

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ АРКТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Мурманск, 6–9 апреля 2015 г.)

Мурманск
Издательство МГТУ
2015

УДК 001: [5+62] (08)

ББК 20+3я431

Н34

Редакционная коллегия:

С. В. Власова, д-р филос. наук, доцент;

М. А. Волков, канд. физ.-матем. наук, доцент (ответственный за выпуск);

В. С. Малышев, канд. техн. наук, доцент;

Н. Н. Морозов, д-р техн. наук, профессор;

О. А. Федорова, канд. техн. наук, доцент;

И. В. Ходяков, канд. техн. наук, доцент

Н34 Наука и образование в Арктическом регионе : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 6–9 апреля 2015 г. / Федер. гос. бюджетное образоват. учреждение высш. проф. образования «Мурм. гос. техн. ун-т». – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – 304 с.

ISBN 978-5-86185-869-4

В сборнике опубликованы доклады участников Международной научно-практической конференции «Наука и образование в Арктическом регионе», которая состоялась 6–9 апреля 2015 г. в Мурманском государственном техническом университете.

Издание предназначено для научных, научно-педагогических работников, докторантов, аспирантов, специалистов, ведущих научные исследования по направлениям работы конференции.

УДК 001: [5+62] (08)

ББК 20+3я431

ISBN 978-5-86185-869-4

© Мурманский государственный
технический университет, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АРКТИКЕ	6
Формирование продольных электрических полей в авроральных структурах в холодной ионосферно-магнитосферной плазме	
Волков М. А.	7
Трехкомпонентный ОНЧ приемник с прецизионной синхронизацией с мировым временем	
Никитенко А. С., Пильгаев С. В., Федоренко Ю. В., Филатов М. В., Ларченко А. В., Лебедь О. М.	14
Определение параметров анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F-области среднеширотной ионосферы	
Романова Н. Ю.	21
МОРСКОЕ НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО	28
О некоторых конструктивных особенностях резервуара для хранения сжиженного природного газа	
Герасимова О. В.	29
Пути решения нескольких проблем, возникающих при строительстве морского участка нефтегазового трубопровода	
Герасимова О. В.	35
Оптимизация жесткости в задаче термоупругости для прямоугольной ребристой ортотропной пластинки при изгибе	
Дарбинян А. З.	40
Сланцевый газ – мифы и реальность	
Клименко Н. П.	46
Подход к решению некоторых задач в нефтегазовом секторе	
Коротаев Б. А.	52
Мониторинг строения, состава и свойств грунтовой толщи при строительстве подводного перехода газопровода Бованенково-Ухта через Байдарацкую губу Карского моря	
Рокос С. И.	58
Измерение давления подводного фонтанирования на примере выброса газа в Печорском море	
Рокос С. И., Глазов В. А., Новосёлов А. Е.	63
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	68
Анализ показателей дополнительного профессионального образования на примере 2013 года	
Александрова Е. А.	69
Формирование ключевых компетенций современного инженера	
Луковкин С. Б., Хохлова Л. И.	74
Развитие морского образования в России: исторический аспект	
Михайлюк А. В.	80
Мониторинг уровня математических знаний у будущих морских инженеров	
Радионовская Т. И.	87

Решение дифференциальных уравнений в учебном вычислительном эксперименте средствами математического онлайн Интернет-сервиса WolframAlpha Шиян А. Ф., Шиян Н. В.	92
Электроэнергетическое образование в современной России Власова С. В.	99
ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО.....	106
Разработка жаростойкого бетона на дегидроксилированном вермикулитовом заполнителе Бастрыгина С. В., Конохов Р. В.	107
Исследование влияния армирования грунта на совместную работу стальной П-образной рамы с песчаным основанием Антонов В. М., Евдокимцев О. В., Козлов А. А., Кузина А. А.	112
Комплексное использование побочных продуктов обогащения угля Белогурова Т. П., Цырятьева А.	116
Жесткость железобетонного изгибаемого элемента в процессе его эксплуатации с трещинами Котов А. А.	121
Оценка мигматизированных гнейсов проявления лисья гора как сырья для производства строительного камня Лащук В. В., Глушенков А. А., Усачева Т. Т.	131
Блочные теплоизоляционные материалы из кремнеземсодержащего техногенного сырья Манакова Н. К., Суворова О. В.	139
Химическая активация пенобетона формиатом кальция Мусафирова Г. Я., Якусевич В. В., Зеленко А. В., Рублик Ю. И.	144
К вопросу контроля качества строительных материалов и изделий из бетона Пак А. А.	149
Влияние кремнеземсодержащих добавок на свойства магниезальных вяжущих Тюкавкина В. В., Касиков А. Г., Гуревич Б. И., Майорова Е. А.	157
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ.....	161
Химический мониторинг атмосферных выпадений в Кольском регионе Евтюгина З. А., Горбачева Т. Т.	162
Обработка осадков сточных вод микроволновым излучением Крашевская А. А., Гапоненков И. А., Федорова О. А.	168
Модели и методы информационного управления экологической безопасностью арктических коммуникаций Маслобоев А. В.	175
Выделение внеклеточных полимерных веществ из биомассы избыточного активного ила Мошняцкая Е. Ю., Васильева Ж. В.	180
Приоритетные патенты в области биосенсорного мониторинга Поливцева Е. И., Гудимов.	186
Применение гидроботанического способа доочистки сточных вод в северных условиях Трышкин М. В., Третьякова С. Ю.	190

Современные подходы к управлению качеством атмосферного воздуха в арктической зоне РФ	
Хардикова Р. И.	195
О правовом регулировании защиты морской среды Арктики от нефтяных загрязнений	
Харченко Э. Ю., Попова Е. В.	201
Коллоидно-химические свойства ферментативных белковых гидролизатов из отходов рыбопереработки	
Широнина А. Ю., Деркач С. Р., Новиков В. Ю.	209
Применение осадков сточных вод и компостов в различных областях сельского хозяйства	
Яшкина А. А., Федорова О. А.	212
ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ.....	215
Энергосбережение в системе воздухообеспечения на основе применения регулируемого электропривода	
Авдюнин Е. Г., Шурыгин А. М., Малышев В. С., Шурыгин М. Н.	216
Повышение эффективности системы воздухообеспечения на основе применения электроприводов с контуром фазовой синхронизации	
Авдюнин Е. Г., Шурыгин А. М., Малышев В. С., Шурыгин М. Н.	223
Инвентаризация выбросов отработавших газов от дизельных двигателей	
Баринов А. С., Малышев В. С.	230
Применение различных источников света для облучения растений	
Блаженкова А. А.	235
Задержка движения, как показатель оценки функционирования УДС	
Гусев Е. С., Малышев В. С.	240
Учебно-исследовательский стенд для измерения расходов рабочих сред и исследования процессов теплообмена	
Зимнухов Е. Н.	243
Исследование причин аварийного повреждения котлов КВГ-3Д	
Малышев В. С., Зимнухов Е. Н., Пантилеев С. П.	248
Оценка эффективности светодиодных ламп, применяемых для организации светокультуры растений	
Мертенс Я. Р., Цикота В. В.	265
Комплексный подход для применения водо-угольного топлива (ВУТ) в муниципальных котельных Мурманской области	
Пантилеев С. П., Шмуль А. В.	268
Снижение окислов серы и азота в продуктах сгорания паровых мазутных котлов	
Пантилеев С. П., Пентин С. К.	276
Методы повышения эффективности работы контура удаления влаги из биотоплива отопительной котельной	
Прохоренков А. М., Овсейчик А. В.	284
Повышение энергоэффективности судна за счет модернизации системы вентиляции	
Селюгин В. Н.	290
Метод контроля ответственных болтовых соединений	
Сергеев К. О., Жуков А. С.	296
Вибродиагностика форсунок дизельных двигателей большегрузных автомобилей	
Сергеев К. О., Жуков А. С.	302

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В АРКТИКЕ**

Формирование продольных электрических полей в авроральных структурах в холодной ионосферно-магнитосферной плазме

Волков М. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра общей и прикладной физики, e-mail:volkovma@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе рассмотрено формирование двумерных авроральных структур в холодной ионосферно-магнитосферной плазме в условиях конвекции. Неоднородность конвекции приводит к появлению токов поперек и вдоль магнитных силовых линий. Продольные токи, текущие из ионосферы в магнитосферу, приводят к возникновению обратной положительной связи между магнитосферно-ионосферными возмущениями. Электроны ускоряются в ионосферу продольными электрическими полями инерционной альвеновской волны.

Abstract. The formation of the two-dimensional electric field structures in the cold ionosphere magnetosphere plasma under convection is considered. The convection inhomogeneity leads to the currents across and along the magnetic field lines. The field-aligned currents flowing from the ionosphere into the magnetosphere are creating positive feedback between magnetospheric and ionospheric perturbations. The electrons have been accelerated into the ionosphere by the electric field of the inertial Alfvén wave.

Ключевые слова: ионосфера, авроральная дуга, продольные токи.

Key words: ionosphere, auroral arc, field-aligned currents.

1. Введение

В ряде работ предсказаны механизмы обратной связи между движущейся плазмой в магнитосфере и ионосфере. Даже в случае холодной плазмы из-за столкновений с нейтральными частицами в ионосфере возникают возмущения электрического и магнитного полей. В холодной плазме они распространяются вдоль магнитного поля из ионосферы в магнитосферу в форме альвеновской волны. Из-за поляризационных токов на краях области возмущения возникают продольные токи, направленные вдоль магнитного поля. Продольные токи могут приводить к возникновению продольного электрического поля ускорению и высыпанию электронов в ионосферу. Эта обратная связь может стать положительной и привести к нарастанию возмущений. Из возможных механизмов возникновения

продольного электрического поля используем механизм, связанный с инерцией электронов. Исследования обратной связи проводятся, как правило, в приближении малых возмущений. Но даже в этом случае более точное решение этой задачи получается при использовании только численных методов. Это связано с достаточно неоднородным профилем альвеновской скорости вдоль магнитной силовой линии [1]. В настоящей работе получена полная система уравнений для описания двумерного аврорального возмущения и выполнены модельные расчеты.

2. Описание ионосферы

Используем прямоугольную систему координат, ось y направим на запад, ось x к югу, ось z – вниз, вдоль магнитного поля (Северное полушарие). Будем рассматривать двумерные возмущения, зависящие от x и z , т. е. $\partial/\partial y=0$.

Уравнение непрерывности для электронов с учетом процессов ионизации и рекомбинации имеет следующий вид:

$$\partial n/\partial t + \partial(nv_{ex})/\partial x = -\gamma/e \partial j_z/\partial z - r(n^2 - n_0^2), \quad (1)$$

где n , v_{ex} – концентрация и скорость электронов; n_0 – фоновое значение концентрации; r – коэффициент рекомбинации (квадратичный закон рекомбинации выполняется для высот E -слоя); j_z – продольный ток, e – заряд равный заряду электрона, γ – коэффициент размножения пар ионов при ионизации.

Нас будут интересовать процессы, длительность которых много больше 0.01 с. В этом случае из уравнения движения ионов получим следующее выражение для скорости:

$$v_{xi} = (eE_x) f(v_i/\omega_i) / m_i \omega_i \quad (2)$$

где v_{xi} – скорость ионов, m_i – масса иона, n – концентрация ионов в ионосфере, v_i – частота столкновений ионов с нейтралами, ω_i – гирочастота ионов, E_x – напряженность x компоненты электрического поля, $f(v/\omega_i) = (v_{in}/\omega_i) / (1 + (v_{in}/\omega_i)^2)$.

Уравнение непрерывности для тока в ионосфере:

$$\partial/\partial x (\sigma_p E_x - \sigma_n E_{0y}) = -\partial j_z/\partial z, \quad (3)$$

где σ_{ph} – ионосферные проводимости Педерсена и Холла, E_{0y} – электрическое поле ионосферно-магнитосферной конвекции.

Частоты столкновений электронов с нейтралами много меньше

гирочастоты электронов в ионосфере, поэтому можно считать, что электроны движутся со скоростью конвекции $v_e = E_{oy}/B_0$ (B_0 – индукция магнитного поля в ионосфере). Ионосферные проводимости зависят от концентрации заряженных частиц и частот следующим образом:

$$\sigma_h = en/B_0, \quad \sigma_p/\sigma_h \approx f(v/\omega_i).$$

В дальнейшем будем рассматривать ионосферу тонким проводящим слоем. Уравнения (1–3) проинтегрируем по толщине ионосферы h . Для этого зададим изменения концентрации с высотой s : $n(s) = n_0 \exp(-(s - s_0)^2/h^2)$, где s_0 – высота максимума E слоя, таким же образом зададим $f(s)$, $f(s_0) = 0.5$.

Проинтегрированные по толщине ионосферы и линеаризованные по N и E_x уравнения (1,3) запишутся тогда следующим образом [2]:

$$\partial N/\partial t + E_{oy}/B_0 \partial N/\partial x = -\gamma j_z/e - rNN_0/(2^{3/2}h) \quad (4)$$

$$\partial/\partial x (eN_0 E_x/(2^{3/2}B_0) - eNE_{oy}/B_0) = j_z \quad (5)$$

3. Описание магнитосферы

Будем считать, что магнитосферная плазма состоит из холодных ионов и электронов. Электроны переносят ток вдоль магнитных силовых линий. Возмущением концентрации плазмы пренебрегаем и задаем модельное распределение концентрации заряженных частиц вдоль магнитной силовой линии. Продольное электрическое поле E_z определяется из уравнения движения электронов вдоль магнитного поля, полагая магнитный момент электронов равным нулю:

$$m_e \partial v/\partial t = -eE_z \quad (6)$$

где v – возмущение скорости электронов. Уравнение (6) лучше переписать в другой форме:

$$m_e \partial (j_z/n)/\partial t = e^2 E_z, \quad (7)$$

где j_z – плотность продольного тока, n – концентрация магнитосферной плазмы. Единственной поперечной компонентой возмущенного электрического поля является E_x , магнитного – H_y . Холодные ионы переносят ток поляризации поперек магнитного поля. Из уравнения движения для холодной плазмы в магнитном поле в системе координат, движущейся вместе с плазмой, получаем выражение для поляризационного тока в альвеновской волне:

$$j_x = 1/(\mu_0 v_a^2) \partial E_x/\partial t,$$

(8)

где μ_0 – магнитная проницаемость вакуума, $v_a^2 = \rho\mu_0/B^2$ – квадрат альвеновской скорости, ρ – плотность плазмы, B – индукция магнитного поля в магнитосфере.

Из уравнений Максвелла:

$$-\partial E_z/\partial x + \partial E_x/\partial z = -\mu_0 \partial H_y/\partial t, \quad \partial H_y/\partial z = -j_x, \quad \partial H_y/\partial x = j_z,$$

и уравнения непрерывности для тока $\partial j_z/\partial z = -\partial j_x/\partial x$ и (7-8) получим уравнение для j_z :

$$\partial^2 j_z/\partial t^2 = \partial(v_a^2 \partial j_z/\partial z)/\partial z + m_e/(e^2 \mu_0 n) \partial^2(\partial^2 j_z/\partial t^2)/\partial x^2, \quad (9)$$

Магнитные силовые линии считаем прямыми, но расходящимися, индукция магнитного поля изменяется с расстоянием r от центра Земли по закону: $B=B_0(r_3/r)^3$, r_3 – радиус Земли. Концентрация магнитосферной плазмы (протоны) $n=n_0 \exp(-(r/2r_3)^2)$, n_0 – концентрация в ионосфере. Концентрация плазмы в ионосфере при $z=0$ задавалась равной $n_0=0.5 \cdot 10^{11} \text{ 1/м}^3$.

4. Граничные условия

Для решения уравнения (9) необходимо записать граничные условия для j_z на нижней и верхней границах. Нижняя граница – ионосфера, верхняя граница – экваториальная плоскость магнитосферы. В движущейся системе координат уравнение (5) не меняется, а в уравнении (4) пропадает второе слагаемое в левой части. Получим условие на нижней границе. Из уравнения непрерывности для тока и (8):

$$\partial j_z/\partial z = 1/(\mu_0 v_a^2) \partial(\partial E_x/\partial t)/\partial x \quad (10)$$

Продифференцируем уравнение (5) по времени, и воспользуемся (10), в результате получим следующее граничное условие на ионосферном уровне при $z=0$:

$$\partial j_z/\partial t = -(eN_0 \mu_0 v_a^2/2^{3/2} B_0) \partial j_z/\partial z - (eE_{0y}/B_0) \partial(\partial N/\partial t)/\partial x \quad (11)$$

При $x=L$ выполнено условие:

$$\partial j_z/\partial t - (dx/dt) \partial j_z/\partial x = 0, \quad (12)$$

это условие означает прозрачность правой границы области интегрирования.

На верхней границе при $z=-10$ зададим:

$$\partial j_z/\partial z = 0, \quad (13)$$

это условие определяет узел для электрического поля $E_x = 0$ на

экваториальной границе.

5. Анализ полученных уравнений и результаты моделирования

Покажем, что уравнение (9) в приближении постоянной альвеновской скорости и концентрации плазмы вдоль магнитного поля переходит в дисперсионное уравнение для инерционной альвеновской волны. Решение в этом случае можно искать в виде: $\sim \exp(i\omega t - ik_x x - ik_z z)$. После подстановки этого выражения в (9) получим:

$$k_z^2 v_a^2 / \omega^2 = 1 + k_x^2 c^2 / \omega_p^2, \quad (14)$$

где $\omega_p^2 = e^2 n / m_e \epsilon_0$ – квадрат плазменной частоты, c – скорость света.

В уравнении (9) и в рассматриваемом случае можно разделить переменные, и искать решение в следующем виде:

$$j_z(z, x, t) = j^s(z, t) \sin(k_x x) + j^c(z, t) \cos(k_x x), \quad (15)$$

где k_x^{-1} определяет поперечный масштаб возмущения. При $x=L$ выполняется граничное условие (11).

Получим следующее уравнение для $j^{s,c}(z, t)$:

$$\partial^2 j^{s,c} / \partial t^2 = \partial (v_a^2 / (1 + m_e (k_x)^2 / (e^2 \mu_0 n))) \partial j^{s,c} / \partial z / \partial z \quad (16)$$

Таким же способом заменяются уравнения (5,10,11). Для уравнения (5), например, получаются следующие выражения:

$$\begin{aligned} -(k_x)(eN_0 E_x^c / (2^{3/2} B_0) - eN^c E_{0y} / B_0) &= j^s, \\ (k_x)(eN_0 E_x^s / (2^{3/2} B_0) - eN^s E_{0y} / B_0) &= j^c. \end{aligned}$$

Система уравнений (4,5,10,11,16) при граничных условиях (11-13) решается численным интегрированием.

На рис.1 показано развитие возмущений в течение 100 с. Поперечный масштаб возмущения задавался равным $\lambda_x \approx 20$ км, характерный временной масштаб $\tau \approx \lambda_x / v_{x0} = 20$ с ($v_{x0} = E_{0y} / B_0$). Численное интегрирование проводилось с шагом по времени $dt = 10^{-5}$ с, по координатам x и z с шагом 0.5 км и $0.05 R_E$ (радиус Земли) соответственно. На рис.2 показано распределение структур поперечного и продольного электрического поля в магнитосфере в момент времени $t = 100$ с.

