращение дифференцировки преадипоцитов в адипоциты. FABP могут обратимо связываться с гидрофобными лигандами, такими как насыщенные и ненасыщенные длинноцепочечные жирные кислоты, эйкозаноиды. В целом количество FABP в клетках пропорционально скорости метаболизма жирных кислот. Роль PPAR-γ заключается в регуляции энергетического гомеостаза, дифференцировки и функционирования адипоцитов, чувствительности клеток к инсулину и липидного обмена [4]. Наиболее частым осложнением беременности с ГСД является угрожающий выкидыш [2, 3].

Цель исследования – выявить изменения липидного обмена у женщин с ГСД и угрожающим поздним выкидышем на основании изменения концентрации ТГ, ЛПНП, ЛПВП, СЖК, FAS, FABP4, Pref-1 и экспрессии мРНК PPAR-γ моноцитами.

Исследование было проведено на базе клиники ФГБУ НИИ МиД им. В. Н. Городкова Минздрава России в г. Иваново. В исследование были взяты 105 женщин в сроке с 13 по 22

неделю беременности в возрасте 18–40 лет с одноплодной беременностью, наступившей без применения вспомогательных репродуктивных технологий. Они были разделены на три группы: в основную группу были включены 45 пациенток с ГСД и угрозой прерывания беременности, диагностированным одномоментно; в группу сравнения - 36 женщин с угрозой прерывания беременности; в контрольную группу вошли 24 пациентки с физиологическим течением беременности. В сыворотке крови, взятой из кубитальной вены до начала лечения, определяли концентрацию ТГ, ЛПНП, ЛПВП, СЖК. Кроме того, определяли концентрацию FAS, FABP4 и Pref-1 методом иммунофлуоресцентного анализа (ИФА). Экспрессию мРНК PPAR- γ моноцитами определяли методом полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Концентрация триглицеридов в сыворотке периферической крови была выше и в основной группе ($1,92 \pm 0,8$ ммоль/л и $1,22 \pm 0,56$ ммоль/л; $p < 0,001$), и в группе сравнения ($1,58 \pm 0,697$ ммоль/л и $1,22 \pm 0,56$ ммоль/л; $p = 0,03$) относительно контроля, но по этому параметру эти группы не отличались ($1,92 \pm 0,8$ ммоль/л и $1,58 \pm 0,697$; $p = 0,053$).

При оценке ЛПНП сыворотки периферической крови достоверные различия были получены и в основной группе ($4,04 \pm 0,83$ ммоль/л и $3,39 \pm 0,86$ ммоль/л; $p = 0,004$), и в группе сравнения ($3,97 \pm 0,99$ ммоль/л и $3,39 \pm 0,86$ ммоль/л; $p = 0,02$) относительно контроля, но между собой эти две группы не отличались ($4,04 \pm 0,83$ ммоль/л и $3,97 \pm 0,99$ ммоль/л; $p = 0,75$).

При анализе уровня ЛПВП выявлено, что самое высокое содержание было в контрольной группе, а самое низкое – в основной группе ($1,32 \pm 0,42$ ммоль/л и $1,55 \pm 0,47$ ммоль/л; $p = 0,049$). Статистически значимых различий между показателями контрольной группы и группы сравнения выявлено не было ($1,38 \pm 0,43$ ммоль/л и $1,55 \pm 0,47$ ммоль/л; $p = 0,17$).

Оценка СЖК в сыворотке периферической крови показала значимые различия у женщин основной группы и группы сравнения ($0,46 \pm 0,25$ мкмоль/л и $0,33 \pm 0,18$ мкмоль/л; $p = 0,01$).

При анализе показателей, полученных методом ИФА, установлено: концентрация Pref-1 в сыворотке периферической крови была самой низкой в основной группе, и статистически значимо отличалась от группы сравнения ($12,87 \pm 3,46$ нг/мл и $15,07 \pm 3,26$ нг/мл; $p = 0,01$).

Концентрация FABP4 была самой высокой в основной группе, и статистически значимо отличалась от показателей группы сравнения ($19,05 \pm 10,35$ нг/мл и $12,61 \pm 8,14$ нг/мл; $p = 0,006$), и от параметров контрольной группы ($19,05 \pm 10,35$ нг/мл и $13,48 \pm 4,73$ нг/мл; $p = 0,007$).

По показателю FAS были выявлены статистически значимые отличия между женщинами основной и контрольной групп ($1,64 \pm 0,85$ нг/мл и $2,41 \pm 1,02$ нг/мл; $p < 0,001$), а также группы сравнения и контрольной группы ($0,89 \pm 0,67$ нг/мл и $2,41 \pm 1,02$ нг/мл; $p = 0,005$). Кроме того, были получены статистически значимые отличия между женщинами основной группы и группы сравнения ($1,64 \pm 0,85$ нг/мл и $0,89 \pm 0,67$ нг/мл; $p < 0,001$).

Было установлено, что экспрессия мРНК PPAR- γ моноцитами периферической крови у женщин с угрозой прерывания беременности независимо от наличия эндокринной патологии была выше, чем у женщин контрольной группы ($0,65 \pm 1,71$ копий пар x 1000 и $0,015 \pm 0,017$ копий пар x 1000; $p = 0,01$). Были выявлены статистически значимые различия между показателями основной и контрольной групп ($0,72 \pm 1,95$ копий пар x 1000 и $0,015 \pm 0,017$ копий пар x 1000; $p = 0,044$). Экспрессия мРНК PPAR- γ моноцитами у женщин основной группы имела тенденцию к увеличению относительно женщин группы сравнения ($0,72 \pm 1,95$ копий пар x 1000 и $0,52 \pm 1,18$ копий пар x 1000; $p = 0,64$). Нами была отмечена тенденция к увеличению экспрессии мРНК PPAR- γ моноцитами в группе сравнения относительно контрольной группы ($0,52 \pm 1,18$ копий пар x 1000 и $0,015 \pm 0,017$ копий пар x 1000; $p = 0,08$).

Гипергликемия у женщин с ГСД ведет к увеличению атерогенных фракций липопротеинов, ТГ и СЖК, которые также усугубляют сформированную инсулинорезистентность. При гипергликемии повышается FAS и FABP4, которые способствуют синтезу жирных кислот, а Pref-1 снижает накопление липидов в адипоците, повышая инсулинорезистентность. Это свидетельствует о разнонаправленном действии данных молекул на регуляцию жирового обмена.

Литература:

1. Взаимосвязь липидного обмена и инсулинорезистентности при гестационном сахарном диабете / В. А. Афолина, Н. В. Батрак, А. И. Малышкина, Н. Ю. Сотникова // *Акушерство и гинекология*. 2022. № 7. С. 13–20. – DOI: 10.18565/aig.2022.7.13-20.
2. Малышкина А. И., Батрак Н. В., Афолина В. А. Оценка пищевого поведения, психоэмоционального состояния, качества жизни и факторов риска развития гестационного сахарного диабета у женщин с угрожающим поздним выкидышем. *Рос. вест. акушера-гинеколога*. 2023. 23 (6-2). Р. 155–161. – URL: <https://doi.org/10.17116/rosakush202323062155>.
3. Малышкина А. И. Факторы риска развития гестационного сахарного диабета при угрожающем позднем выкидыше во втором триместре гестации / А. И. Малышкина, В. А. Афолина, Н. В. Батрак // *Вест. Ивановской мед. акад.* 2023. Т. 28. № 3. С. 10–17. – DOI: 10.52246/1606-8157_2023_28_3_10.
4. Роль синтазы жирных кислот в развитии макросомии у женщин с гестационным сахарным диабетом и угрожающим поздним выкидышем, диагностированным во II триместре беременности / А. И. Малышкина, Н. Ю. Сотникова, Н. В. Крошкина [и др.] // *Акушерство и гинекология*. 2023. № 5. С. 84–91. – DOI: 10.18565/aig.2023.32.

УДК 616.893

МИКРОДОЗИНГ МУХОМОРА КРАСНОГО. ФОРМИРОВАНИЕ ШИЗОФРЕНОПОДОБНОГО РАССТРОЙСТВА НА ПРИМЕРЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

*Реверчук И.В.¹, Новиков А.П.², Чернова Н.А.²,
Кузьмина И.О.³, Мельникова Д.О.³, Чернов В.В.³*

¹ Балтийский федеральный университет им. И. Канта

² Сургутская клиническая психоневрологическая больница

³ Сургутский государственный университет

Аннотация. Становится популярным употребление мухомора красного с целью получения наркотического опьянения, а также так называемый «микродозинг мухоморов». Считается, что он обладает ноотропным, анальгезирующим эффектом и действует как растительный адаптоген. А также его используют для самолечения депрессивных и тревожных состояний и даже для лечения нейродегенеративных заболеваний. В данном обзоре проведена выборка исследований, сфокусированных на изучении механизма действия психоактивных веществ мухомора красного, а также представлен клинический случай.

Ключевые слова: микродозинг; мухомор красный; шизофреноподобное расстройство; депрессия; тревога; лечение.

Цель исследования: проверка гипотезы – возможности появления и обострения психической патологии при употреблении мухомора красного путем исследования выраженности нарушений на примере клинического случая.

Материалы и методы: проведен всесторонний анализ имеющихся данных об исследованиях мухомора красного в биологии, медицине и нейропсихологии.