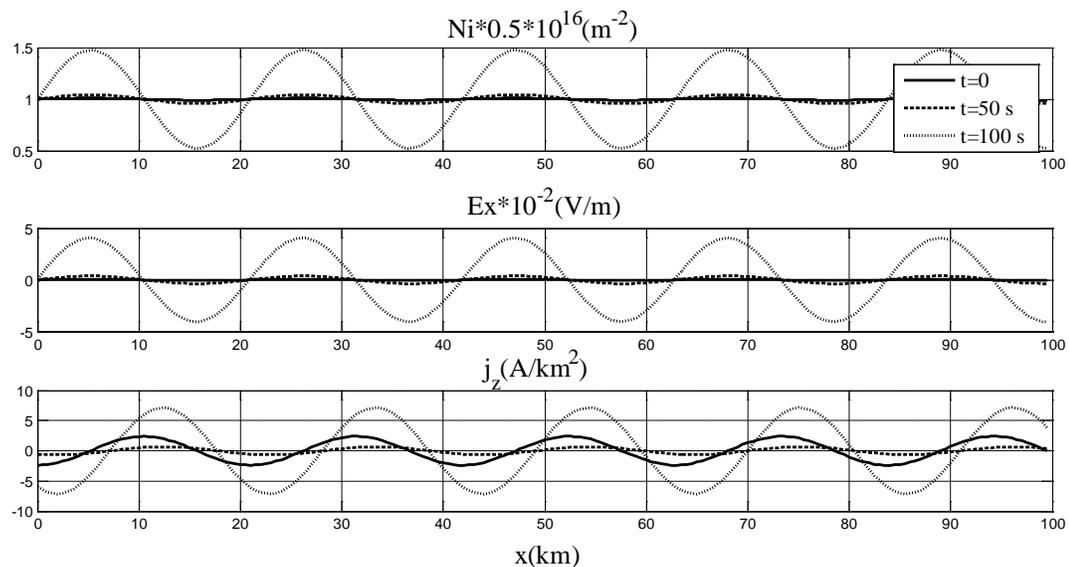


Рисунок 1 – Развитие возмущений в течение 100 с на ионосферном уровне

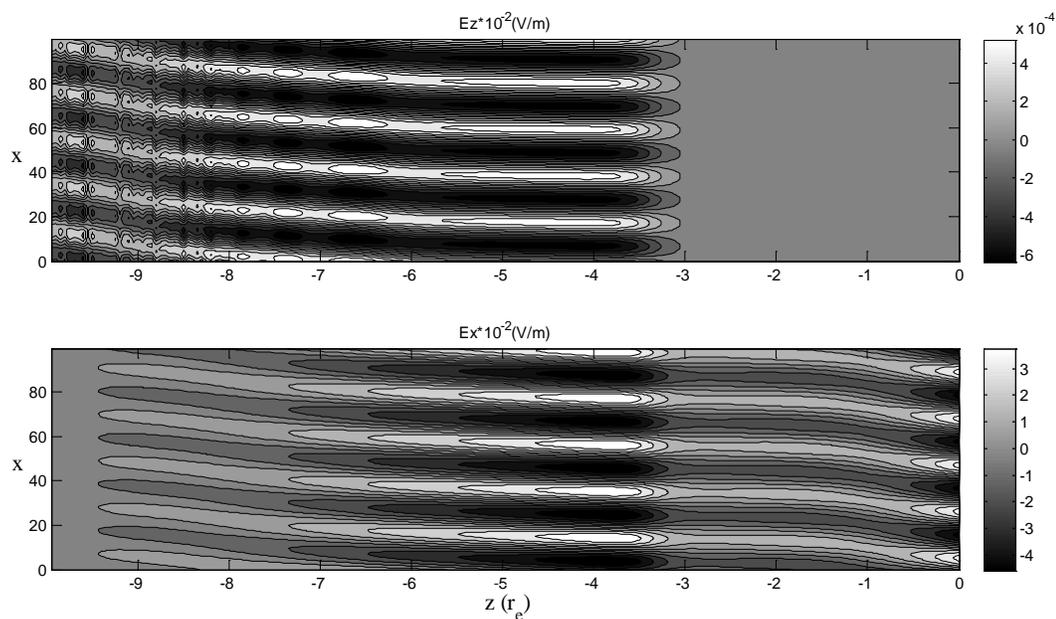


Рисунок 2 – Структуры продольного E_z и поперечного E_x электрического поля в магнитосфере в момент времени $t=100$ с

6. Выводы

В работе получена полная система уравнений для тока и электрического поля в холодной ионосферно-магнитосферной плазме в условиях ионосферной конвекции.

Решение этой системы уравнений описывает динамику и структуру электромагнитного поля в двумерных авроральных формах.

Проведенное численное моделирование дает характерное время нарастания авроральных возмущений ~2 минуты для поперечных масштабов ≈ 20 км на ионосферном уровне.

Задача решалась в приближении малых возмущений, в тоже время значение продольного электрического поля E_z достигает в магнитосфере величины 10^{-5} В/м. Такой величины поля достаточно для объяснения высыпания заряженных частиц в авроральных формах.

Значительные по величине продольные электрические поля появляются с области пониженной концентрации магнитосферной плазмы, на высотах больше $3R_E$.

Литература

1. Волков М. А. Авроральная турбулентность ионосферной конвекции, Proceedings of the 37th Annual Seminar, Apatity, 2014. P. 51–54.
2. Волков М. А. Расчет потока электромагнитной энергии над дугой сияния // Вестник МГТУ. 2014. Т. 17, № 1. С. 199–203.

Трехкомпонентный ОНЧ приемник с прецизионной синхронизацией с мировым временем

**Никитенко А. С., Пильгаев С. В., Федоренко Ю. В., Филатов М. В.,
Ларченко А. В., Лебедь О. М. (г. Анапиты, ФГБУН «ПГИ» КНЦ РАН)**

Многофункциональный цифровой ОНЧ приемник предназначен для регистрации двух горизонтальных магнитных и вертикальной электрической компонент поля ОНЧ излучений у земной поверхности в диапазоне частот от 100 Гц до 15 кГц. Отличительной его особенностью является прецизионная синхронизация каждого отсчета цифровых данных с мировым временем с максимальной ошибкой не превышающей 1 мкс. Результаты измерений могут быть использованы для измерения разности фаз гармонических сигналов в пространственно разнесенных точках как в экспериментах по модификации ионосферы мощным КВ излучением, так и при измерении фаз СДВ передатчиков, а так же производить измерение частоты этих сигналов с точностью, определяемой лишь длительностью измерений.

Характеристики прибора.

В приборе в качестве датчиков горизонтального магнитного поля используются рамочные антенны, содержащие 14 витков медного провода диаметром 0.85 мм в общем экране с заземленной средней точкой, расположенные ортогонально друг относительно друга и перпендикулярно к земле. Каждая рамка – это четырехугольник размерами 14.5 x 5.5 метра, ее общая индуктивность 8.4 мГн, активное сопротивление 22 Ом. Датчик вертикального электрического поля представляет собой дюралюминиевый шар диаметром 35 см, расположенный на высоте 12 м над поверхностью земли. Для формирования «искусственной земли» в месте установки антенны развернута система противовесов, представляющая собой набор проводов длиной в 2-3 раза больше высоты антенны, растягиваемых радиально от ее мачты. Такая «искусственная земля» значительно ослабляет влияние мелких неровностей земной поверхности и возможных локальных неоднородностей проводимости на результаты измерений. Для исключения влияния шумов регистраторов (компьютеров, цифровых устройств, преобразователей и

генераторов напряжения) на потенциал системы противовесов, и, следовательно, на напряжение, снимаемое с выхода предусилителя, применяется а.ц.п. с полным гальваническим разделением аналоговой и цифровой части.

Оценка спектральной плотности собственных шумов приемника.

Среднестатистический спектр компоненты E_z естественного шума волновода Земля-ионосфера в ОНЧ диапазоне как минимум на 20 дБ превышает собственные шумы вертикальной активной электрической антенны. Среднестатистический спектр компонент H_x и H_y естественного шума превышает собственные шумы горизонтальной магнитной антенны вместе с предусилителем не менее чем на 20 дБ в диапазоне частот от 30 Гц до 15 кГц. Отсюда следует, что данный ОНЧ приемник позволяет уверенно регистрировать электромагнитные возмущения в КНЧ и ОНЧ диапазонах.

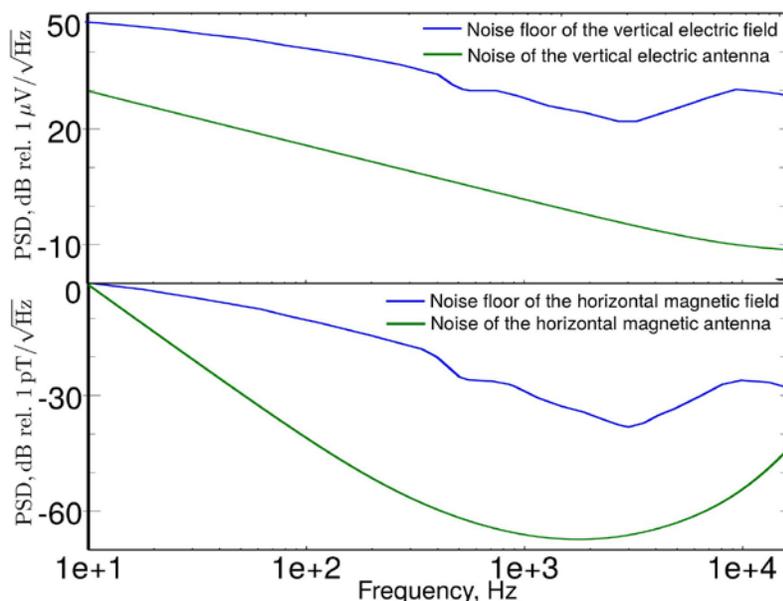


Рисунок 1 – Спектральная плотность шумов регистратора вертикальной электрической компоненты и напряженность электрического поля атмосферных шумов (верхний график); Спектральная плотность шумов регистратора горизонтальных магнитных компонент и напряженность магнитного поля атмосферных шумов (нижний график)

Система сбора данных

Система сбора данных представляет собой программно-аппаратный комплекс состоящий из компьютера, двух перпендикулярно расположенных рамочных антенн, вертикальной электрической антенны, предусилителей и

блока, состоящего из а.ц.п. микроконтроллера и GPS/GLONASS приёмника. Блок-схема представлена на рисунке 2. Элементная база системы сбора данных подобрана с учётом работы в индустриальном диапазоне температур от -40 до $+70$ С. Создано и отработано несколько вариантов конфигурации системы сбора данных. Запись данных может производиться как на встроенную FLASH память так и на компьютер через интерфейс Ethernet. С целью исключения влияния промышленной помехи на длинные аналоговые линии, система сбора данных может быть разбита на две части. При этом, аналого-цифровой преобразователь может быть расположен в непосредственной близости от приёмных антенн, а передача данных на синхронизирующее устройство организована через интерфейс RS-485.

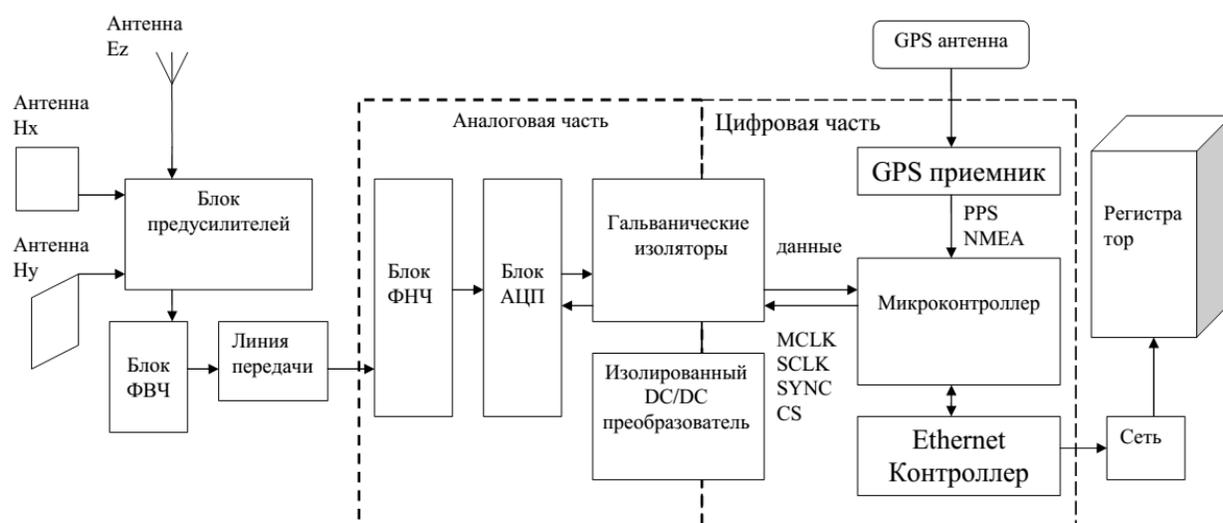


Рисунок 2 – Блок-схема регистратора ОНЧ сигналов

Основа системы – блок а.ц.п. с аналоговыми и цифровыми интерфейсами ввода – вывода. В состав блока а.ц.п. входит запрограммированный микроконтроллер, 24-битные микросхемы а.ц.п. и гальванически развязывающие микросхемы. Блок а.ц.п. формирует из оцифрованных данных пакеты по 1024 Байт, с указанием необходимой информации в заголовке о процессе сбора, а завершается пакет контрольной суммой. Синхронизация данных со временем осуществляется посредством вставки временной метки в пакет.

Источником времени являются данные и Pulse-Per-Second (PPS) импульс, получаемые с GPS приёмника. Для поддержания актуального времени в микроконтроллере секундный таймер постоянно сверяется со временем, получаемым из данных GPS приёмника. Сверка происходит только

при условии правильности данных GPS приёмника. О правильности данных сигнализирует GPS приёмник в специальных пакетах данных. При наличии разницы во времени значение таймера внутри контроллера переписывается.

Оцифрованные данные передаются на компьютер через интерфейс Ethernet. Блок а.ц.п. оцифровывает аналоговые данные с частотой 32 кГц, таким образом, номинальная частота сигнала, которую способен зарегистрировать прибор составляет 16 кГц. Однако, полоса частот сигнала ограничена сверху до 15 кГц с целью предотвращения попадания зеркальных частот в исследуемый сигнал и снизу с целью подавления промышленной помехи. Входящие в состав устройства 24 – битные аналого-цифровые преобразователи обеспечивают динамический диапазон до 115.5 дБ. Для уменьшения помехи сети 50 Гц, применяется гальваническое разделение цепей приборов и сети питания этих приборов.

Основные результаты использования данных ОНЧ приемника.

Трехкомпонентный приемник ОНЧ излучений был разработан для локации выхода естественных ОНЧ излучений в рамках Программы 22 Президиума РАН. Он был установлен и введен в эксплуатацию в obs. Ловозеро ПГИ РАН в ноябре 2012 года. В начале 2013 г. были получены интересные научные результаты, и в течение 2013 г. было изготовлено два стационарных ОНЧ приемника, которые в настоящее время используются для непрерывных наблюдений в obs. Баренцбург (арх. Шпицберген) и на радиофизическом полигоне в пос. Верхнетуломский. Для организации временных точек регистрации разработан и изготовлен мобильный ОНЧ приемник с питанием от аккумулятора, позволяющий вести непрерывную регистрацию данных в течение двух суток на flash-карту.

Исследование разности фаз СДВ волн в двух пространственно разнесенных точках.

В марте 2014 года производились измерения разности фаз ОНЧ волн в двух пространственно разнесенных точках. Источником ОНЧ волн являлся один из передатчиков радионавигационной системы “Альфа”, расположенный в г. Краснодар () и транслирующий на частоте 11904.761 Гц. Один ОНЧ приемник был расположен в обсерватории Ловозеро (), другой – мобильный, вблизи г. Апатиты ().

На рисунке 3 представлены результаты измерений. Необходимо отметить, что разность фаз вычислялась без учета калибровки, поэтому на графике отображено лишь ее изменение, а не абсолютное значение. Изменение разности фаз от ночи ко дню составляет примерно 0.12 рад, что соответствует изменению фазовой скорости приблизительно на 5000 км/с. Суточные вариации разности фаз между двумя точками приема электромагнитных сигналов, полученные с помощью разработанной аппаратуры, согласуются с результатами, полученными [С. Bianchi et. all, April 1994]. В этой работе измерялся фазовый сдвиг сигнала, поступающего с норвежского передатчика Omega (частота сигнала – 10.2 кГц), на трассе Рим – Флоренция в разные времена года (рисунок 3). В данной работе интерес представляет кривая, соответствующая данным 27 марта 1993 года.

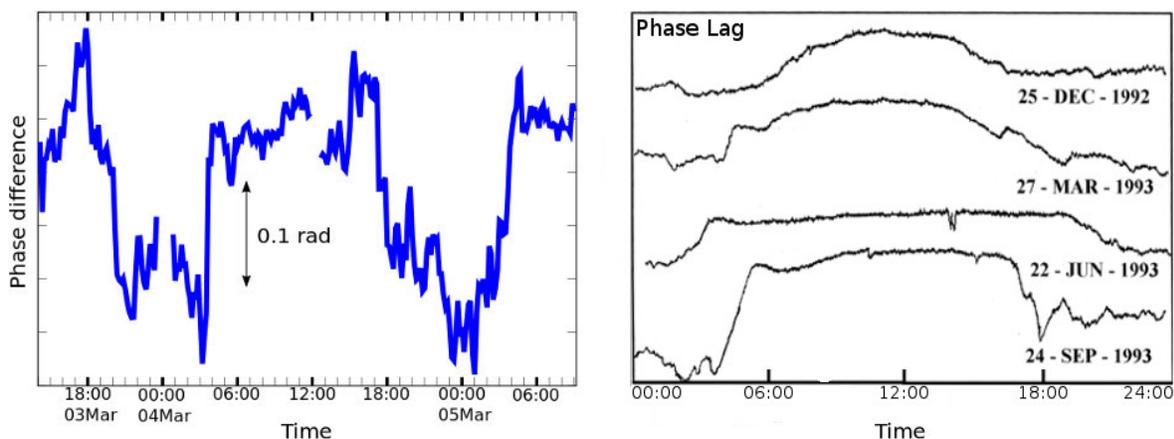


Рисунок 3 – (слева) Разность фаз, измеренная между точками приема сигналов, поступаемых с краснодарского передатчика () радионавигационной системы “Альфа”, транслирующего на частоте 11904.761 Гц. Одна точка расположена вблизи г. Апатиты (), а другая в обсерватории Ловозеро (); (справа) Суточные вариации разности фаз сигнала, поступаемого от норвежского передатчика Omega (10.2 кГц), на трассе Рим-Флоренция.

Модификация ионосферы КВ сигналом.

В международном эксперименте по нагреву высокоширотной ионосферы стендом EISCAT\Heating (северная Норвегия) двумя пространственно разнесенными КВ передатчиками, излучающими на близких частотах, впервые обнаружено и исследовано явление сдвига частоты

наблюдаемого на земной поверхности сигнала относительно разности частот передатчиков, а также выявлено определяющее влияние анизотропной верхней границы волновода Земля-ионосфера на поляризацию низкочастотных радиоволн, распространяющихся от ионосферного источника. Полученные результаты расширили представления о нетрадиционных методах возбуждения низкочастотных электромагнитных возмущений в волноводе Земля-ионосфера и эффектах распространения на частотах, близких к частоте поперечного резонанса волновода.

Впервые обнаружены доплеровские изменения частоты, генерируемой на комбинационных частотах и показано, что причиной наблюдаемых изменений частоты является зональный ветер в D-области ионосферы [E.D. Tereshchenko et. all, 2014]. Этот результат был получен с использованием прецизионной привязки отсчетов данных к мировому времени.