Результаты: Анализ литературных данных, а также клинический случай указывает нам на несостоятельность «микродозинга» мухомора красного как средства «народной медицины» для получения анальгезирующего эффекта, а также для лечения депрессивных и тревожных расстройств. В первую очередь по причине отсутствия доказательно базы его эффективности в определённой дозировке. Во-вторых, по причине наличия риска появления острого психоза, проявления которого могут быть опасны как для употребившего, так и для его окружения.

Выводы: в ходе последующих исследований влияния мухомора красного на развитие психопатологической симптоматики должны быть установлены молекулярные механизмы, вовлеченные в формирование данного расстройства, роль продромальных явлений в диагностике состояния и наиболее эффективные виды терапии.

Введение. Современные ПАВ обладают высоким не только наркотическим, но и повышенным психотическим потенциалом. Об этом свидетельствует тот факт, что психозы возникали не только у лиц, имеющих симптомы наркоманической зависимости, но и у лиц, которые наркотики употребляли всего лишь эпизодически или однократно. В структуре интоксикационных психозов отмечались не только острые экзогенные реакции Бонгеффера, но и синдромы эндогенного регистра, что некоторые современные психиатры обозначают как «шизофренизация» интоксикационных психозов [1]. Науке известно большое число психоактивных веществ, которые могут приводить к острым психозам. Имеются данные об остром шизофреноподобном расстройстве при абстинентном синдроме вследствие

употребления алкоголя [2], при употреблении дизайнерских наркотиков [3], кокаина [4], амфетамина [1], а также псилоцибиновый синдром имеет определенное сходство с проявлениями шизофрении [5].

Сейчас становится все более популярным употребление мухомора красного с целью получения наркотического опьянения, а также так называемый «микродозинг мухоморов». Считается, что он обладает ноотропным, анальгезирующим эффектом и действует как растительный адаптоген. А также его используют для самолечения депрессивных и тревожных состояний [6, 7], и даже для лечения нейродегенеративных заболеваний. На данный момент товарооборот мухоморов красных никак не регламентируется и становится популярным приобретение грибов на маркетплейсах.

Основными психоактивными веществами мухомора красного являются мусцимол и иботеновая кислота [8]; эти вещества активно абсорбируются в кишечнике. Проходят гематоэнцефалический барьер благодаря системе активного транспорта. Иботеновая кислота может декарбоксилироваться в мусцимол в желудке, печени и головном мозге. Иботеновая кислота реализует токсический эффект как частично обратимый агонист NMDA-ионотропов. Полулетальная доза иботеновой кислоты для крыс составляют 42 мг/кг внутривенно и 129 мг/кг внутрижелудочно, для мышей – 15 мг/кг внутрибрюшинно и 38 мг/кг внутрижелудочно [9]. Мусцимол – сильный агонист ГАМКА-рецептора и частичный агонист ГАМКС- рецептора, ингибирует нейрональные и глиальные ГАМК-каналы. Галлюциногенный эффект, производимый мусцимол, наиболее близок к галлюциногенным побочным эффектам от лекарственных средств ГАМК, таких как небензодиазепиновый снотворный препарат золпидем [10]. Мусцимол обладает высоким аддиктивным потенциалом, то есть определяет риск возникновения зависимости. Полулетальная доза мусцимола для крыс составляет 4.5 мг/кг при внутривенном и 45 мг/кг при внутрижелудочном введениях, для мышей при внутрибрюшинном введении – 2.5 мг/кг, для кролика при внутрижелудочном – 10 мг/кг [9].

Прием мухомора красного или его психоактивных веществ вызывает циклически развивающуюся клиническую картину, где каждый цикл обычно включает сначала фазу возбуждения, затем фазу угнетения активности центральной нервной системы. Это объясняется тем, что иботеновая кислота, действуя на рецепторы глутаминовой кислоты в ЦНС, производит возбуждающее действие, а мусцимол, действуя на рецепторы гамма-аминомасляной кислоты, оказывает угнетающее действие. Смена фаз происходит в результате декарбоксилирования иботеновой кислоты, а, следовательно, ее превращения в мусцимол [11].

В России не проводились клинические исследования микродозинга мухомора красного. Но в научной литературе описан клинический случай систематического употребления мухомора красного без признаков психической и аддиктивной патологии [12]. Целью исследования является проверка гипотезы – возможности появления и обострения психической патологии при употреблении мухомора красного путем исследования выраженности нарушений на примере клинического случая.