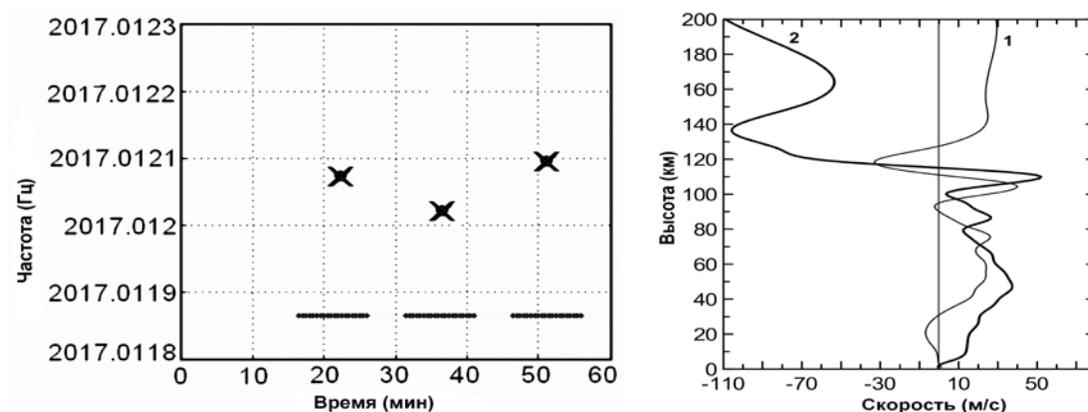


Рисунок 4 – Доплеровские изменения частоты, генерируемой на комбинационных частотах

Впервые исследованы поляризационные характеристики магнитного поля при модификации высокоширотной ионосферы двумя КВ передатчиками стенда EISCAT, излучающими на близких частотах [Yu. V. Fedorenko et. all, 2014]. Обнаружено, что в этом случае искусственный сигнал с разностной частотой 2017 Гц имеет левую эллиптическую поляризацию, а не правую, наблюдаемую вблизи источника.

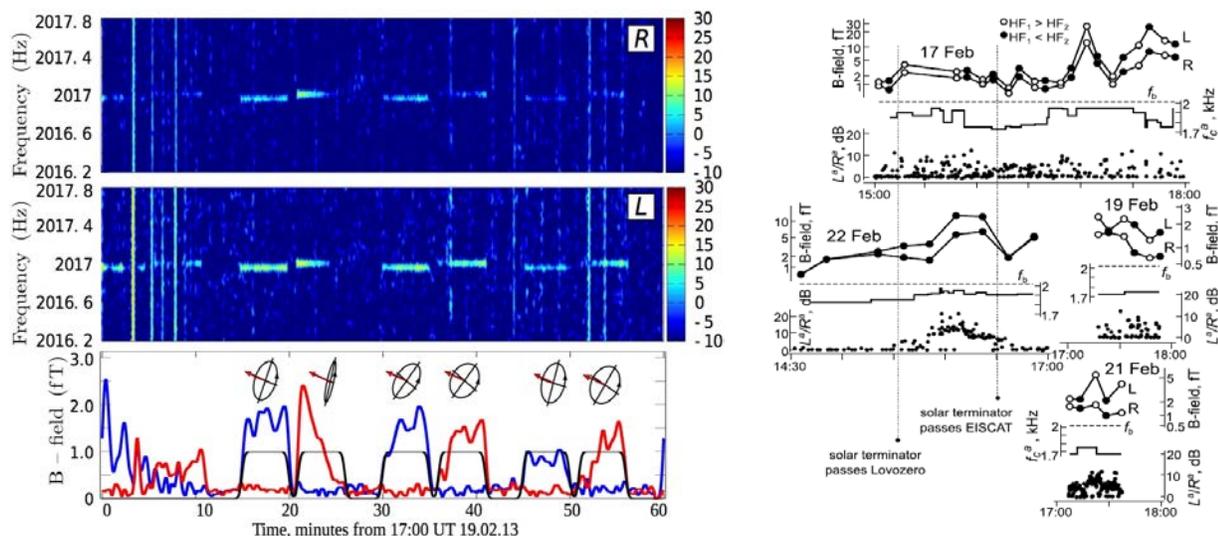


Рисунок 5 – (рисунок слева сверху вниз) Спектральная плотность мощности (SNR) R-моды и L-моды сигнала, записанного 19 февраля в обл. Ловозеро, шкала colorbar представлена в децибеллах; огибающие магнитного поля на частотах 4.04 МГц (красная линия) и ~ 4.02 МГц (синяя линия), черная линия показывает искажения, вызванные фильтрацией полосовым фильтром; эллипсы показывают поляризацию, красная стрелка направлена на EISCAT. (рисунок справа); плотность потока магнитного поля, разложенная на R- и L- поляризационные моды

Литература

1. C. Bianchi, L. Ciraolo, C. Scotto Low ionospheric observation by means of the software receiver for Omega signal // ANNALI DI GEOFISIKA, VOL. XXXVII, April 1994, N.1, p. 93-99.
2. E.D. Tereshchenko, O.I. Shumilov, E.A. Kasatkina, A.D. Gomonov // Geophysical Research Letters. – 2014. – V.41(13). – P. 4442-4448, doi:10.1002/2014GL060376.
3. Yu. Fedorenko, E. Tereshchenko, S. Pilgaev, V. Grigoryev, and N. Blagoveshchenskaya, Polarization of ELF waves generated during “beat-wave” heating experiment near cut-off frequency of the Earth-ionosphere waveguide, Radio Science, Vol. 49, Issue 12, pp 1254–1264, 2014

Определение параметров анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F-области среднеширотной ионосферы

Романова Н. Ю. (г. Мурманск, ФГБУН «ПГИ» КНЦРАН, e-mail: romanova@pgi.ru)

Аннотация. Показано, что мелкомасштабные неоднородности в F-области среднеширотной ионосферы анизотропны. Они вытянуты преимущественно вдоль геомагнитного поля (α) и в некотором направлении перпендикулярно геомагнитному полю (β). Показано, что параметры α и β мелкомасштабных неоднородностей в средних широтах имеют сходство с соответствующими параметрами мелкомасштабных неоднородностей в высоких широтах.

Abstract. It is shown that the small-scale irregularities in F-region at middle latitudes are anisotropic. They are strongly stretched along the geomagnetic field (α) and often have a preferential direction in a plane perpendicular to the geomagnetic field (β). It is shown that parameters α and β of small-scale irregularities at middle latitudes have similar with the corresponding parameters of small-scale irregularities at high latitudes.

Ключевые слова: ионосфера (среднеширотная ионосфера; ионосферные неоднородности).

Key words: ionosphere (mid-latitude ionosphere; ionospheric irregularities).

1. Введение

Известно, что мелкомасштабные неоднородности в F-области ионосферы (от нескольких сотен метров до первых километров) вытянуты вдоль геомагнитного поля. В работе [1] дана их классификация по соотношению осей. Приведены типы неоднородностей: стержни (rods, соотношение осей $a:1:1$), крылья (wings, $a:b:1$, $a>b$) и листы (sheets, $a:a:1$). Приведены соотношения осей: $5:1:1$, $15:1:1$ и $10:10:1$. Предполагается, что наблюдение стержней более вероятно в высоких широтах, а наблюдение крыльев и листов – в средних широтах. В работе [2] показано, что неоднородности вытянуты также перпендикулярно магнитному полю в направлении «север-юг». В работах [3, 4] показано, что неоднородности вытянуты в направлении «запад-восток».

С использованием метода [5], разработанного в Полярном геофизическом институте, в работе [6] определены параметры неоднородностей в высокоширотной F-области. Вытянутость неоднородностей вдоль

геомагнитного поля α меняется от 10 до 100–150. Вытянутость перпендикулярно геомагнитному полю β от 3 до 30–40. Ориентация поперечной анизотропии Ψ_A меняется от 1° до 178° и соответствует направлению дрейфа плазмы $E \times B$ в F-области [7-9].

Цель данной работы: 1) изучить особенности амплитудных сцинтилляций спутникового сигнала, прошедшего через среднеширотную ионосферу и принятого наземными станциями в г. Острогжск ($50.87^\circ N$, $39.06^\circ E$), г. Ростов-на-Дону ($47.21^\circ N$, $39.70^\circ E$) и г. Сочи ($43.58^\circ N$, $39.77^\circ E$); 2) исследовать применимость к экспериментальным данным теоретической модели трехмерно-анизотропных неоднородностей; 3) численно определить параметры мелкомасштабных неоднородностей.

2. Наблюдения

2.1. Особенности амплитудных сцинтилляций спутникового сигнала, прошедшего через среднеширотную ионосферу

В настоящей работе использован весь объем данных амплитудных сцинтилляций, полученных в период с июня 2008 по март 2012 гг. Это было необходимо для достоверного определения параметров мелкомасштабных неоднородностей, поскольку спутниковый сигнал, прошедший через среднеширотную ионосферу, имеет ряд особенностей.

Первая особенность касается степени интенсивности и продолжительности сцинтилляций. Амплитудные сцинтилляции присутствуют в сравнительно небольшой части от всего количества регистраций спутникового сигнала. Хорошо заметные и продолжительные сцинтилляции наблюдались преимущественно в ночное время суток.

Вторая особенность состоит в том, что даже при наличии сцинтилляций не всегда можно было применить метод для определения параметров неоднородностей. В итоге, если общее количество регистраций на каждой станции исчислялось тысячами, количество регистраций с амплитудными сцинтилляциями исчислялось уже сотнями, то количество регистраций, позволяющих определить параметры неоднородностей, исчислялось только десятками: Острогжск – 64, Ростов-на-Дону – 32, Сочи – 32.

Третья особенность состоит в четкой локализации сцинтилляций вблизи геомагнитного зенита приемной станции или на некотором удалении от него.

Возможно, это обусловлено ракурсными свойствами, т. е. вытянутостью неоднородностей вдоль геомагнитного поля. Редки случаи, когда на протяжении всей регистрации наблюдались интенсивные и сложные сцинтилляции, как это происходит в высоких широтах.

2.2. Оценка применимости метода в среднеширотной ионосфере

Опишем кратко основные этапы метода определения параметров неоднородностей [5] на примере спутникового сеанса в Ростове-на-Дону 24 июня 2010 г. с началом регистрации в 19:20 UT.

При прохождении спутникового сигнала через ионосферу со статистически равномерно распределенными неоднородностями с постоянными параметрами происходит ракурсное усиление сцинтилляций в близкой к зениту зоне наземного приемника. Графическое представление вычисленных значений логарифма относительной амплитуды спутникового сигнала в широтном профиле имеет максимум, в несколько раз превышающий уровень фона (рис. 1).

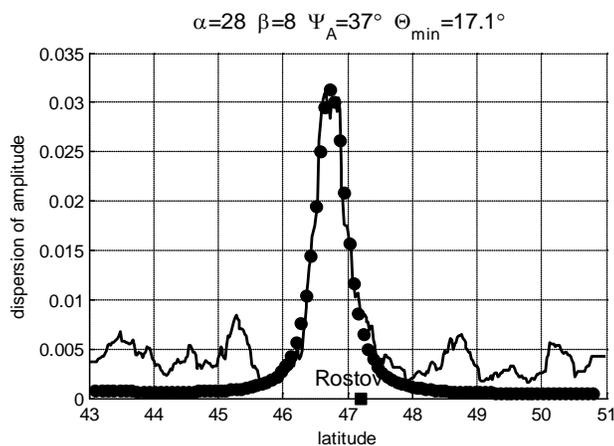


Рисунок 1 – Экспериментальная (сплошная линия) и теоретическая (кружки) кривая дисперсии логарифма относительной амплитуды

Для численного определения параметров ионосферных неоднородностей выведены соотношения, связывающие амплитуду сигнала, рассеянного на анизотропных неоднородностях, с параметрами этих неоднородностей. Графическое представление этих теоретических расчетов также имеет вид максимума. Аппроксимация экспериментального графика дисперсии теоретической моделью и минимизация различий между этими кривыми достигается путем подбора оптимальных значений α , β и Ψ_A , что и позволяет определить параметры неоднородностей (для рассматриваемого случая значения параметров приведены в заголовке рисунка). Минимальный угол с магнитным

полем $\Theta_{\min}=17.1^\circ$ (минимальный угол из всех значений углов, образуемых между перемещающимся спутником и магнитным полем в точке наблюдения).

Критерий применимости метода [5] состоит, во-первых, в наличии максимума в графике дисперсии логарифма относительной амплитуды. Во-вторых, величина этого максимума не должна превышать значения 0.3, поскольку расчеты теоретической модели рассеивающих неоднородностей сделаны в рамках приближения Рытова [10].

Исследование амплитудных сцинтилляций в средних широтах показало, что уровень дисперсии превысил данное значение только в четырех случаях. Аппроксимация экспериментальных экстремумов теоретическими кривыми для всех случаев выборки также оказалась успешной. Выполнение критериев и успешная аппроксимация позволяют сделать вывод, что разработанный в ПГИ метод исследования неоднородностей по данным амплитудных сцинтилляций применим для среднеширотной ионосферы.

2.3. Определение параметров мелкомасштабных неоднородностей

Определение параметров анизотропии α , β и Ψ_A во всех случаях, когда в графике дисперсии амплитуды присутствовал изолированный максимум (графа 4 таблицы 1), показало, что неоднородности в F-области поперечно-анизотропны. Соотношение параметров анизотропии определяется выражением $1 < \beta < \alpha$. Вытянутость неоднородностей вдоль геомагнитного поля α менялась от 15 до 100-120, вытянутость в перпендикулярном к магнитному полю направлении β менялась от 2-3 до 35-40. Ориентация поперечной анизотропии Ψ_A менялась от 4° до 178° . Эти величины параметров анизотропии среднеширотных неоднородностей схожи с параметрами неоднородностей высоких широт, полученными в ряде экспериментов 1995 – 2000 гг. на Кольском полуострове и в Скандинавии [6].

Вывод о поперечно-анизотропных неоднородностях в F-области среднеширотной ионосферы иллюстрирован примерами (рисунок 2) для различных геометрий пролета спутника относительно наблюдателя ($1 < \Theta_{\min} < 24^\circ$). График значений углов между перемещающимся спутником и магнитным полем относительно наблюдателя показан точками.

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

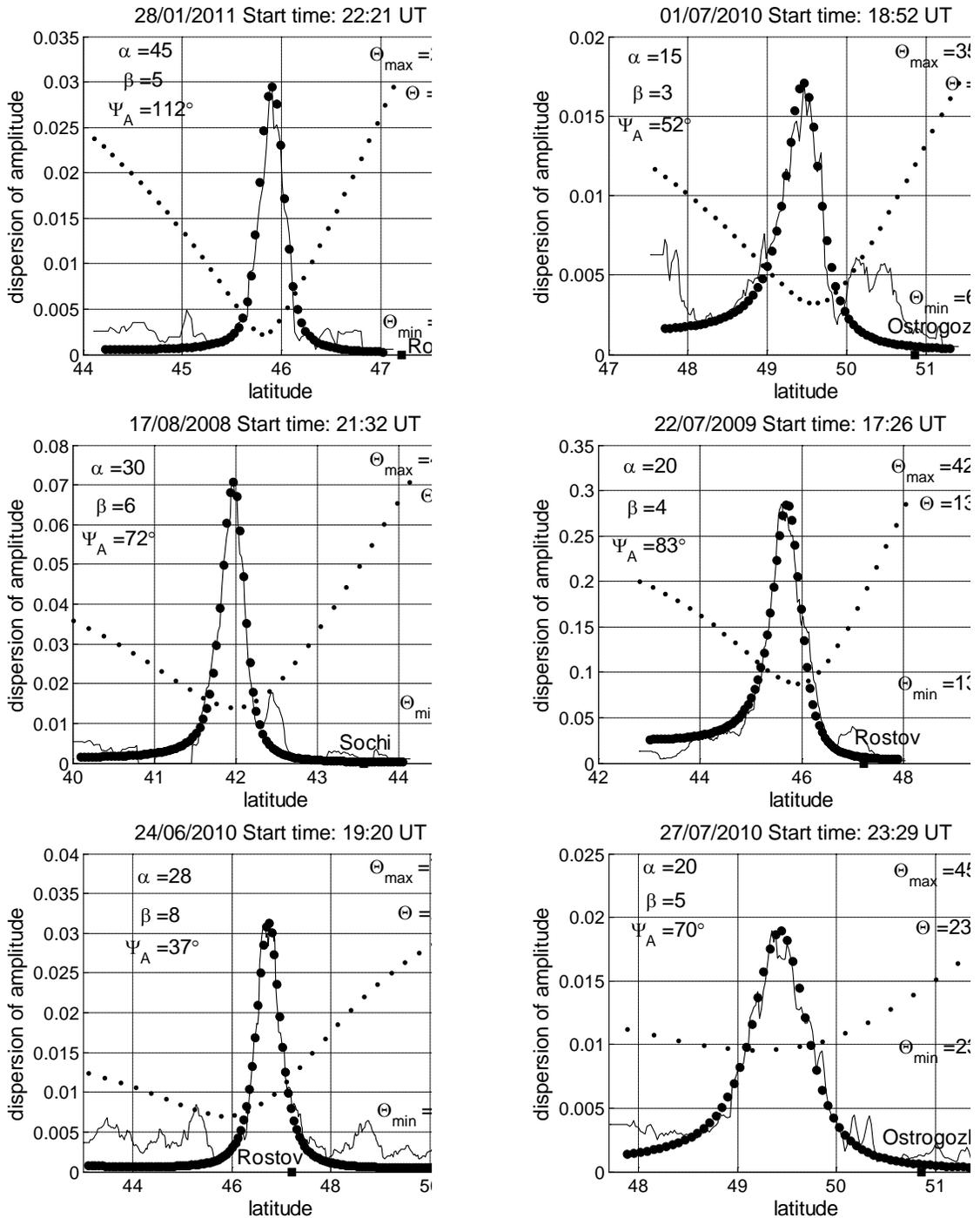


Рисунок 2 – Экспериментальная (сплошная линия) и теоретическая (кружки) кривые логарифма относительной амплитуды

Несмотря на численное сходство параметров ионосферных неоднородностей в средних широтах с параметрами неоднородностей в высоких широтах, есть различия в постоянстве этих параметров в протяженных областях.

Во-первых, аппроксимация экспериментальных максимумов дисперсии амплитуды на трех станциях невозможна в рамках одной модели неоднородностей в большинстве случаев. Параметры анизотропии α , β и Ψ_A непостоянны от станции к станции.

Во-вторых, часто на одной или двух станциях высота изолированного максимума была близка к уровню фона, что не позволяло достоверно определить параметры неоднородностей.

Это свидетельствует о неоднородной структуре F-области ионосферы в средних широтах.

3. Выводы

В результате анализа сцинтилляций спутникового сигнала, прошедшего через среднеширотную ионосферу были получены следующие результаты.

Мелкомасштабные неоднородности в F-области поперечно-анизотропны. Соотношение параметров анизотропии определяется выражением $1 < \beta < \alpha$. Вытянутость неоднородностей вдоль геомагнитного поля α менялась от 15 до 100-120, вытянутость в перпендикулярном к магнитному полю направлении β менялась от 2-3 до 35-40. Соотношение $\beta:\alpha$ менялось от 1:3 до 1:10, в большинстве случаев составляло 1:7. Ориентация поперечной анизотропии Ψ_A менялась от 4° до 178° . Параметры анизотропии среднеширотных неоднородностей схожи с соответствующими параметрами неоднородностей высоких широт.