Основная часть. Пациент Б., 45 лет, родился в Казахстане, в полной семье старшим из 3-х детей, есть младшие брат и сестра. Наследственность психопатологически отягощена злоупотреблением алкоголя у отца. Рос и развивался соответственно возрасту. Детский сад посещал с 3-х лет. В раннем детстве себя описывает как послушного ребёнка, предпочитал спокойные игры, любил собирать конструкторы. В возрасте 6 лет переехал с родителями на постоянное место жительства в Россию. В школу пошел в 7 лет, до 6 класса учился на «отлично», позже успеваемость несколько снизилась. Любимые предметы в школе: физика, химия, география; нелюбимые: русский язык, литература. В 6 классе произошёл конфликт с учителем иностранного языка, который утверждал, что Б. срывал уроки. Сам пациент это отрицал, но родители не поверили ему и «приняли сторону учительницы», имея «обострённое чувство справедливости» Б. разочаровывается в родителях. Себя характеризует как общительного и дружелюбного ребенка. Окончил 11 классов среднеобразовательной школы.

Окончив лицей, получил специальность «радиомеханик по ремонту и обслуживанию бытовой и радиотелевизионной аппаратуры». В армии служил с 1998 по 2000 гг. (19-21 год) в морской части пограничных войск. После армии работал по специальности. По настоящее время работает мастером по производству. С супругой познакомились «до армии», «а когда вернулся – поженились». Неоднократно изменял жене, но считает, что: «Это было не серьёзно, по-настоящему люблю я только её». Разведен по причине измен с 2008 года. На развод отреагировал спокойно «Чего мне переживать? Она же развелась со мной, а не я с ней». Через 3 года помирился с бывшей супругой, в настоящее время проживает с ней и детьми (19 и 8 лет). В 2020 году мать Б. умерла от сахарного диабета, «отец винил меня в смерти матери», так как «она переживала за сына», брат и сестра поддержали отца, «обиделись» и прекратили общение с Б. Сам Б. к смерти матери отнёсся спокойно. Судимости отрицает. Из хронических заболеваний: хронический полиартрит. Туберкулез, сахарный диабет, венерические заболевания, ЧМТ отрицает. Аллергоанамнез не отягощен.

Обращается в психиатрическую больницу впервые. Алкоголь впервые попробовал в 14 лет, в компании друзей. После первой пробы употребление носило эпизодический характер. Выпивал по праздникам, со слов, «только в компании». Позже сформировался абстинентный синдром, который был представлен психическими и соматоневрологическими расстройствами: слабостью, внутренним дискомфортом, тремором тела, тягой к алкоголю, сниженным настроением, раздражительностью, бессонницей. Рвотный рефлекс утрачен. Со слов, на протяжении длительного времени злоупотреблял алкоголем - выпивал практически ежедневно, но с 2016 года (38 лет) употребление алкоголя категорически отрицает. С 16 лет курит сигареты, по 10 штук в день. Каннабис в первый раз попробовал в 25 лет в компании друзей. В дальнейшем употреблял регулярно, от еженедельного до ежедневного курения «конопли». После 40 лет употребление каннабиса отрицает. Однократно в 35 лет пробовал «соль» и героин в компании, эффектом был недоволен, в дальнейшем их употребление отрицает. В 2021 году после укуса клеща перенёс менингит. В этом же году выставлен диагноз остеохондроз поясничного отдела позвоночника, межпозвонковая грыжа L5-S1, после курса лечения (кеторол, ибупрофен) эффекта не отмечал. В поисках купирования боли нашёл видео на YouTube «о пользе и вреде мухомора». Летом 2021 года начал практиковать «микродозинг мухоморов», самостоятельно собирал мухоморы красные в летний сезон, сушил и употреблял в течение года, с периодичностью: 2 месяца употребления, 1 месяц перерыв. В течение двух последних месяцев: 2 дня употребления, 3 дня перерыв. Употреблял по 1-2 шляпке гриба перед ужином. На фоне приёма мухоморов добился анальгезирующего эффекта, ощущал прилив сил, ясность мыслей, увеличение работоспособности, улучшение качества сна, появление чувства озарения, «открывается интуиция – лучше чувствуешь людей, о чём они думают», но при превышении привычной дозировки испытывал слабость и сонливость.

Последнее ухудшение состояния, со слов пациента, в течение нескольких дней, связывает с изменением способа и кратности употребления мухомора красного. Б. начал добавлять 1-2 сушёные шляпки мухомора в чай 3-4 раза в день. Объяснил это тем, что «хотел что-то понять». В состоянии наркотического опьянения появились слуховые галлюцинации в виде женских и мужских голосов, сначала в виде «окликов», затем, периодически, голоса стали говорить «что-то», «иногда предупреждали о том, что жена делает что-то неправильно». На голоса внимания не обращал. Появилось постоянное ощущение тревоги, нависшей угрозы, со слов стал получать СМС с незнакомых номеров, считал, что в них содержатся «намёки», которые угрожали потерей семьи, в связи с чем «утопил телефон». 19.06.2023 года находился дома с младшим сыном, накануне, в этот день употребил мухомор, днем стал слышать голоса – «один с балкона, второй откуда-то сверху», которые говорили «очень страшные вещи». Пациент Б. считал, что сын его испугался, так как он сбрил бороду. Со слов, после этого «распсиховался и вскрыл себе вены», «не хотел жить, так как люди не верят ни во что, кроме денег». После чего был доставлен в травматологическую больницу, проведена ПХО раны, шов сухожилий

предплечья. После операции в палате вел себя странно, высказывал мысли о том, что что-то может произойти, ощущал угрозу от соседа по палате, постоянно озирался, не спал. О событиях тех дней остались обрывочные воспоминания. Объективный статус

Соматический статус: Общее состояние удовлетворительное. Среднего роста, правильного телосложения, пониженного питания. Кожные покровы обычной окраски, влажные, на обоих предплечьях повязки – слева гипсовая, справа бинтовая. Склеры несколько инъецированы. Язык влажный, покрыт серым налетом. Дыхание везикулярное, хрипов нет. Тоны сердца ритмичные. АД 120/80 мм. рт. ст. т-36.7. ЧСС 84. Живот мягкий, симптомов раздражения брюшины нет. Стул и диурез физиологичны.

Неврологический статус: без грубой очаговой, общемозговой и менингеальной симптоматики. Реакция зрачков на свет сохранена. Координаторные пробы выполняет. Легкий тремор пальцев рук.

Психический статус: Сознание ясное. На беседу соглашается пассивно. Ориентирован верно во всех сферах психической деятельности. Внешне выглядит несколько небрежно, взгляд исподлобья. Голос лишён эмоциональных модуляций. В начале беседы держится настороженно, подозрителен. В своих переживаниях не раскрывается. Ответы на вопросы односложно, неохотно. Мимика вялая, напряженная. Настроение резко снижено. Мышление паралогичное, крайне противоречиво в суждениях и заявлениях. Рассказывает, что стал получать СМС с незнакомых номеров, считал, что в них содержатся "намёки", которые угрожали потерей семьи. Слышал женские и мужские голоса угрожающего характера. Более подробно своих переживаний не раскрывает. В конце беседы становится более доступным, рассказывает, что совершил суицидальную попытку, «так как люди не верят ни во что, кроме денег». Во время беседы с врачом обнаруживает галлюцинаторную симптоматику: озирается по сторонам, к чему-то прислушивается. Анамнестические сведения о себе сообщает скудные. Причину поведения объяснить не может. Критика к своему состоянию не сформирована.

Заключение по результатам патопсихологического обследования отмечается преобладание мотивационных нарушений. Мышление выявляет признаки искажения процессов обобщения, склонность к резонерству, снижение критичности. Динамика психических процессов неустойчива. По результатам СМОЛ-минимум выявляется преобладание шизоидных, психастенических и гипоманийных тенденций. В сочетании шкал определяется ощущение особости или неповторимости своей личности и тревогу по поводу недостаточного признания этой личности окружением, что может сопровождаться и выявлять депрессивные тенденции.

По результатам лабораторных исследований в моче (таблица 1,3) и ногтях (таблица 3) пациента не выявлено психоактивных веществ, помимо тех, что были по показаниям введены в травматологической больнице. Биохимический анализ крови (таблица 2) указывает на отсутствие токсического действия мухомора красного на внутренние органы.

Таблица 1.

Обнаружение этилглюкуронида (ETG)
методом высокоэффективной жидкостной хроматографии
с масс-селективным детектированием № 3194 (30.06.2023 14:25)

№ Химико-токсикологические исследования	3194
Дата проведения ХТИ	27.06.2023
№ направления	236
Дата поступления материала	20.06.2023
Код биологического объекта	011130
Биологический объект	моча
Этилглюкуронид (ETG)	Не обнаружено на уровне предела обнаружения используемого метода

Таблица 2.

Биохимический анализ крови №18 (20.06.2023 14:41)

Отклонения	Тест	Значение	Ед. измерения	Норма
	Общий белок	81,0	г/л	64-83
!	Креатинин	58,0	мкмоль/л	62-115
	Мочевина	5,0	ммоль/л	2,2-7,2
	Общий билирубин	7,2	мкмоль/л	0,1-20
	Прямой билирубин	4,0	мкмоль/л	0,1-9
!	Триглицериды	3,62	ммоль/л	0,1-1,7
!	Холестерин	8,2	ммоль/л	0,5-5,2
	АЛТ	19,0	МЕ/л	5-45
	АСТ	30,0	МЕ/л	5-35
!	Амилаза	113,0	МЕ/л	25-100
	Альбумин	44,8	г/л	35-52
	ГТП	38,0	ед/л	2-55
!	ЛДГ	477,0	ед/л	20-450

Таблица 3.