Существуют особенности, не встречавшиеся при исследовании высокоширотных неоднородностей: количество спутниковых регистраций, позволяющих определить параметры неоднородностей, невелико; параметры анизотропии неоднородностей не постоянны на различных станциях; часто области занимаемые неоднородностями локальны.

Литература

1. Livingston R. C., Rino C. L., Owen J., Tsunoda R. T. The anisotropy of high-latitude nighttime F region irregularities // J. Geophys. Res. 1982. V. 87. №A12. P. 10519 – 10526.
2. Moorcroft D. R., Arima K. S. The shape of the F-region irregularities which produce satellite scintillations – evidence for axial asymmetry // J. Atmos. Terr. Phys. 1972. V. 34. P. 437 – 450.

3. Fejer B. G., Kelley M. C. Ionospheric irregularities // *Reviews of Geophysics and Space Physics*. 1980. V.18. №2. P.401 – 454.
4. Fremouw E. J., Leadabrand R. L., Livingston R. C. et al. Early results from the DNA wideband satellite experiment. Complex-signal scintillation // *Radio Sci.* 1978. V.13. №1.
5. Tereshchenko E. D., Khudukon B. Z., Kozlova M. O., Nygren T. Anisotropy of ionospheric irregularities determined from the amplitude of satellite signals at a single receiver // *Ann. Geophysicae*. 1999. V. 17. P. 508 – 518.
6. Козлова М.О. Исследование неоднородностей километрового масштаба в F-области высокоширотной ионосферы по данным о мерцаниях спутниковых радиосигналов: Дис. канд. физ.-мат. наук: 25.00.29. – М., 2002. – 120 с.
7. Tereshchenko E. D., Khudukon B. Z., Kozlova M. O., Evstafiev O. V., Nygren T., Rietveld M. T., Brekke A. Comparison of the orientation of small scale electron density irregularities and F region plasma flow direction // *Ann. Geophysicae*. 2000. V. 18. P. 918 – 926.
8. Tereshchenko E. D., Romanova N. Yu., Koustov A. V. Orientation of the cross-field anisotropy of small-scale ionospheric irregularities and direction of plasma convection // *Ann. Geophysicae*. 2005. V. 23. P. 1227 – 1237.
9. Tereshchenko E. D., Romanova N. Yu., Koustov A. V. VHF scintillations, orientation of the anisotropy of F-region irregularities and direction of plasma convection in the polar cap // *Ann. Geophysicae*. 2008. V.26. P. 1725-1730.
10. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский В.И. Введение в статистическую радиофизику. В 2 ч. – М.: Наука, 1978, Ч. 2. – 277 с.

МОРСКОЕ НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО

О некоторых конструктивных особенностях резервуара для хранения сжиженного природного газа

Герасимова О. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра механики сплошных сред и морского нефтегазового дела, e-mail: ovger@mail.ru)

Abstract. Underground cylindrical storage tank contained LNG.

Анотация. Рассмотрены отличия некоторых конструктивных особенностей подземного от надземного резервуара для хранения сжиженного природного газа (СПГ).

Конструкции всех рассматриваемых резервуаров обеспечивают поддержание сжиженного природного газа (СПГ, англ. LNG – liquefied natural gas) в холодном состоянии при температуре -165 C° и давлении близком к атмосферному.

В мировой практике применяются различные виды резервуаров хранения СПГ. Различия обусловлены их объемом, а также геологическими и природоохранными факторами. Благодаря новым конструкторским разработкам, в последние годы стало возможным строительство крупных надземных резервуаров объемом до 200 тыс. м³.

Вертикальные цилиндрические изотермические резервуары классифицируют по конструктивному исполнению стенок резервуара на одностенные и двустенные.

Многие фирмы, применявшие одностенные резервуары, в настоящее время предпочитают сооружать двустенные конструкции, так как высокая первоначальная стоимость двустенных резервуаров окупается значительной экономией эксплуатационных расходов.

Подземные и надземные резервуары для хранения СПГ имеют высокий уровень фактической безопасности и имеют преимущества с точки зрения охраны окружающей среды. Такие резервуары признаны соответствующими европейскому стандарту EN 1473, и считаются наиболее безопасным способом хранения СПГ. При землетрясениях подземные резервуары хранения меньше страдают от смещения почвы, чем надземные сооружения, из-за чего в сейсмоопасных зонах подземные резервуары более безопасны.

Резервуары для хранения СПГ выполняются с двойными стенками: внешняя стенка предназначена для задержки паров СПГ, а вокруг внутренней

стенки имеется система изоляции, содержащая криогенную жидкость. Резервуары выполняются из металлов и сплавов с низким коэффициентом теплового расширения, которые не отхрупчиваются при соприкосновении с криогенными текучими средами (т.е., из алюминия или стали с содержанием никеля 9%). Вокруг современных резервуаров устанавливаются насыпи, бермы, дамбы или обвалования, рассчитанные на прием утечек до 110% от объема соответствующего резервуара.

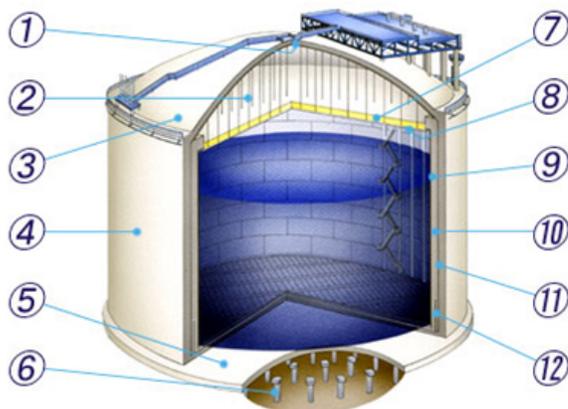


Рисунок 1 – подкладка крыши (1); подвеска (2); железобетонная крыша (3); боковая стенка из портландцемента (4); железобетонная стена основания (5); железобетонные сваи (6); изоляция крыши (7); подвесная платформа (8); внутренний корпус (9); теплоизоляция стенки резервуара (10); подкладка (11); вторичная перегородка (12)

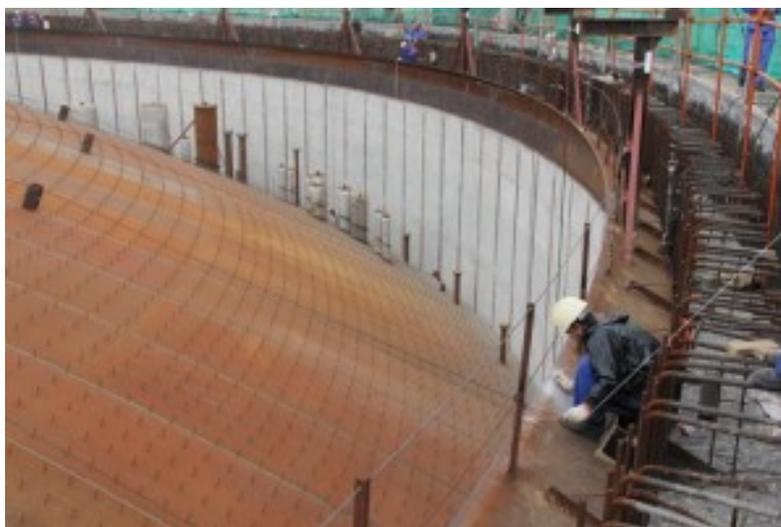


Рисунок 2 – Схема конструкции и фотография фрагмента надземного изотермического резервуара

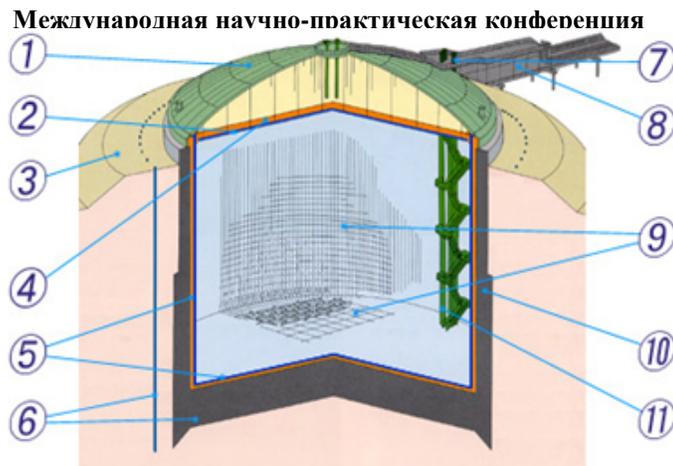


Рисунок 3 – Каркас поршневого насоса купольная крыша(1); подвесная платформа (2); берма (горизонтальная площадка на откосе) (3); изоляция на подвесной платформе (4); изоляция стенки и днища (5); подогреватель (6); Насосная площадка (7); трубопроводная обвязка и эстакада (8); мембрана (9); Стенка и основание (10)



Рисунок 4 – Схема конструкции и фотография фрагмента заглубленного изотермического резервуара

Внутренний резервуар выполняется из стали с 9%-ным содержанием никеля, отличающейся высокой упругостью, необходимой для хранения криогенных жидкостей. Внешний резервуар представляет собой бетонное сооружение, состоящее из железобетонной фундаментной плиты, стенки из предварительно напряженного бетона и железобетонной крыши. Бетонный резервуар дополнительно облицован изнутри углеродистой сталью, для того чтобы была возможность сбора жидкости в случае протечки. Нижняя часть облицовки может быть выполнена из стали с 9%-ным содержанием никеля (из соображений безопасности). Теплоизоляционный слой между внутренней и внешней стенкой предотвращает температурную компенсацию.

Подземное хранилище СПГ, расположенное ниже уровня земли на отметке, предотвращающей промерзание поверхности земли, огражденное по периметру от массива грунта бетонной стеной типа «стена в грунте», содержащее расположенный на основании из уплотненного грунта и теплоизоляционной прослойки железобетонный резервуар, по наружной боковой поверхности окруженный податливой прослойкой, изнутри теплоизолированный (Рисунок 5).

Недостатком является невозможность периодического обследования состояния резервуара и проведения профилактического ремонта.

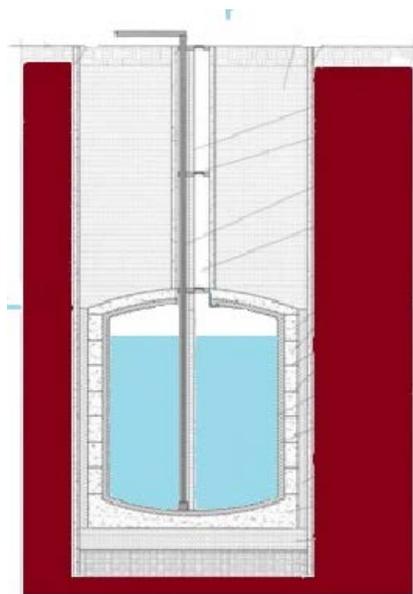


Рисунок 5

Рассматриваемая конструкция резервуара – подземный цилиндрический железобетонный, с куполообразной кровлей обладающей теплоизолирующим слоем, установленного в железобетонном «стакане», покрытого железобетонным настилом с теплоизоляцией, по конструктивному исполнению стенок резервуара – одностенный (рисунок 4).

Внутреннее воздушное пространство «стакана», предлагаемой конструкции резервуара позволяет:

1. Замедлить процесс испарения продукта
2. Исключить промерзание и пучение грунта, приводящее к разрушению резервуара
3. Проводить профилактические исследования и ремонт резервуара.

Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»

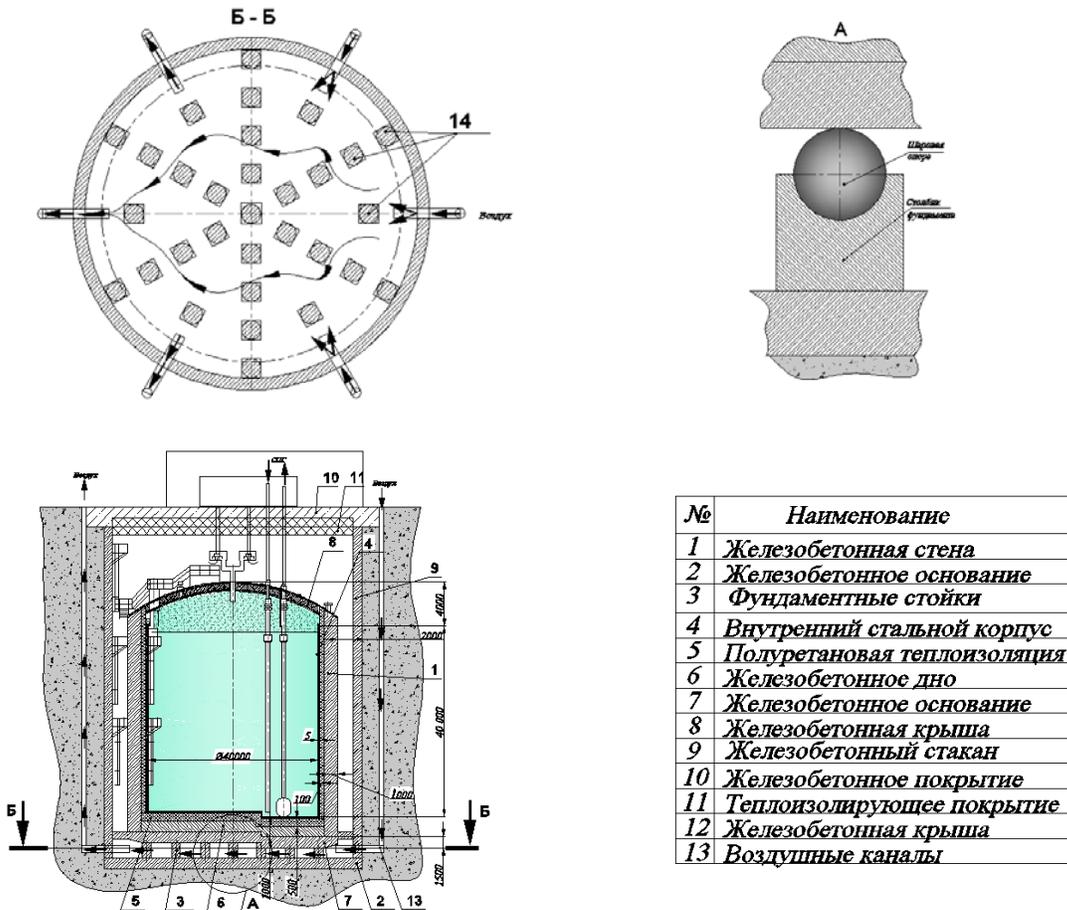


Рисунок 6 – Подземный железобетонный резервуар

Проведен расчет температурного поля данного резервуара в модуле Heat Transfer (теплопередача) программы Comsol Multiphysics (рисунок 5):

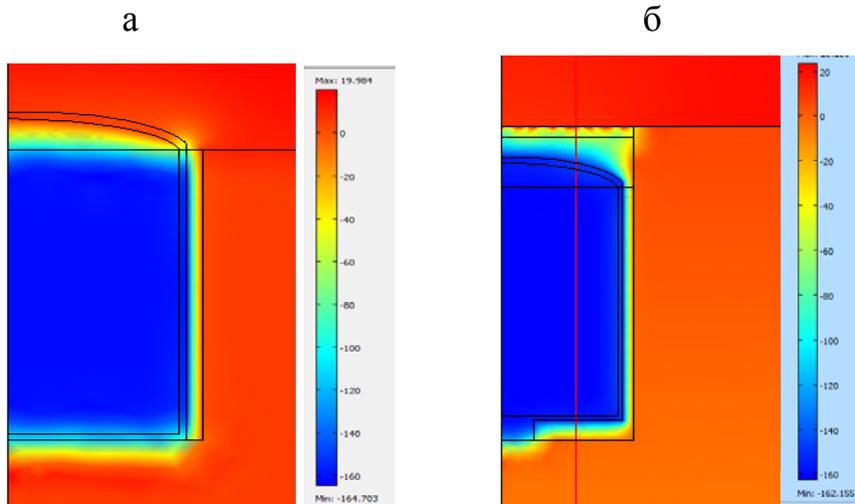


Рисунок 5 – Распределение температуры в:
а) заглубленном резервуаре; б) подземном резервуаре

Таблица 1 – Теплофизические свойства воздуха, некоторых материалов и грунтов

Теплофизические свойства воздуха		Материал	Теплопроводность, Вт/(м*С)
Температура	Теплопроводность	Железобетон	1.69
t	l	Бетон	1.51
° С	Вт/(м*С)	Керамзитобетон	0.14
-150	0,0116	Пенобетон	0.08
-100	0,0160	Гранит	3.49
-50	0,0204	Мрамор	2.91
0	0,0243	Минвата	0.070
20	0,0257	Пенополиуретан	0.029
40	0,0271	Керамзит	0.18
		Песок	0.35

Вывод:

1. Присутствие железобетонного покрытия с теплоизоляцией над бетонной крышей резервуара и воздуха, имеющего очень низкий коэффициент теплопроводности (рисунок б), между ними, а также между резервуаром и грунтом, в том числе и основанием резервуара (за счет установки на шарообразные опоры) существенно снижают теплообмен, присутствующий в остальных конструкциях резервуаров и это уменьшает процесс испарения СПГ.

2. Данная конструкция позволяет вернуться к строительству более экономичных одностенных резервуаров, сохранив эксплуатационные качества двухстенного, а также обеспечить безопасность.

Литература

1. Пособие по проектированию самонапряженных железобетонных конструкций (к СНиП 2.03.01-84)
2. ВНТП 51-1-88 Ведомственные нормы на проектирование установок по производству и хранению сжиженного природного газа, изотермических хранилищ и газозаправочных станций (временные)
3. <http://www.svarkainfo.ru/rus/lib/blog/blog200509.php> Сооружение надежных резервуаров для хранения сжиженного природного газа
<http://www.highexpert.ru/content/gases/air.html> Физические свойства

Пути решения нескольких проблем, возникающих при строительстве морского участка нефтегазового трубопровода

Герасимова О. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра механики сплошных сред и морского нефтегазового дела, e-mail: ovger@mail.ru)

Аннотация. Задача ликвидации технологического разрыва берегового и подводного участков магистрального трубопровода – это одна из проблем, возникающих во время строительства морского участка нефтегазопровода. В данной статье говорится о путях её решения.

Abstract. Problems to solutions in the construction of the offshore section of oil and gas pipelines.

В ходе проектирования и строительства морского газонефтепровода решается задача ликвидации технологического разрыва берегового и подводного участков магистрального трубопровода.

Строительные работы на участке пересечения береговой линии включают в себя строительство тоннеля или устройство траншеи и протаскивание трубопровода на берег.

Технология пересечения береговой линии методом открытой траншеи предусматривает протаскивание газопровода в предварительно разработанную траншею. При этом наращивание плети газопровода осуществляется либо на трубоукладочном судне (ТУС), либо на берегу при наличии достаточной площади для устройства строительной площадки (рис. 1).

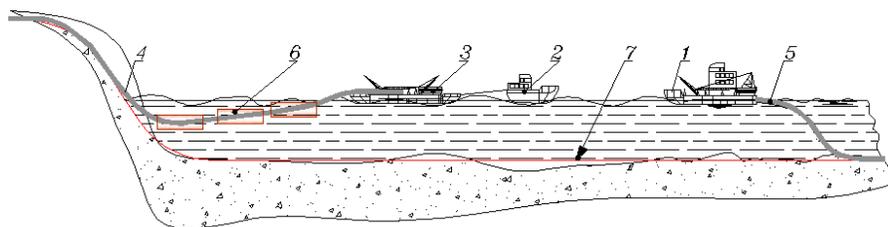


Рисунок 1 – Схема прокладки подводного морского трубопровода с использованием трубоукладочных баржи и судна:

- 1 – Трубоукладочное судно (S-метод); 2 – Буксир; 3 – Трубоукладочная баржа; 4 – Береговая часть трубопровода; 5 – Морская часть трубопровода; 6 – Понтоны; 7 – Линия подготовки траншеи

При прокладке морского трубопровода возникает ряд проблем, которые необходимо устранить.

Первая проблема – это сползание бетонной рубашки с трубы, что впоследствии может привести к возникновению положительной плавучести трубопровода. Для решения этой проблемы перед наложением бетонной рубашки необходимо провести армирование наружной поверхности трубы, с использованием сварки (рис. 2).

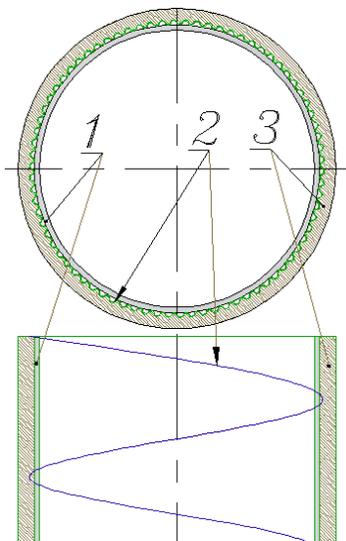


Рисунок 2 – стальная труба (1); армирующая проволока(2);
бетонная рубашка(3)

После завершения монтажа трубопровода на участке пересечения береговой линии необходимо осуществить его стыковку с основным подводным участком трубопровода, и это является следующей проблемой.

Выбор способа стыковки [1, 2]:

1 способ: соединение двух частей трубопровода производится сваркой непосредственно на трубоукладочной барже и далее при помощи тросов трубопровод опускается на морское дно (рисунки 3,4)

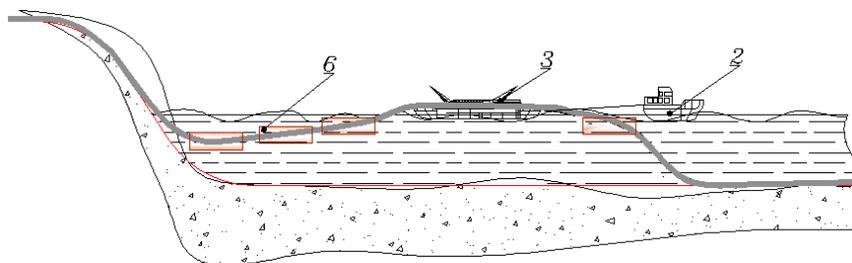


Рисунок 3 – Буксир (2); трубоукладочная баржа(3); понтоны (6)

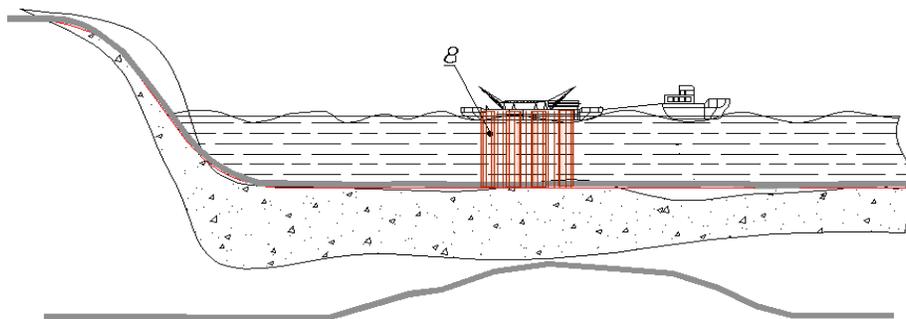


Рисунок 4 – Тросы кранбалок по борту баржи (8)

Недостаток данного способа – опасность затопления баржи и образующийся «захлест».

2 способ: Работы могут быть выполнены с помощью подводной гипербарической сварки. При этом подводная стыковка участков газопровода осуществляется под водой квалифицированными водолазами-сварщиками с помощью специальной камеры (рисунок 5).

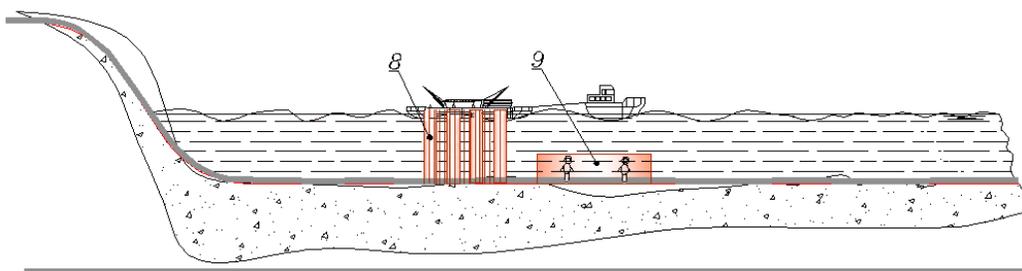


Рисунок 5 – Схема подводной стыковки участков газопровода под водой квалифицированными водолазами-сварщиками с помощью специальной камеры:

8 – Тросы кранбалок по борту баржи; 9 – специальная камера

Недостаток данного способа – опасные условия труда для водолазов

Предлагаемый способ: две ветви трубопровода опускаются в позиционирующее устройство, а далее путем небольшого протаскивания трубопровода по данному устройству производится замковая стыковка двух частей трубопровода (рис. 6, 7, 8) и в дальнейшем пространство внутри замковой части трубы и соединяемого трубопровода герметизируется. Данный участок закрывается герметизирующей крышкой (рис. 7, 9).

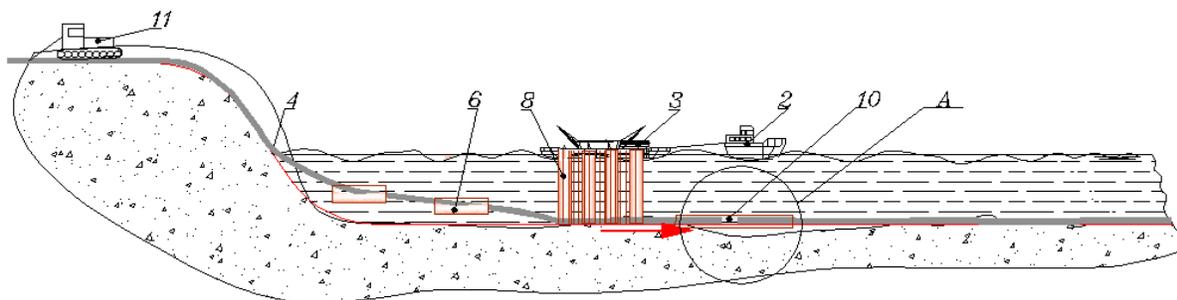


Рисунок 6 – Позиционирующее устройство (10), тягач, служащий для протаскивания наземной части трубопровода (11)

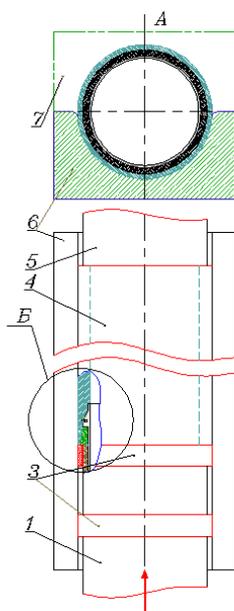


Рисунок 7 – Трубопровод с замковым концом (1); подвижные стыковочные кольца (3); замковая часть второй ветки трубопровода (4); вторая ветка трубопровода (5); позиционирующее устройство (6); герметизирующая крышка (7)

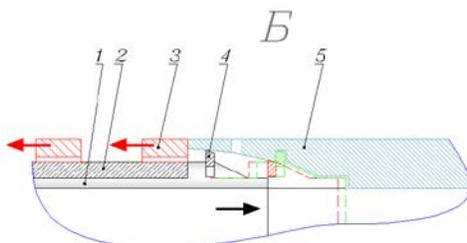


Рисунок 8 – Замковый конец первой ветки трубопровода(1), бетонная рубашка (2), подвижные стыковочные кольца (3), замковое кольцо (4), замковая часть второй ветки трубопровода (5)

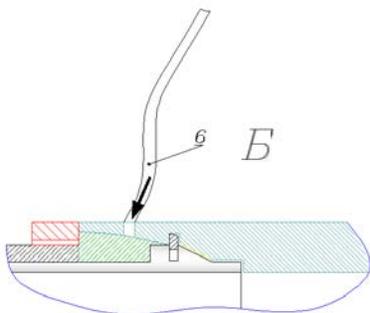


Рисунок 9 – Подача герметика (гидропломба) (6)

Технические характеристики гидропломбы: быстротвердеющая расширяющаяся цементно-песчаная смесь с крупностью заполнителя 0,2 мм предназначена для ликвидации активных и пассивных протечек воды в подземных и заглубленных строительных сооружениях, срочного ремонта резервуаров для воды, канализации, для быстрого крепления закладных деталей (анкеров, болтов, перил, петель, сантехники и т. п.) и устройства маяков [3].

Начало схватывания, не ранее, мин	2
Конец схватывания, не позднее, мин	5
Прочность раствора на сжатие, МПа:	
- 10 минут	3
- 1 час	8
- 1 сутки	15
- 28 суток	25

Литература

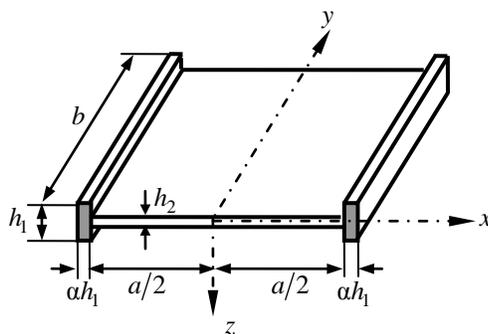
1. Ведомственные нормы проектирования и строительства морского газопровода ВН 39-1.9-005-98, Газпром, Москва 1998
2. Вневедомственные строительные нормы «Строительство магистральных трубопроводов. Подводные переходы ВСН 010-88
3. <http://www.novtehsstroy.ru/sukhie-stroitelnye-smesi/gidroplomba>

Оптимизация жесткости в задаче термоупругости для прямоугольной ребристой ортотропной пластинки при изгибе

Дарбинян А. З. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра МСС и МНГД)

Вопросам изгиба пластинки, усиленной по краям ребрами жесткости, посвящена работа [1]. Здесь рассматривается случай одновременного действия на пластинку поперечной нагрузки и температурного поля. Получены решения, удовлетворяющие условиям шарнирного опирания пластинки на ее противоположных кромках и условиям упругого опирания на свободных краях. Произведена численная реализация задачи. Определено значение температуры, при котором пластинка практически не подвергается изгибу.

Рассматривается прямоугольная ортотропная пластина размерами $a \times b \times h_2$, шарнирно опертая по продольным кромкам $y=0, y=b$ и подкрепленная ребрами жесткости сечением $\alpha h_1 \times h_1$ на свободных краях $x=\pm a/2$ (рис. 1). Предполагается, что пластинка находится под действием поперечной нагрузки $q(y)$ при наличии стационарного температурного поля $T(x, y, z)$. Пластина изготовлена из монослоев ВКМ, поочередно уложенных между



ребрами под углами $\pm\varphi$ к оси абсцисс, а на ребрах вдоль оси ординат.

Рисунок 1

Такую пластинку можно считать ортотропной, для которой уравнение изгиба пластинки при наличии температурного поля имеет вид [2, 3]

$$D_{11} \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial x^4} + 2(D_{12} + 2D_{66}) \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial x^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4 w(x, y)}{\partial y^4} +$$

$$+ \frac{\partial^2 R'_e(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 R''_e(x, y)}{\partial y^2} = q(y) \quad (1)$$

где

$$R'_e(x, y) = (B_{11}\alpha_{1r} + B_{22}\alpha_{2r}) \int_{-h_2/2}^{h_2/2} zT(x, y, z) dz$$

$$R''_e(x, y) = (B_{22}\alpha_{2r} + B_{12}\alpha_{1r}) \int_{-h_2/2}^{h_2/2} zT(x, y, z) dz$$

$$B_{11} = B_{11}^0 \cos^4 \varphi + 2(B_{12}^0 + 2B_{66}^0) \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi + B_{22}^0 \sin^4 \varphi$$

$$B_{22} = B_{11}^0 \sin^4 \varphi + 2(B_{12}^0 + 2B_{66}^0) \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi + B_{22}^0 \cos^4 \varphi$$

$$B_{12} = B_{12}^0 + [B_{11}^0 + B_{22}^0 - 2(B_{12}^0 + 2B_{66}^0)] \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi$$

$$B_{66} = B_{66}^0 + [B_{11}^0 + B_{22}^0 - 2(B_{12}^0 + 2B_{66}^0)] \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi$$

$$D_{ik} = \frac{h_2^3}{12} B_{ik}$$

α_{1r} и α_{2r} – коэффициенты температурного линейного расширения.

Допустим, что изменение температуры по толщине пластины следует линейному закону и что в плоскостях, параллельных поверхностям пластинки, температура остается постоянной. Предположим, что верхняя поверхность прямоугольной пластины имеет положительную температуру, равную $T_0 = \text{const}$, нижняя – отрицательную ($-T_0$). Выбор такого распределения температуры обусловлен тем, что в таком случае изгиб пластины от температурных напряжений будет происходить вверх и, тем самым, противодействовать действию поперечной нагрузки $q(y)$.

В этом случае, $T(x, y, z) = 2zT_0/h_2$ и

$$R'_e(x, y) = R'_e = (B_{11}\alpha_{1r} + B_{22}\alpha_{2r}) T_0 \frac{h_2^2}{6}$$

$$R''_e(x, y) = R''_e = (B_{22}\alpha_{2r} + B_{12}\alpha_{1r}) T_0 \frac{h_2^2}{6}$$

Прогиб $w(x, y)$ представляется в виде [2]

$$w(x, y) = w_1(x, y) + w_2(x, y)$$

где $w_1(x, y)$ – прогиб от нагрузки $q(y)$, а $w_2(x, y)$ – прогиб от действия температуры, который предполагается изменяющимся по параболическому закону [4]

$$w_2(x, y) = 0.5 \frac{R_e''}{D_{22}} y(b - y)$$

Граничные условия запишутся в виде:

на кромках $y = 0, y = b$ – условия шарнирного опирания

$$w = 0, \quad D_{22} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + R_e'' = 0 \quad (2)$$

на средней линии $x = 0$ – условия симметрии

$$\frac{\partial w}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0 \quad (3)$$

на кромке $x = a/2$ – условия упругого опирания на ребра жесткости

$$D_{11} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + D_{12} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + R_e' = 0 \quad (4)$$

$$EJ \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} - \alpha h_1 q = D_{11} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (D_{12} + 4D_{66}) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2}$$

где D_{ik} – цилиндрическая жесткость пластинки, $J = \alpha h_1^4 / 12$ – момент инерции ребра, E, G, B_{ik} – упругие постоянные материала пластинки.

Разлагая решение уравнения (1) в ряд Фурье и используя разложения

$$q(y) = \sum_{k=1}^{\infty} q_k \sin \lambda_k y$$

где $\lambda_k = \frac{\pi k}{b}$

$$q_k = \frac{2}{b} \int_0^b q(y) \sin \lambda_k y dy$$

получим систему относительно коэффициентов разложения.

Решение полученной системы, удовлетворяющее условиям (2) и (3), может быть различным в зависимости от корней характеристического уравнения

$$D_{11} m^4 - 2D_3 m^2 + D_{22} = 0 \quad (5)$$

где $D_3 = D_{12} + 2D_{66}$.

Очевидно, что

$$m^2 = \frac{1}{D_{11}} \left(D_3 \pm \sqrt{D_3^2 - D_{11}D_{22}} \right)$$

В зависимости от значений жесткостей пластинки показатель m может принимать как вещественные, так и комплексные значения, и, следовательно, решение однородного уравнения (1) будет иметь различные представления

1) пусть $D_3^2 - D_{11}D_{22} < 0$, тогда $m = \pm(\alpha + i\beta)$ и

$$w(x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{q_k}{D_{22}\lambda_k^4} + c_{1k} \sinh \alpha \lambda_k x \sin \beta \lambda_k x + c_{3k} \cosh \alpha \lambda_k x \cos \beta \lambda_k x \right] \sin \lambda_k y \quad (6)$$

где

$$\alpha = \sqrt{\frac{D_3 + \sqrt{D_{11}D_{22}}}{2D_{11}}}; \quad \beta = \sqrt{\frac{D_{11}D_{22} - D_3^2}{2D_{11}(D_3 + \sqrt{D_{11}D_{22}})}}$$

2) если $D_3^2 - D_{11}D_{22} > 0$, то

$$m_1 = \sqrt{\frac{D_3 + \sqrt{D_3^2 - D_{11}D_{22}}}{D_{11}}}; \quad m_2 = \sqrt{\frac{D_3 - \sqrt{D_3^2 - D_{11}D_{22}}}{D_{11}}}$$

Тогда

$$w(x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{q_k}{D_{22}\lambda_k^4} + c_{1k} \cosh m_1 \lambda_k x + c_{3k} \cosh m_2 \lambda_k x \right] \sin \lambda_k y \quad (7)$$

3) если $D_3^2 - D_{11}D_{22} = 0$, то $m_0 = m_1 = m_2 = \sqrt{\frac{D_3}{D_{11}}}$.

Тогда

$$w(x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{q_k}{D_{22}\lambda_k^4} + c_{1k} \cosh m_0 \lambda_k x + c_{3k} x \sinh m_0 \lambda_k x \right] \sin \lambda_k y \quad (8)$$

Коэффициенты c_{1k} и c_{3k} определяются из граничных условий (4). Их выражения здесь не приводятся из-за громоздкости.

Численные расчеты проведены для квадратной пластины ($a = b = 1$) при $q = 1 \text{ м} / ^2$, изготовленной из Kevlar49/ERLA4617, для которой принято

$$E_1 = 69 \text{ ГПа}, \quad E_2 = 45 \text{ ГПа}, \quad E_3 = 48 \text{ ГПа}, \quad \nu_{12} = 0.41,$$

$$\alpha_{1t} = -5.17 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1}, \quad \alpha_{2t} = 68.7 \times 10^{-6} \text{ К}^{-1},$$

Для различных значений температуры построены графики изменения прогибов пластинки на линии $y = 0.5b$ (рис. 2).

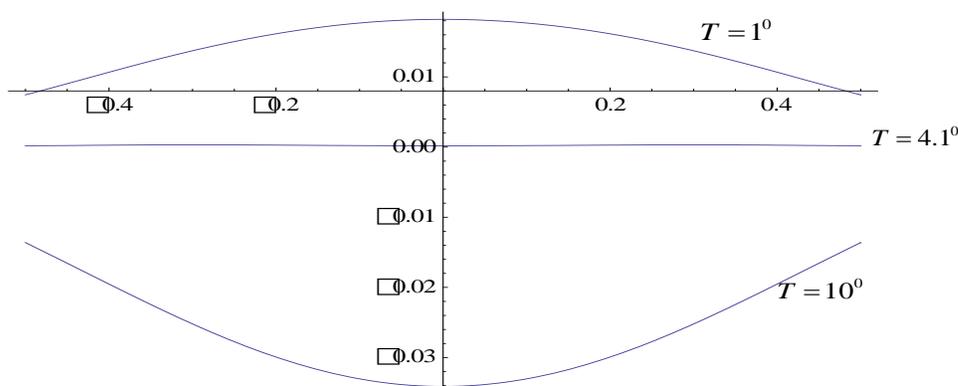


Рисунок 2

Как следует из приведенных графиков, при температуре $T = 1^\circ$ прогибы пластинки получаются положительными, т.е. большее влияние на прогибы оказывает изменение температуры. Большим значениям температуры ($T = 10^\circ$) соответствуют отрицательные прогибы, здесь влияние поперечной нагрузки более существенно. Можно определить значение температуры, при которой максимальный прогиб пластинки от совместного действия поперечной нагрузки и температуры становится равным нулю. В настоящем примере значение этой температуры получается равным $T = 4.1^\circ$.