Исследование мочи на психоактивные вещества
– подтверждающий метод хроматомасс-спектрометрия № 3194 (30.06.2023)

№ Химико-токсикологические исследования	3194
Дата проведения ХТИ	27.06.2023
№ направления	236
Дата поступления материала	20.06.2023
Код биологического объекта	011130
Биологический объект	ногти, моча
Обнаружены	анальгин, диазепам, нордазепам, 2-амино-5-хлорбензофенон
Концентрация обнаруженных веществ	на уровне предела обнаружения используемого метода

Проведённое лечение: острая симптоматика купировалась в течение 5 дней назначением интенсивной инфузионной терапии и парентерального введения типичных нейролептиков. Но в течение месяца сохранялись остаточные бредовые идеи, которые окончательно редуцировались при помощи дофаминоблокирующего влияния атипичных нейролептиков.

Обсуждение. Приведённый выше клинический случай является одним из примеров использования в качестве эксперимента на себе употребления мухомора красного в соответствии со стратегией микродозинга. Во время обследования данного пациента не было обнаружено признаков зависимости. Из анамнеза пациента известно, что данное употребление грибов в настоящее время остается легальным и ответственность за приобретение, хранение и перевозку данных веществ не предусматривает уголовное наказание. Но современные литературные данные об употреблении грибов в микродозах («несколько грамм») для купирования симптомов депрессии и стимуляции мозговой деятельности в настоящее время не подтверждены клиническими исследованиями.

Данный клинический случай может вызвать спорный вопрос о подозрении на психотическое расстройство, вызванное воздействием галлюциногенов, но по данным анамнеза и осмотра нет признаков аддикции.

Психотические симптомы не предшествовали началу употребления и редуцировались в течение месяца в стационарных условиях, отсутствовал продромальный период, что даёт нам возможность исключить первый эпизод шизофрении.

Психотическое расстройство, развившееся у пациента Б., по нашему мнению, может представлять особую форму шизофреноподобного расстройства, о чем свидетельствуют следующие проявления согласно Международной классификации болезней 11 пересмотра (МКБ-11): бредовые расстройства, дезорганизация мыслительных процессов, аффективно-волевые нарушения без предшествующего продромального периода, возникшее впервые.

Дальнейшее наблюдение может способствовать оценке психического состояния и правильности диагностической гипотезы.

Данный случай Б. является одним из примеров использования в качестве эксперимента на себе употребления мухомора красного в соответствии со стратегией микродозинга. Во время обследования данного пациента не было обнаружено признаков зависимости. Из анамнеза пациента известно, что данное употребление грибов в настоящее время остается легальным и ответственность за приобретение, хранение и перевозку данных веществ не предусматривает уголовное наказание. Но современные литературные данные об употреблении грибов в микродозах («несколько грамм») для купирования симптомов депрессии и стимуляции мозговой деятельности в настоящее время не подтверждены клиническими исследованиями.

Заключение. Данный клинический случай указывает нам на несостоятельность «микродозинга» мухомора красного как средства «народной медицины» для получения анальгезирующего эффекта, а также для лечения депрессивных и тревожных расстройств. В первую очередь по причине отсутствия доказательно базы его эффективности в определённой дозировке. Во-вторых, по причине наличия риска появления острого психоза, проявления которого могут быть опасны как для употребившего, так и для его окружения.

В ходе последующих исследований влияния мухомора красного на развитие психопатологической симптоматики должны быть установлены молекулярные механизмы, вовлеченные в формирование данного расстройства, роль продромальных явлений и наиболее эффективные виды терапии. К факторам, усложняющим диагностику, относятся наблюдение данных пациентов у специалистов смежных специальностей.

На основании проанализированных исследований можно сделать вывод: в настоящее время, «микродозинг красного мухомора», оставаясь малоизученным, открывает новые возможности диагностики и лечения.