Как следует из графиков на рис. 2 наибольшие значения прогибов на линии $y = 0.5b$ получаются равными нулю, а в других точках пластинки они незначительны. Таким образом, соответствующим выбором температуры можно добиться того, чтобы пластинка практически не подвергалась изгибным деформациям.

Автор выражает благодарность проф. М. В. Белубекяну и проф. Э. В. Белубекяну за постановку задачи и ценные советы при ее решении.

Литература

1. Белубекян Э.В., Дарбинян А.З. Оптимизация по прочности прямоугольной пластинки из композиционного материала, усиленной по краям ребрами

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

жесткости. // 6-ая Всесоюзная конф. по композ. матер. Ереван – Ленинакан: 1987. Т.2. С. 51-52.

2. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. М., Наука, 1987.
3. Белубекян М.В., Саргсян М.Г., Саноян Ю.Г. Управление перемещениями в пьезопластинках с помощью электрического поля. // Вестник инженерной академии Армении. 2009. Т.6. №2. С.255-261.
4. Тимошенко С.П., Войновский – Кригер С. Пластинки и оболочки. М.: Физматгиз, 1963. 635с.

Сланцевый газ – мифы и реальность

Клименко Н. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра механики сплошных сред и морского нефтегазового дела)

Аннотация. Сланцевый газ – это альтернативный вид топлива, добываемый из горючих сланцев газ. Одни считают сланцевый газ могильщиком нефтегазового сектора российской экономики, а другие – грандиозной аферой планетарного масштаба. По своим физическим свойствам очищенный сланцевый газ принципиально ничем не отличается от традиционного природного газа. Однако технология его добычи и очистки подразумевает гораздо большие по сравнению с традиционным газом затраты.

Abstract. Shale gas – an alternative fuel produced from shale gas. Some believe shale gas gravedigger oil and gas sector of the Russian economy, and the other – a grand scam planetary scale. Physical properties purified shale gas fundamentally no different from traditional natural gas. However, the technology of it is production and purification implies a much greater compared to conventional gas costs.

Сланцевый газ реально существует, его можно добыть из недр планеты и продать на глобальном рынке. Именно так и поступили некоторые американские компании. Появление сланцевого газа на рынке повлияло на спрос российского газа, и это дало повод некоторым экспертам утверждать, что скоро сланцевый газ обрушит цены на традиционные нефть и газ.

Добыча сланцевого газа предполагает горизонтальное бурение и гидроразрыв пласта (рис.1). Горизонтальная скважина прокладывается через слой газоносного сланца. Затем внутрь скважины под давлением закачиваются десятки тысяч кубометров воды, песка и химикатов. В результате разрыва пласта газ по трещинам поступает в скважину и далее на поверхность.

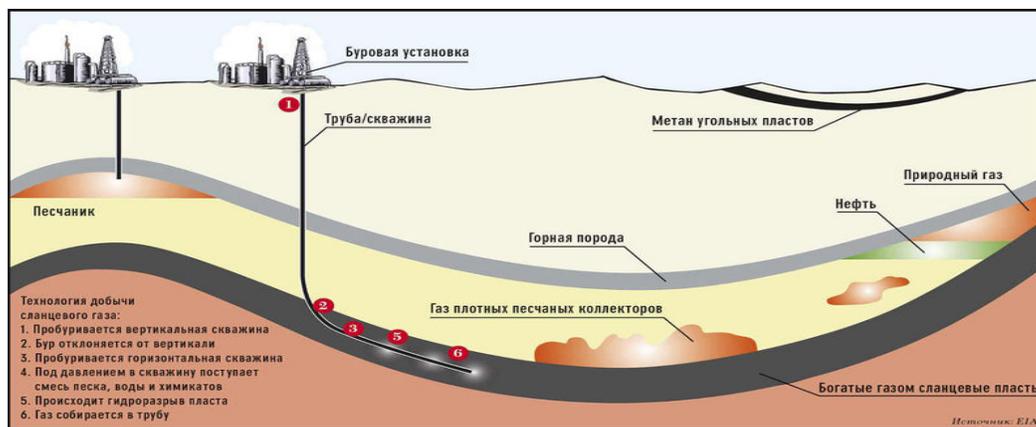


Рисунок 1 – Схема добычи сланцевого газа

Данная технология наносит колоссальный вред окружающей среде. Независимые экологи подсчитали, что специальный буровой раствор содержит 596 наименований химикатов: ингибиторы коррозии, загустители, кислоты, биоциды, ингибиторы для контроля сланца, гелеобразователи. Для каждого бурения нужно до 26 тыс. кубометров раствора. Назначение некоторых химикатов:

- соляная кислота помогает растворять минералы;
- этиленгликоль борется с появлением отложений на стенках труб;
- изопропиловый спирт используется для увеличения вязкости жидкости;
- глютаральдегид борется с коррозией;
- легкие фракции нефти используются для минимизации трения;
- гуар овая камедь увеличивает вязкость раствора;
- пероксодисульфат аммония препятствует распаду гуаровой камеди;
- формамид препятствует коррозии;
- борная кислота поддерживает вязкость жидкости при высоких температурах;
- лимонная кислота используется для предотвращения осаждения металла;
- хлорид калия препятствует прохождению химических реакций между грунтом и жидкостью;
- карбонат натрия или калия используется для поддержания баланса кислот.

Десятки тонн раствора из сотен наименований химикатов смешиваются с грунтовыми водами и вызывают широчайший спектр непрогнозируемых негативных последствий. При этом разные нефтяные компании используют различные составы раствора. Опасность представляет не только раствор сам по себе, но и соединения, которые поднимаются из-под земли в результате гидроразрыва. В местах добычи наблюдается мор животных, птиц, рыбы, кипящие ручьи с метаном. Домашние животные болеют, теряют шерсть, умирают. Ядовитые продукты попадают в питьевую воду и воздух. У американцев, которым не посчастливилось жить поблизости от буровых вышек, наблюдаются головные боли, потери сознания, нейропатии, астма,

отравления, раковые заболевания и многие другие болезни.

Отравленная питьевая вода становится непригодной для питья и может иметь цвет от обычного до черного.

Природный газ не имеет запаха. Тот запах, который мы чувствуем, издают одоранты, специально подмешиваемые для выявления утечек. Перспектива создать искру в доме, полном метана, заставляет перекрыть водопровод наглухо в такой ситуации. Бурение новых скважин для воды становится опасным. Можно нарваться на метан, который ищет выход на поверхность после гидроразрыва. Например, так произошло с фермером, который решил сделать себе новый колодец вместо отравленного – фонтан метана бил три дня. По подсчетам специалистов в атмосферу ушло 84 тысячи кубометров газа.

Несмотря на то, что «сланцевая революция» широко разрекламирована, технические и экономические подробности добычи не афишируются. Себестоимость добычи сланцевого газа составляет в США на 2012 год не менее 150 долларов за тысячу кубометров – втрое больше, чем себестоимость традиционного российского газа.

Это при том, что в Америке газоносные пласты залегают сравнительно неглубоко. По мнению экспертов, себестоимость добычи сланцевого газа в таких странах, как Украина, Польша и Китай, будет в несколько раз выше, чем в США. Для экспорта же сланцевого газа в Европу из США потребуются затраты на сжижение и разжижение.

Для добычи сланцевого газа необходимо бурить гораздо больше скважин, так как срок их службы низок. 63 % мирового парка буровых установок расположены на территории США и Канады. И вся эта инфраструктура обеспечивает лишь 15-20 % от мирового производства нефти. Если просто принять, что буровые установки везде одинаковые, а месторождения – всё-таки разные, то получается, что сейчас США и Канада тратят в три-четыре раза больше материальных ресурсов на каждый добытый баррель нефти или полученный кубометр газа.

Со временем качество скважин и, соответственно, срок их эксплуатации падают ускоряющимися темпами. Для добычи сланцевого газа в США строить трубопроводы не имеет смысла, так как скважины слишком быстро

вырабатывают свой ресурс. К тому же газодобывающие компании стремятся максимально быстро свернуть производство, чтобы пострадавшим местным жителям было сложнее взыскать материальный ущерб. Поэтому для транспортировки газа используется автотранспорт, что удорожает добычу ещё сильнее.

По составу сланцевый газ имеет намного больше примесей, поэтому требуются дополнительные затраты на его очистку.

По оценкам ряда экспертов добыча сланцевого газа в США убыточна и дотируется государством.

Несмотря на созданный имидж, технологии добычи в США оставляют желать лучшего. Попутный газ активно сжигается.

В Европе добыче сланцевого газа сильно мешают высокая плотность населения и глубокое залегание сланцевых пластов. Под давлением общественности правительства европейских стран одно за другим наложили мораторий на добычу сланцевого газа. Однако в Германии газодобытчики смогли добиться некоторого успеха. В домах немцев тоже начала гореть питьевая вода и трескаться стены. Сейчас дело продвигается к запрету технологии гидроразрыва и в Германии.

Наибольшие шансы приступить к промышленной добыче сланцевого газа были у Польши по нескольким причинам. Во-первых, на её территории обнаружены самые крупные месторождения в Европе. Во-вторых, у Польши присутствует огромное желание покончить с зависимостью от поставок российского газа. Достаточно вспомнить, что благодаря упорству поляков был проложен Северный поток и теперь цены на газ для Польши самые высокие в Европе.

Таким образом, несмотря на рекламную кампанию и политические усилия самое крупное месторождение в Европе оказалось нерентабельным.

Добыча сланцевого газа в США оказала негативное влияние на рыночное положение «Газпрома». В 2012 было заморожено освоение Штокмановского месторождения, так как добытый газ предполагалось поставлять в США. Мировой рынок – единое целое и увеличение предложения газа в одном регионе планеты закономерно привело к снижению мировых цен на газ. В результате снижения цен «Газпром» недосчитался

значительной доли прибыли. Однако последствия для компаний США оказались катастрофическими, так как цена оказалась ниже себестоимости добычи.

Шумиха вокруг сланцевого газа использовалась восточноевропейскими странами как рычаг давления на Россию. Польская сторона использовала сланцевые проекты как повод для торговли по цене на российский газ.

Такой же способ давления использовали власти Украины. Однако сланцевый газ далеко не первый и не последний «аргумент» в череде попыток шантажа России. До сланца были добыча на шельфе и строительство терминала под Одессой, которое обернулось национальным позором. Строительство терминала широко разрекламировали, на открытие пригласили иностранных гостей. К месту строительства будущего терминала даже начали прокладывать трубу. Однако Джорди Сандра Бонвеи, подписавший с украинской властью контракт стоимостью в миллиард с лишним долларов, оказался мошенником.

Добыча сланцевых нефти и газа сталкивается с рядом проблем, которые в самом ближайшем будущем могут начать оказывать на эту отрасль существенное влияние;

- добыча рентабельна только при том условии, что добывается одновременно и газ, и нефть. То есть добыча только сланцевого газа – слишком дорогое удовольствие. Легче добывать его из океана по японской технологии.

- если учесть стоимость газа на внутренних рынках США, можно заключить, что добыча сланцевых ископаемых находится на дотациях. При этом надо помнить, что в других странах, добыча сланцевого газа будет ещё менее рентабельна, чем в США.

- уж слишком часто мелькает на фоне всей истерии про сланцевый газ имя Дика Чейни, бывшего вице-президент США. Дик Чейни стоял у истоков всех американских войн первого десятилетия XXI века на Ближнем Востоке, которые и привели к росту цен на энергоносители. Это наводит некоторых экспертов на мысль о том, что эти два процесса были тесно взаимосвязаны.

- добыча сланцевого газа и нефти, вероятно, может вызвать очень серьезные экологические проблемы в регионе добычи. Влияние может

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

оказываться не только на грунтовые воды, но и на сейсмическую активность. Немалое число стран и даже штатов США ввели мораторий на добычу сланцевых нефти и газа на своей территории.

– сланцы сами по себе являются весьма ценным материалом, который уничтожается при добыче из них газа

Прогноз: держащаяся на дотациях разработка сланцевого газа скоро окончится совсем.

Литература

1. РАДИО "Военное Обозрение".
2. <http://topwar.ru/23672-perspektivy-slanceвого-gaza-mify-i-realnost.html>
1. http://www.orator.ru/stories_slancewyi_gaz.html Владимир В. Федоров
Сланцевый газ: миф или реальность? <http://sluzhuotechestvu.info/index.php/gazeta-sluzhu-otechestvu/arkhiv-2013/iyun-2013/item/932-Сланцевая-революция-мифы-и-реальность.html>

Подход к решению некоторых задач в нефтегазовом секторе

Коротаев Б. А. (г. Мурманск, МГТУ, кафедра механики сплошных сред и морского нефтегазового дела)

Решение прикладных задач или обработка экспериментальных данных по вопросам прогрева и остывания тела, процесса падения пластового давления в продуктивном пласте, вопрос теплопередачи от продукта в магистральном трубопроводе в окружающую среду связано с решением дифференциальных уравнений. При решении круга таких задач применяются все средства высшей математики. Кроме этого рассматриваемые физические процессы происходят во времени и по пространству.

Далее рассмотрим каждый вопрос по решению одной из поставленных задач и рассмотрим для начала – остывание тела. Для решения такого вопроса применяют закон Ньютона и решение этого вопроса не вызывает сложности:

$$\frac{dT}{dx} = \alpha(T - T_0),$$

и его решение

$$T = T_{oc} + (T_n - T_{oc})e^{-kx}.$$

Форма записи дифференциального уравнения в среде Математика

$$T'[x] == \alpha \times (-T[x] + T_0), T[0] == 147, T, \{x, 0, 1.19\},$$

где k , α – параметры процесса.

Процесс прогрева тела происходит по времени и по пространству.

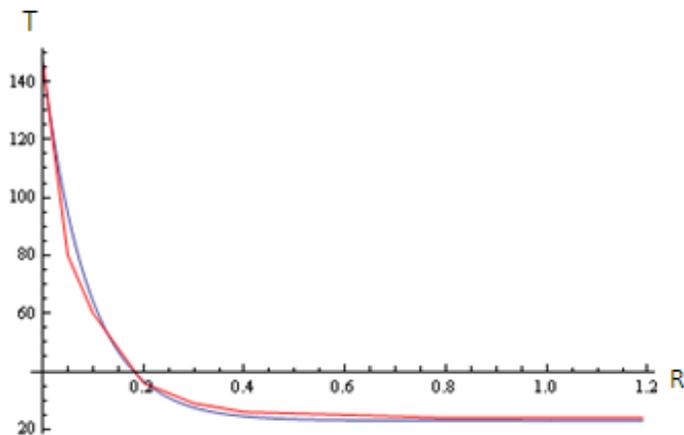


Рисунок 1 – Прогрев тела по пространству при установившемся теплообмене. Сопоставление расчетных значений температуры и экспериментальных значений

Процесс прогрева тела довольно трудно описать по времени не только аппроксимирующими функциями, но и подобрать уравнение описывающее этот процесс. Аппроксимация прогрева тела в данной точке кубическим уравнением показана на следующем рисунке. Кубическое уравнение справедливо только для этого временного интервала.

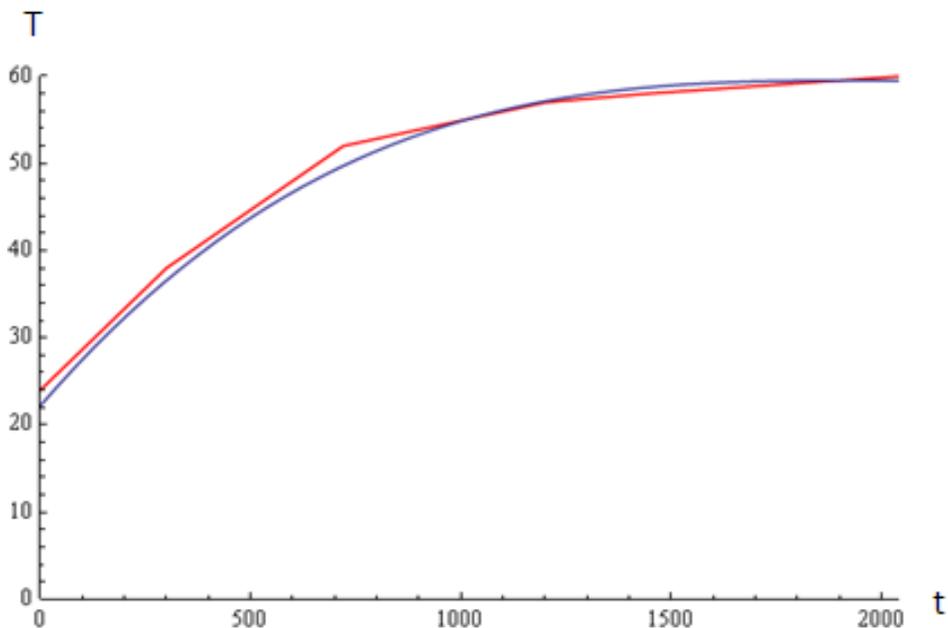


Рисунок 2 – Прогрев во времени первой точки замера температуры.

Сопоставление расчетных значений и экспериментальных

Для описания процесса прогрева тела по времени в данной точке предлагается следующая зависимость:

$$T = \frac{T_{\text{н}} k}{t + \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{oc}}}} - (T_{\text{гр}}) e^{-\alpha t} + T_{\text{гр}}$$

где t - время, $T_{\text{н}}$ - температура нагревателя, $T_{\text{гр}}$ - граничное значение температуры, T_{oc} - температуры окружающей среды, k - коэффициент процесса, α – константа. Стабилизация расчетной температуры произошла на 2040 секунде, процесс расчета продлен до 4000 с целью показа возможности экстраполяции по времени.

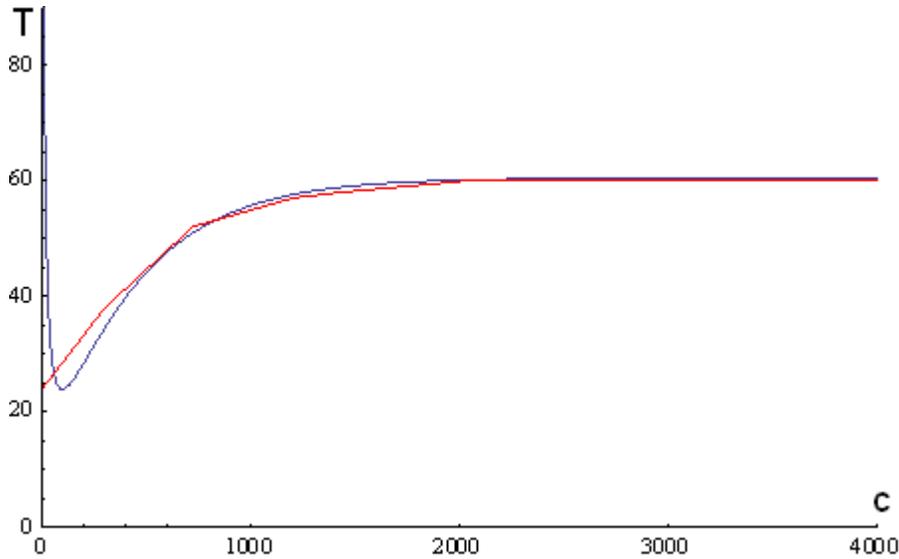


Рисунок 3 – Прогрев тела по времени первой точки замера температуры.
Сопоставление расчетных значений и экспериментальных.

Допустима экстраполяция по времени

Для описания процесса прогрева тела по времени и по пространству применили следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \frac{\partial T}{\partial x} = T(x, t)$$

Решение данного дифференциального уравнения приведено на рис.

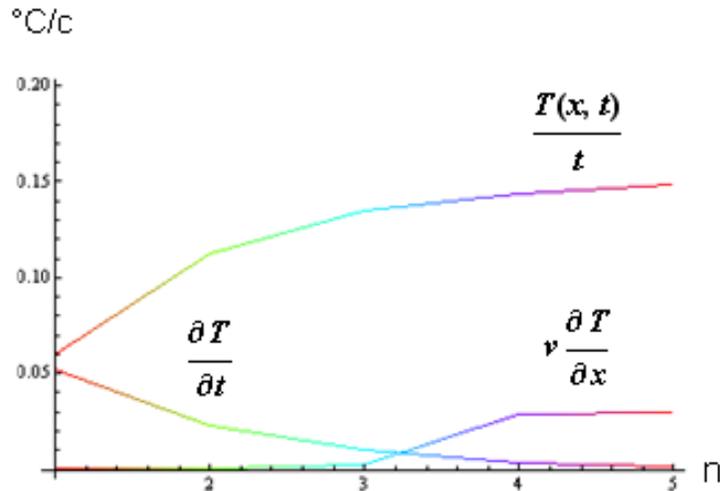


Рисунок 4 – Решение дифференциального уравнения, Где n – число интервалов, в которых производились расчеты

Процесс прогрева тела по времени и по пространству показан на следующем графике.

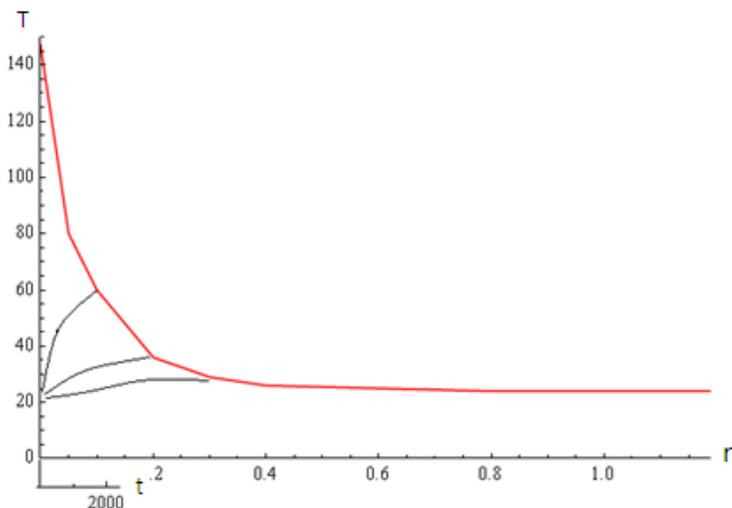


Рисунок 5 – Прогрев тела по пространству при установившемся теплообмене и ход прогрева первых трех точек по времени

Расчет процесса прогрева тела по времени производили также разностным методом для трех точек пространства. На следующем рисунке приведен пример расчета прогрева тела по времени разностным методом для первой точки.

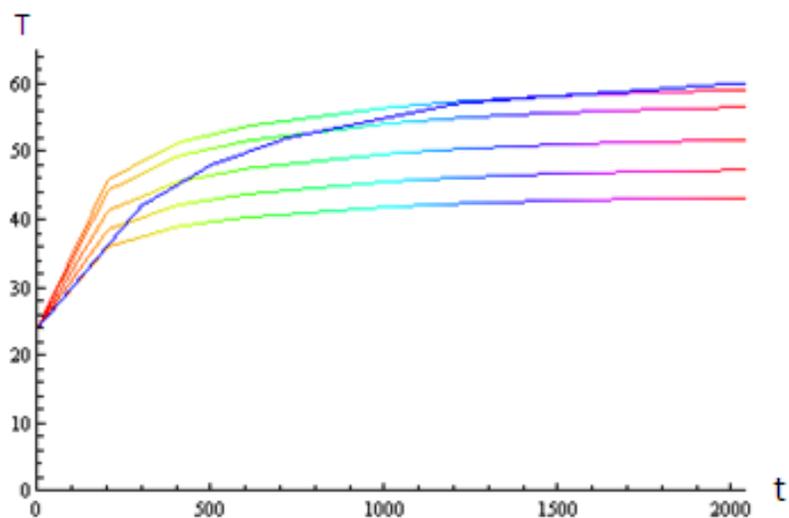


Рисунок 6 – Сопоставление экспериментальных данных с расчетным разностным методом. Шифр кривых – шаги итерации.

Экстраполяция по времени невозможна

Шаг по времени составлял 200 сек, шаг по расстоянию зависел от сходимости. Расчет прекращался тогда, когда разница между граничным значением и расчетным составляла менее одного градуса. Это решение напоминает задачу о “черном ящике”. Если известно хотя бы первое

приближение, то решение задачи не представляет труда. На рис. 7 приведен график экспериментальных значений температуры и метода последовательных приближений при известном первом приближении. Однако экстраполяция по времени невозможна.

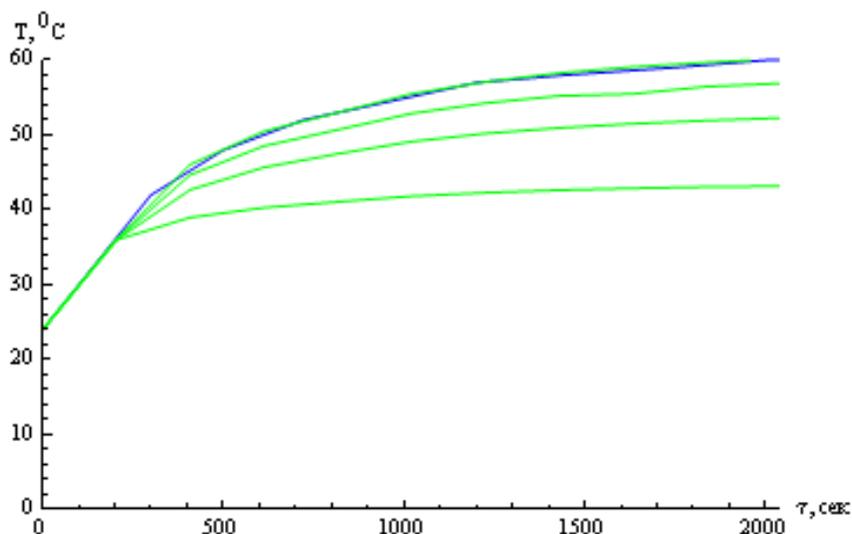


Рисунок 7 – Сопоставление экспериментальных данных с расчетным разностным методом. Шифр кривых – шаги итерации

Падение пластового давления на месторождении зависит не только от ФЕС (фильтрационно емкостных свойства коллектора), но и от темпа отбора флюида.

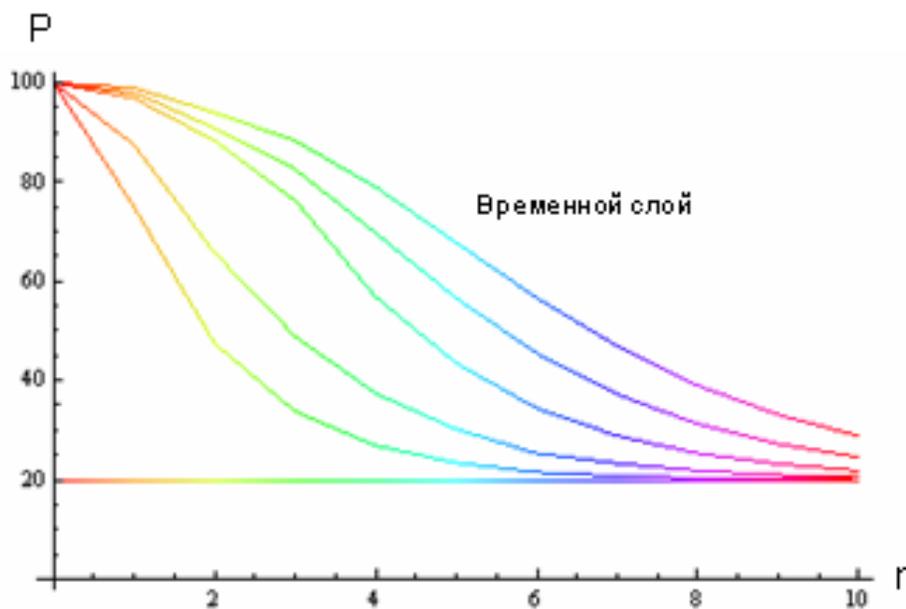


Рис унок 4 – Падение давления в пласте во времени и по пространству.

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

Выводы:

1. Разностные методы позволяют решать многие задачи нефтегазового сектора.
2. Экстраполяцию по времени допускает предлагаемая зависимость. По ней можно определить первое приближение.

Литература

1. Основы компьютерного моделирования. РГУ нефти и газа им. И.М Губкина. 2000 г.
- Теория разностных схем. А.А Самарский. Наука, 1977г.

Мониторинг строения, состава и свойств грунтовой толщи при строительстве подводного перехода газопровода Бованенково-Ухта через Байдарацкую губу Карского моря

Рокос С. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПУ «МГТУ», кафедра механики сплошных сред и морского нефтегазового дела)

В течение 1988-2005 гг. ОАО «Арктические Морские Инженерно-Геологические Экспедиции» (АМИГЭ) проводило комплексные инженерно-геологические изыскания в Байдарацкой губе Карского моря для строительства подводного перехода магистрального трубопровода Бованенково-Воркута. Согласно проекта через губу должно быть построено четыре нитки магистрального трубопровода (диаметром 1219х27 из стали Х65 с обетонированием толщиной 85мм) протяженностью около 60км. Укладка трубопровода выполнялась S-способом в заранее подготовленную траншею глубиной 3.5м и шириной 2м. После укладки траншея должна быть засыпана песчано-гравийной смесью.

В 2008 г. началось строительство подводного перехода. Автор, в качестве консультанта, присутствовал при проходке траншеи на борту судна-земснаряда «Утрехт» (Голландия), представляющего собой землесос рефулерного типа (землесос). Насадки рабочих органов (всасов) земснаряда размывают и послойно срезают грунт, а мощные насосы через систему внутренних трубопроводов всасывают срезанный и размывтый грунт в бункерный трюм (Рис. 1). Данные, полученные при наблюдении за составом и свойствами материала, поступающего в бункерный трюм судна-земснаряда, позволили оценить строение и состав грунтовой толщи и сравнить их с результатами инженерно-геологических изысканий.

Согласно материалов инженерно-геологических изысканий в интервале проходки траншеи грунтовая толща представлена тонким (менее 1 м) прерывистым слоем пылеватых песков морского голоценового комплекса (mH). Эти пески перекрывают слабоконослитированные текучие-мягкопластичные глинисто-суглинистые грунты аллювиально-морского верхнеплейстоценового

комплекса (amIII²kr). Слабоконсолидированные осадки подстилаются морскими верхненеоплейстоценовыми переуплотненными суглинками твердой-тугопластичной консистенции (mIII¹kz). В суглинках встречаются единичные крупнообломочные включения валунной размерности.

Материал, поступающий в бункерный трюм землесоса, при проходке траншеи различался по своему облику, составу и свойствам в зависимости от характера донных грунтов. На участках, где проходка траншеи выполнялась в суглинках твердой-тугопластичной консистенции, материал в бункерном трюме был представлен пластинчатыми срезками размером до 0.2-0.4м (Рис. 2).

Такая форма грунтовых фрагментов обусловлена относительно высокой прочностью, связанностью и тонким составом. Благодаря этим свойствам, механически срезанные фрагменты грунтового массива, не претерпевали разрушения и существенного смятия при размыве и всасывании рабочим органом земснаряда, а также при транспортировке по внутренней трубопроводной системе в бункерный трюм. По своей текстуре, цвету и составу фрагменты-срезки соответствовали грунтам, полученным из слоя твердых-тугопластичных суглинков в кернах инженерно-геологических скважин.





Рисунок 1 – Общий вид рабочего органа земснаряда Утрехт (слева) и режущей насадки (справа)



Рисунок 2 – Срезки суглинистых грунтов твердой-тугопластичной консистенции в бункерном трюме

При проходке траншеи в преимущественно слабоконсолидированных глинисто-суглинистых образованиях текучей-мягкопластичной консистенции, бункерный трюм заполнялся тестообразной массой (рис. 3). Очевидно, что такой характер материала обусловлен перемешиванием слабоконсолидированного грунта при всасывании его рабочим органом землесоса и перемешиванием при транспортировке по внутренним трубопроводным линиям судна.

Первичный структурно-текстурный облик грунта и свойства при этом полностью утрачивались.

При проходке траншеи в песках бункерный трюм оставался не заполненным. По видимому песчаный грунт, в составе которого, по данным изысканий ОАО АМИГЭ, преобладают наиболее гидравлически подвижная фракция 0.10-0.25мм, полностью размывался при работе гидромониторов рабочего органа землесоса.

Кроме того при разработке траншеи в зоне развития переуплотненных тугопластичных-твердых морских суглинков верхнего неоплейстоцена в бункерный трюм иногда попадали валуны размером до 0.5м (Рис. 4). Редкие включения таких валунов были отмечены в материалах инженерно-геологических изысканий ОАО АМИГЭ.

В целом состав и свойства грунтового материала, поступавшего в бункерный трюм земснаряда «Утрехт» соответствуют строению грунтовой толщи, представленному на инженерно-геологических разрезах, а физико-механические свойства грунтов в бункерном трюме – результатам лабораторных определений (с учетом смятия и перемешивания материала из слабых грунтов).

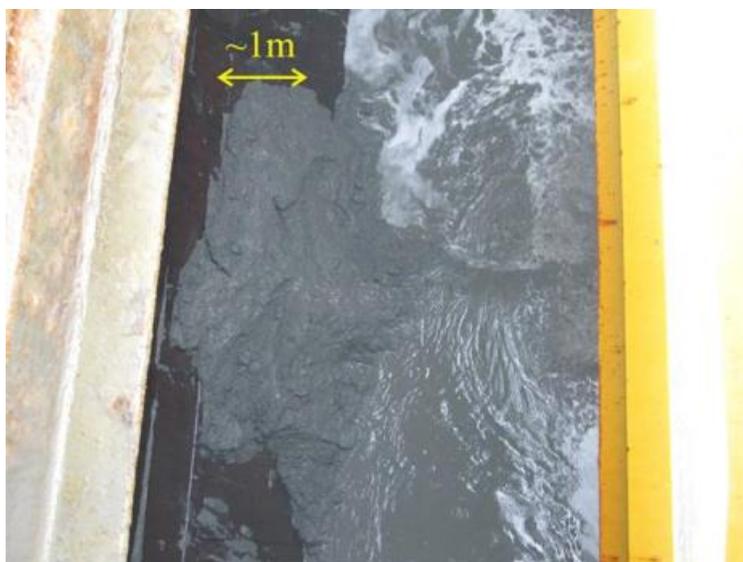


Рисунок 3 – Тестообразная масса в бункерном трюме, полученная при проходке траншеи в районе развития текучих-мягкопластичных глинисто-суглинистых грунтов



Рисунок 4 – Крупный валун из морских верхнеплейстоценовых суглинков,
извлеченный из бункерного трюма

Измерение давления подводного фонтанирования на примере выброса газа в Печорском море

Рокос С. И.¹, Глазов В. А.², Новосёлов А. Е.²

¹ (г. Мурманск, ОАО АМИГЭ)

² (г. Мурманск кафедра МСС и МНД МГТУ)

Аннотация. В результате инженерно-геологических исследований, ОАО АМИГЭ (г. Мурманск) в северо-восточной части Печорского моря, были выявлены необычные для данного района структуры в верхней части осадочного чехла и аномальные формы донного рельефа. При бурении одной из скважин на участке между диапироподобными поднятиями на глубине 50 м ниже поверхности дна было вскрыто скопление газа с аномально высоким пластовым давлением. В своей работе мы подобрали зависимость, с помощью которой возможно определить давление, при котором залегает подобное скопление газа.

Abstract. Comprehensive engineering-geological survey carried out by AMIGE in the northeast of the Pechora Sea resulted in identifying some outstanding features of shallow sedimentary section expressed in the seafloor topography. An accumulation of shallow gas with excess formation pressure was discovered between the domes at 50 m bsf when drilling. In our work we picked out an equation, which allows to determine the pressure at which such accumulation of gas lies.

Ключевые слова: газ, давление, фонтанирование, диапироподобные структуры.

Key words: gas, pressure, blowouts, diapirs.

Наличие многолетнемерзлых пород является основным источником инженерных рисков при освоении нефтегазовых месторождений Печорского моря. На основании ранее полученных материалов на шельфе Печорского моря предполагалось также наличие приповерхностных зон скоплений газа с аномально высоким давлением и газогидратов [1]. В результате проведенных в последние годы исследований были выявлены многочисленные диапироподобные поднятия, сложенные мерзлыми льдистыми грунтами, и связанные с ними скопления газа с аномально высоким пластовым давлением. По морфологическим признакам диапироподобные поднятия сходны с пинго (булгунняхами), которые широко развиты на прилегающей суше.

Район, где были выявлены диапироподобные поднятия, расположен в северо-восточной части Печорского моря (рис. 1). Он приурочен к верхней

части склона, отделяющего пологое мелководное (глубина моря менее 50 м) акваториальное продолжение Печорской низменности и более глубоководную Южно-Новоземельскую впадину [3]. Поднятия распространены в пределах переуглубленной впадины с относительным понижением 15-20 м. Глубина моря в пределах этой впадины составляет 50-75 м (см. рис. 1).