Литература:

1. Хорошилов Г. П., Худяков А. В. Интоксикационные психозы, связанные с употреблением современных психоактивных веществ // ПМ. 2015. №5.
2. Хрящев А. В., Петракова А. В., Ягупова Н. Х. К вопросу о шизофреноподобных психозах у больных с синдромом зависимости от алкоголя. Астраханский медицинский журнал. 2012. 7 (3). С. 195–199.
3. Дубатова И. В., Стоякин И. В., Карнаух К. А. [и др.]. Анализ клинических проявлений и особенности терапии психотических расстройств у потребителей дизайнерских наркотиков. Главный врач Юга России. 2018. 1 (59). С. 52–56.
4. Дмитриева Т. Б., Игонин А. Л., Клименко Т. В. [и др.]. Психотические состояния, вызываемые злоупотреблением кокаином, другими стимуляторами, галлюциногенами и летучими растворителями // Наркология. 2003. № 2. Т. 2. С. 15–20.
5. Moldavan M., Grodzynska G. A., Vassер С. П. [и др.]. Нейротропное действие микромицетов. 2012.
6. Гореликов М. А. Красный мухомор в современной медицине // Клиническая медицина и фармакология. 2022. Т. 8. № 4. С. 41–44. – DOI: 10.12737/2409-3750-2023-8-4-41-44.
7. Meade E., Hehir S., Rowan N., Garvey M. Mycotherapy: Potential of Fungal Bioactives for the Treatment of Mental Health Disorders and Morbidities of Chronic Pain. Journal of fungi (Basel, Switzerland). 2022. 8(3). 290 с. – URL: <https://doi.org/10.3390/jof8030290>.

8. Benjamin D. R. *Mushrooms: poisons and panaceas – a handbook for naturalists, mycologists and physicians*. NY: W. H. Freeman & Company, 1995. P. 306–307.

9. Ховпачев А. А., Вадим А. Б., Сергей В. Ч., Волобуев С. В., Юдин М. А., Гоголевский А. С., Никифоров А. С., Калинина Л. Б., Тюнин М. А. Современные представления о токсинах высших грибов: простые азотсодержащие соединения // *Успехи современной биологии*. 2020. Т. 140. № 4. С. 378–394. – DOI: 10.31857/S0042132420040092.

10. Dionisio L., José De Rosa M., Bouza C., Esandi M. del C. An intrinsic GABAergic system in human lymphocytes. *Neuropharmacology*. 2011. 60 (2–3). P. 513–519. – DOI: 10.1016/j.neuropharm.2010.11.007.

11. Гордеева О. В. Психологические эффекты мухомора красного (*Amanita muscaria*) // *Сибирские исторические исследования*. 2017. № 2. P. 152–183.

12. Менделевич В. Д., Коновалова В. Н., Галиуллина Г. М., Галиуллина Л. К. Систематическое употребление ЛСД, мефедрона и красного мухомора без признаков психической и аддиктивной патологии. Случай Дарьи Д. // *Неврологический вестник*. 2022. Т. LIV. № 4. С. 71–78. – DOI: 10.17816/nb119537.

УДК 614.2

СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ, ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ

Симонова В.Г.

Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

Аннотация. Работа посвящена проблеме влияния психоэмоциональных факторов риска на развитие сердечно-сосудистых заболеваний; рассматривается статистика сердечно-сосудистых осложнений на фоне тревожных расстройств, а также поясняется актуальность и значимость данного фактора риска в современных условиях.

Ключевые слова: тревожные расстройства; стресс; фактор риска; сердечно-сосудистые заболевания.

Актуальность профилактики и выделение факторов риска в развитии сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) определяется их первенством по снижению демографических показателей населения многих стран. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), сердечно-сосудистые заболевания являются причиной примерно 17,9 миллионов смертей ежегодно, что составляет 31% всех смертей в мире. Согласно данным Росстата, болезни системы кровообращения стали главной причиной смертности в РФ за 2020 год (32,6 % среди мужчин и 23,3 % среди женщин от общего числа умерших) [1, с. 24]. Данная тревожная статистика подчеркивает настоятельную необходимость повышения осведомленности и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Целью работы является систематизация актуальных представлений о психосоциальных факторах риска в развитии сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений. Методом исследования является анализ актуальной отечественной и зарубежной научной литературы и обобщение материалов конференций Российского сообщества кардиологов и психиатров.

Рост факторов риска (ФР) влияет на увеличение бремени ССЗ в мире. Одним из значимых факторов, при этом, является стресс. Несмотря на это, лишь немногие доктора и пациенты уделяют должное внимание данному фактору. В России, в течение 2022–2023 гг., уровень тревожности стабильно высок, что объясняется множеством социальных, биологических и психических факторов. Отсюда, большое значение приобретает изучение психосоциальных факторов, способных улучшить ситуацию с заболеваемостью и течением ССЗ.

По результатам опроса российского сообщества психиатров, в котором приняли участие более 1000 врачей из 75 регионов РФ, 59,4% пациентов предъявляют жалобы на тревогу и / или тревожные переживания. Предположительно, реальная распространенность ТР в РФ в десятки раз выше, чем количество зафиксированных случаев, из-за недостаточного количества обращений за помощью и низкой выявляемостью расстройств специалистами [2].

Распространенность тревожных расстройств (ТР) у пациентов с артериальной гипертензией (АГ) и/или ишемической болезнью сердца (ИБС) составляет 50–60%. У пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) вероятность развития тревоги и депрессии составляет до 80% [3, с.13; 4, с. 47–58]. Стресс и ТР – являются самостоятельными ФР неблагоприятного течения и развития сердечно-сосудистой патологии.

Наличие депрессии и тревоги на фоне стресса, увеличивают вероятность развития инфаркта миокарда (ИМ) в 2,7 раза (не учитывая традиционные факторы риска:

дислипидемия, ожирение, СД и др). Риск развития ИБС и ИМ почти в 2 раза выше у лиц с ТР, чем у населения, не имеющего аффективных расстройств. Вероятность ишемического инсульта у пожилых людей с АГ и выраженными тревожными симптомами в 2,7 раза выше, чем у больных с АГ и без соматизированной тревоги [5, с. 266]. На сегодняшний момент общепризнанный, не только в Европейских, но и в Российских национальных рекомендациях по кардиоваскулярной профилактике в 2022 году обязательный пункт о тревожных состояниях. Тревожные состояния – независимый фактор риска развития ССЗ, неблагоприятных исходов и смерти от ССЗ. Кроме того, лица, страдающие расстройствами в психоэмоциональной сфере, умирают, в среднем, на 20 лет раньше, чем население в целом, и, в подавляющем большинстве случаев, причиной смерти становятся ССЗ [6].

ТР провоцируют гиперактивность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы и активируют симпатическую нервную систему, что повышает образование катехоламинов, кортизола, кортикостероидов и цитокинов. В высоких концентрациях эти вещества нарушают липидный обмен и свертываемость крови, способствуют развитию резистентности к инсулину, вызывают дисфункцию эпителия и повышение тонуса сосудов, что является благоприятной основополагающей для развития ССЗ – атеросклероза, аритмии, АГ, ИБС [7, 8].

Проблема взаимосвязи ТР и ССЗ особо актуальна, что связано с недостаточной осведомленностью о возможности лечения подобных состояний. Несмотря на наличие эффективных методов лечения ТР, к нему прибегают лишь четверть нуждающихся [9]. Снижение данного ФР на этапе общей медицины значительно снизит риск развития ССЗ.

Психосоциальные ФР отягощают течение ССЗ, повышают риск ССО и смерти, существенно снижают приверженность больных к лечению, ухудшают их качество жизни, увеличивают риск инвалидизации и расходы системы здравоохранения. Предпринимая профилактические меры, управляя факторами риска и используя достижения в лечении, можно снизить распространенность и воздействие ССЗ. Необходимо уделять приоритетное внимание здоровью сердечно-сосудистой системы и продвигать осведомленность, исследования и инициативы общественного здравоохранения для борьбы с этой глобальной эпидемией.

Литература:

1. Здравоохранение в России. 2021: Стат. сб. М.: Росстат, 2021.
2. Незнанов Н. Г., Мартынихин И. А., Мосолов С. Н. Диагностика и терапия тревожных расстройств в РФ: результаты опроса врачей-психиатров. М.: АСТ, 2020. 432 с.
3. Карпухин И. Б. Влияние аффективных расстройств на течение кардиоваскулярной патологии // Возможности терапии. М., 2018. № 2.
4. Погосова Н. В., Бойцов С. А., Оганов Р. Т. [и др.]. Клинико-эпидемиологическая программа изучения психосоциальных факторов риска в кардиологической практике у больных с артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца (КОМЕТА): первые результаты рос. многоцентрового исследования // Кардиология. М., 2018. № 1. С. 47–58.
5. Давыдов А. Т., Литвинцев С. В., Будко Д. Ю. [и др.]. Опыт диагностики и лечения тревожного расстройства в постинсультном периоде у больных, перенесших ишемический инсульт // РМЖ. М., 2008. № 5. Т. 16. С. 266–269.
6. Нэнси Х. Лью, Гейл Л. Домит, Тарун Дуа [и др.]. Избыточная смертность у лиц с тяжелыми психическими расстройствами: многоуровневая структура вмешательства и приоритеты для клинической практики, политики и исследовательских программ. 2017. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5269481>.
7. Хныченко Л. К. [и др.]. Стрессорные воздействия в патогенезе сахарного диабета, инсулинорезистентность. СПб.: НИИ эксп. медиц. РАМН, 2008. С. 18–25.
8. GBD Results Tool. В: Global Health Data Exchange. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation, 2019.

Научное издание

НАУКА И ИННОВАЦИИ XXI ВЕКА

*Сборник материалов
X Всероссийской конференции молодых ученых*

Часть 2. Естественные науки

Редактор А.А. Исаев

БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Сургут, пр. Ленина, 1.
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29