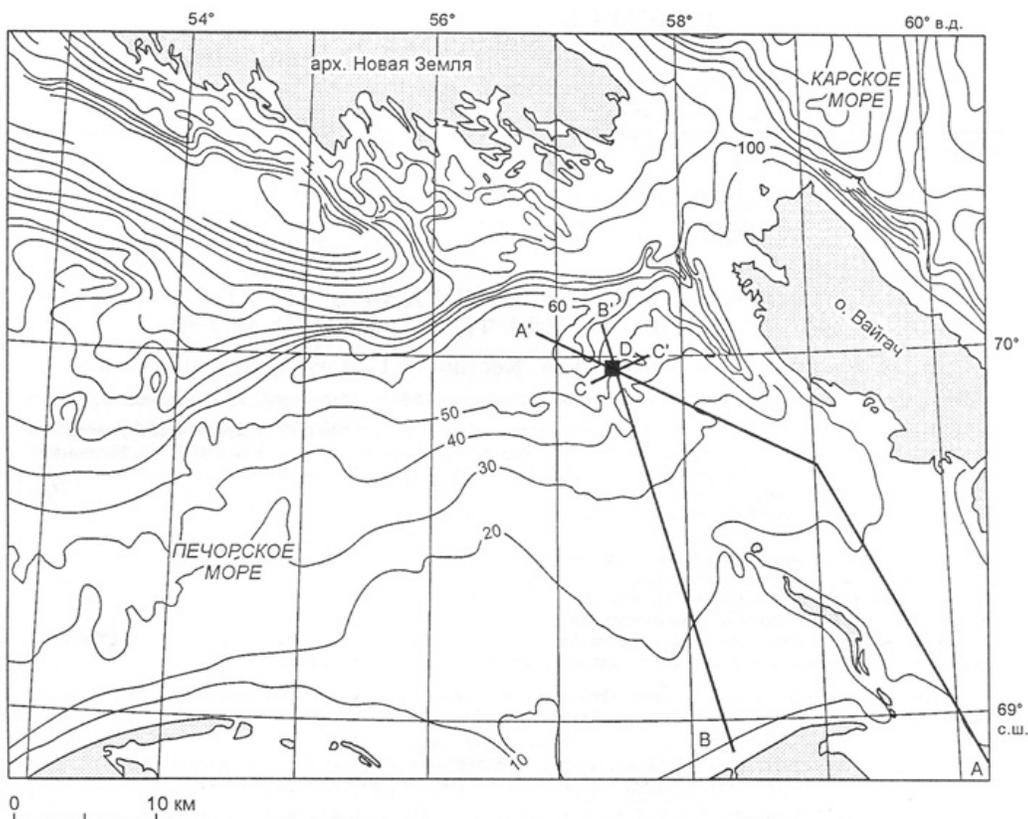


Рисунок 1 – Местоположение области развития диапроподобных поднятий: А-А', В-В', С-С' – региональные профили сейсмического профилирования; D – площадь проведения исследований (вне масштаба)

При бурении одной из скважин на участке между диапроподобными поднятиями на глубине 49,5 м скважиной была вскрыта зона аномально высокого пластового давления. В результате произошел интенсивный выброс газа. Это привело к формированию на поверхности моря «котла кипения» диаметром 100-200 м, внутри которого отмечалось бурление воды, сопровождаемое отчетливо видимыми газовыми пузырями и выбросом взвешенных частиц грунта. Проявлений и следов жидких углеводородов (нефти, газоконденсата и т.п.) не наблюдалось. На эхограмме морского дна наблюдается фонтан свободного газа через 3 дня после выброса (см. рис. 2) [2].

Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»

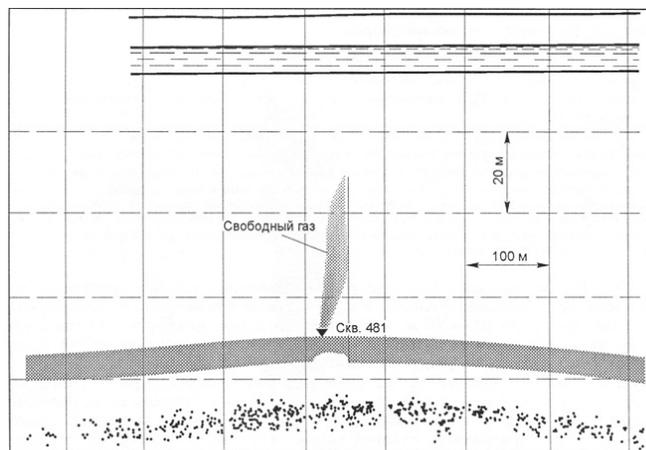


Рисунок 2 – Эхограммы морского дна в районе скв 481.

В точке скв. 481 в водной толще отчетливо наблюдается фонтан свободного газа через 3 дня после выброса

Специалисты АМИГЭ полагают, что скопления газа с аномально высоким давлением связаны с наличием мощной толщи мерзлых льдистых грунтов. Эта толща играет роль своеобразной крышки, которая практически непроницаема для биогенного газа, скопившегося в нижележащих горизонтах осадочного разреза. Таким образом, биогенный газ, накапливаясь у подошвы мерзлой толщи, формирует локальные газовые «карманы»[4].

Целью данной работы был подбор примерной зависимости для определения давления, при котором произошел выброс газа в Печорском море. В лабораторных условиях была подготовлена экспериментальная установка, которая состоит из: 1 – шланг отвода газа и воды, 2 – стеклянная колба, 3 – шланг подвода газа от компрессора, 4 – шланг подвода воды, 5 – манометр (см. рис. 3)



Рисунок 3 – Экспериментальная установка

Полагая, что на сейсмограмме был виден только «стержень» фонтана газо-водной смеси, а не поток свободного газа, в установку вводилась газоводяная смесь. Далее были сопоставлены данные полученные на модельной установке с эхограммой фонтанирования реального выброса (см. рис. 4).



Рисунок 4 – Сопоставление экспериментального и реального фонтанирования

Полученные данные были сведены в таблицу, где P – давление, Па, H , м – высота подъема струи фонтана, $Q, \frac{м^3}{с}$ – расход жидкости (см. табл.1).

Таблица 1 – Полученные результаты

P , Па	H , м	$Q, \frac{м^3}{с}$
45596,25	0,055	0,0000306
55728,75	0,065	0,0000302
65861,25	0,08	0,0000299
75993,75	0,095	0,0000294
86126,25	0,115	0,000029

По полученным данным построен график зависимости давления от высоты подъема струи подводного фонтана (см. рис.5)

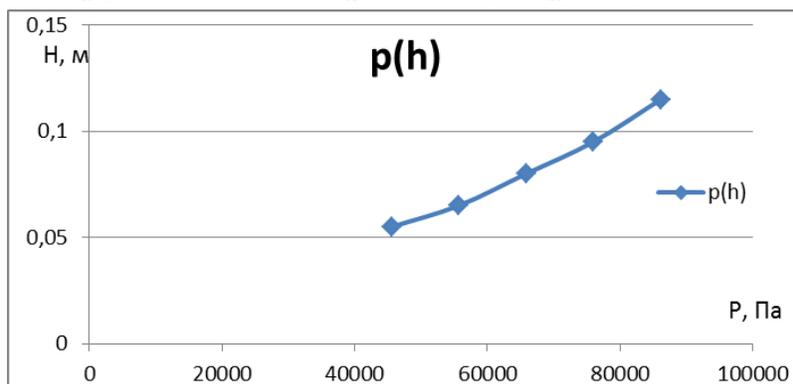


Рисунок 5 – График зависимости давления от высоты подъема струи фонтана

В результате было получено уравнение вышеописанной зависимости

$$H = P^2 \cdot 10^{-11} - 4 \cdot 10^{-7} \cdot P + 0.042,$$

где P – давление, Па, H , м – высота подъема струи фонтана.

Принимая высоту фонтана в Печорском море $H=40$ м, получаем расчетное давление $P = 2.019 \cdot 10^6$ Па.

Выводы:

1. Подводный выброс состоит из «стержня» фонтана и точки выхода растворенного газа из газовой смеси.
2. Оценочное давление газа составило примерно 2 МПа.

Литература

1. Gritsenko I.I., Bondarev V.N. Subsea Permafrost, Gas Hydrates and Gas Pockets in Cenozoic Sediments of the Barents, Pechora and Kara Seas: Preprint 4-th World Petroleum Congress, topic 6, Stavanger, 1994.
2. Бондарев В.Н., Рокос С.И., Костин Д.А., Длугач А.Г., Полякова Н.А. Подмерзлотные скопления газа в верхней части осадочного чехла Печорского моря // Геология и геофизика, 2002, т. 43, № 7, с. 587–598
3. Гриценко И.И. Условия распространения верхнекайнозойских отложений баренцевоморского региона и современный морфоструктурный план // Проблемы кайнозойской палеогеографии и палеоэкологии арктического бассейна. Мурманск, КНЦ АН СССР, 1989, с. 14-16.
4. Рокос С.И. Стратиграфия и геохронология четвертичных отложений мелководного шельфа Печорского и Карского морей по данным инженерно-геологического бурения // Эволюция биологических процессов и морские экосистемы в условиях океанического перигляциала (Тез. международной конференции, октябрь 1996 г.) Мурманск, ММБИ, 1996, с. 22-23.

**ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО
И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ
В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Анализ показателей дополнительного профессионального образования на примере 2013 года

Александрова Е. А.¹, Романовская Ю.В.²

¹(г. Мурманск, ГОАУЗ «Мурманский областной консультативно-диагностический центр», e-mail: a_alexandrova@list.ru),

²(г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: y-romanovskaya@yandex.ru)

Аннотация. В работе анализируются статистические показатели, представленные в Бюллетене «Дополнительное профессиональное образование работников в организациях в 2013 г.». Это позволяет оценить текущую ситуацию с дополнительным профессиональным образованием как в выбранных субъектах Российской Федерации, так и в отдельных отраслях экономической деятельности.

Abstract. The work analyzes the statistical indicators presented in the Bulletin "Additional professional education of employees in organizations in 2013". This allows to evaluate the current situation of additional vocational training in selected subjects of the Russian Federation and in certain sectors of economic activity.

Ключевые слова: дополнительное профессиональное образование.

Key words: additional vocational training.

В соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» [1] дополнительное образование наряду с общим и профессиональным образованием выделено в отдельный вид. Дополнительное профессиональное образование (далее – ДПО) направлено на удовлетворение образовательных и профессиональных потребностей, профессиональное развитие, обеспечение соответствия квалификации работника меняющимся условиям профессиональной деятельности. ДПО осуществляется по программам: повышения квалификации и профессиональной переподготовки.

Целью настоящей работы является исследование современной ситуации с дополнительным профессиональным образованием в России на основе статистических показателей, представленных в Бюллетене «Дополнительное профессиональное образование работников в организациях в 2013 г.» [2]. Для достижения поставленной цели проанализированы сведения о численности

прошедших обучение, о возрастной и половой структуре, о численности работников разных категорий, о преобладании категорий работников по программам и формам обучения, а также о предпочтительной длительности курса дополнительного образования. Показатели рассматриваются по нескольким видам экономической деятельности (средние показатели; Рыболовство, рыбоводство; Добыча полезных ископаемых; Metallургическое производство и производство готовых металлических конструкций; Производство и распределение электроэнергии, газа и воды; Здравоохранение и предоставление социальных услуг) и по нескольким субъектам РФ (средние показатели по РФ, Северо-Западный Федеральный Округ, Ненецкий АО, Архангельская область, Мурманская область). Также анализируются данные по дополнительному профессиональному образованию, связанному с развитием и внедрением информационных технологий.

Анализ показателей ДПО по субъектам Российской Федерации

В России в 2013 году получили ДПО 2,4 млн. работников, что составляет 7,6 % от численности работников списочного состава. В Мурманской области было обучено 15 тыс. работников, что чуть ниже общероссийского показателя – 7,3 %. В общем по рассматриваемым субъектам РФ значения колеблются от 6,9 % до 8,6 %.

Преобладание категории специалистов по всем программам дополнительного образования характерно для России, в т.ч. для Мурманской области.

Что касается возрастных категорий, охваченных ДПО, то по России картина такая: процент обученных работников выше в категории 40-49 лет, затем – 30-39 лет. Эта картина характерна и для Мурманской области.

В Мурманской области у категории 30-39 лет первенство по прохождению профессиональной переподготовки, а возрастная группа 40-49 лет лидирует по повышению квалификации.

По всем рассматриваемым субъектам РФ и видам экономической деятельности бесспорным лидером являются учебные программы на 72-300 часов. Также можно отметить, что показатели использования дистанционных технологий в Мурманской области выше, чем по России.

В стране почти одинаково предпочтительны формы обучения и с отрывом, и без отрыва от производства. Мурманская область не является

исключением. Также можно отметить, что мужчины и женщины почти в равной степени представлены среди работников, получивших дополнительное профессиональное образование.

Анализ показателей ДПО по видам экономической деятельности

В Здравоохранении и предоставлении социальных услуг самый высокий процент обученных по отношению к списочному составу сотрудников – 12,1 %, что выше значения по стране. Самый низкий показатель в разделе Рыболовство и рыбоводстве – 1,7 %.

Общероссийская ситуация по отраслям экономической деятельности такова, что категория работников, наиболее охваченных ДПО – это руководители и специалисты.

Если говорить о распределении работников по возрастным группам, то можно отметить преобладание обученного персонала в возрасте 40-49 лет и 30-39 лет, затем идут работники в возрасте 25-29 лет.

Рассмотрим структуру персонала, получившего ДПО, общее количество обученных примем за 100%. Во всех рассматриваемых видах экономической деятельности наблюдается абсолютное преобладание программ повышения квалификации над программами профессиональной переподготовки.

По распределению категорий персонала по программам ДПО (профессиональная переподготовка, повышение квалификации) можно сказать, что в средних показателях по всем программам обучения лидируют специалисты. Эта же картина наблюдается в разделе Здравоохранение и предоставление соц. услуг, здесь, кстати, наблюдаются самое явное преобладание этой категории работников.

По всем рассматриваемым субъектам РФ и видам экономической деятельности бесспорным лидером являются учебные программы на 72-300 часов. Показатели использования дистанционных технологий в ДПО в Здравоохранении гораздо ниже показателей по стране – 2,5 %.

Среди работников, получивших ДПО, преобладают мужчины, за исключением Здравоохранения и предоставления соц. услуг, где преобладают женщины.

Дополнительное профессиональное образование, связанное с развитием и внедрением информационных технологий.

По данным Мониторинга развития информационного общества в Российской Федерации [3] общая тенденция такова, что после роста в 2011 году по сравнению с 2010 годом, в 2012 году идет резкий спад доли организаций, проводивших ДПО в области информационных и компьютерных технологий (ИКТ), после чего в 2013 году наблюдается рост. Показатели Северо-Западного Федерального Округа (СЗФО) выше общероссийских, а Мурманская область лидирует среди рассматриваемых субъектов РФ. Если по России наблюдается рост удельного веса затрат на ИКТ, то по СЗФО после роста наблюдается спад, а в Мурманской области показатель практически не меняется, в то время как в Ненецком АО и Архангельской области показатели растут.

Общая тенденция характерна для РФ, СЗФО, Ненецкого АО, Архангельской и Мурманской областей: затраты на обучение своих сотрудников в связи с развитием информационных технологий снижаются, в то время как увеличиваются затраты на оплату услуг сторонних специалистов и организаций. Возможно, это связано с развитием и внедрением пакетных, готовых решений (например, 1С-предприятие). Организации предпочитают закупать готовый программный продукт и воспользоваться услугами сторонних организаций и специалистов для настройки и доработки программы. Также можно отметить, что часто пакетные продукты навязываются организациям «сверху», т. е. программный продукт закупается централизованно для нескольких организаций (например, министерством), и затем в обязательном порядке требуется отчет и внедрении и использовании программы.

Заключение

Анализ статистических данных позволяет сделать следующие выводы:

- программами ДПО охвачен небольшой процент работников (6,9-8,6 % от списочного состава);
- преобладающий возраст обучаемых 30-49 лет;
- наиболее охвачены ДПО руководители и специалисты, в структуре обучаемых лидируют специалисты;
- преобладают программы повышения квалификации, наиболее востребованная продолжительность обучения: 72-300 часов;
- дистанционные технологии применяются не широко (~10%).

При этом работодатели не готовы тратить больше финансов на обучение сотрудников, хотя доля организаций, проводивших ДПО в области ИКТ, увеличивается. Значит, что нужно разрабатывать и развивать программы обучения, не требующие больших финансовых и временных затрат. Этому будет способствовать развитие и внедрение информационных технологий, таких как дистанционное обучение. При этом такое ДПО не потребует отрыва от производства, будет менее затратным, то его сможет получить большее число работников, что выгодно и для работодателя, и для обучающей организации.

Литература

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 31.12.2014) «Об образовании в Российской Федерации».
2. Бюллетень «Дополнительное профессиональное образование работников в организациях в 2013 г.» [Электронный ресурс]: <http://www.gks.ru/>.
3. Мониторинг развития информационного общества в Российской Федерации [Электронный ресурс]: <http://www.gks.ru/>.

Формирование ключевых компетенций современного инженера

Луковкин С. Б.¹, Хохлова Л. И.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра автоматизации и вычислительной техники, e-mail: kendato@rambler.ru)

² (г. Мурманск ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра высшей математики и программного обеспечения ЭВМ, e-mail: xoxlovaluda@rambler.ru),

Аннотация. Умение превращать информацию в знание, хранить и применять полученное знание это необходимое требование к инженерной подготовке. Способность к комплексному и ситуационному анализу поставленной задачи – то, что определяет возможность решения сложных системных задач, поставленных в арктическом регионе. Сущность изменений, в подготовке инженера XXI века, основывается на междисциплинарном взаимодействии, с учетом ориентации обучения на практику.

Abstract. The ability to transform information into knowledge, store and apply this knowledge is a necessary requirement for the preparation of engineering. Ability to complex and situational analysis of the problem – that determines the possibility of solving complex system tasks set in the Arctic region. The essence of the changes in the engineering of the XXI century, based on the interdisciplinary cooperation, taking into account the orientation of learning by doing.

Ключевые слова. Интеграция, междисциплинарность, системность, инженер, информация.

Keywords. Integration, interdisciplinary, systematic, engineer, information.

Решение современных проблем Арктики связано с наличием обученных и подготовленных рабочих, инженерных и научных кадров. Хорошо известно, что «в период реконструкции кадры решают всё». Если это перефразировать, то в период прорывной технологической перестройки, прорывных инноваций «кадры тоже решают все». Процесс подготовки современных инженеров должен включать отказ от глобального применения редукционизма, обучение действиям в условиях неопределённости, умению оценивать риски и т. д. Квалификация, усвоение прошлого знания в современном мире – это лишь сегмент компетенции, образование вынуждено стать непрерывным. Скорость изменений увеличивается, сложность профессиональных задач возрастает. Надо отдавать себе отчет, что часть профессий скоро вообще отомрет, а новые профессии появятся.

В частности, например, водный транспорт становится по новому актуальным для России. С повторным открытием Северного морского пути

появился шанс, что отрасль получит «второе дыхание» и будет играть важную роль в перевозках между Европой и Азией. В сфере морского транспорта развивается система мультимодальных перевозок, применяются системы интеллектуального управления, внедряются новые типы топлива и материалов. По данным новых специальностей Атласа фонда Сколково выделены ведущие новые технологии ближайших лет в системе водного транспорта: 1) интеллектуальные системы управления водным транспортом (корабли и портовая инфраструктура); 2) «зеленые» корабли и порты (оказывающие минимальное воздействие на окружающую среду за счет использования экотоплива и глубокой очистки выбросов); 3) материалы, позволяющие радикально сократить сопротивление водной среды при движении судна, а также усиливающие устойчивость водной инфраструктуры (порты, платформы).

Кроме того, в том же фонде выделены ведущие новые технологии ближайших лет в системе энергетики: активно начнет развиваться частная альтернативная энергетика: микро-ветрогенераторы, солнечные батареи и т. д. На следующем технологическом шаге это приведет к тому, что люди повсеместно станут производить энергию частным образом, а полученная ими «лишняя» энергия будет перераспределяться и продаваться. Технологии производства, передачи и хранения энергии со временем станут автоматизированными и практически не будут требовать вмешательства человека. Кроме того, произойдет изменение модели снабжения гаджетов, которые составляют часть нашей повседневной жизни (телефоны, планшетники и др.) – значительная часть энергии будет собираться с нашего тела за счет вшитых в одежду и обувь энергогенераторов.

Выясним, какие требования предъявляются к специалистам новой технологической волны. Например, наладчик/контроллер энергосетей для распределенной энергетики – это специалист, обладающий компетенциями в области анализа возможных сбоев системы, прогнозирования оптимальных режимов эксплуатации, обеспечения расчетной безопасности энергосетей и утилизации отходов. Владеет методами неразрушающего контроля, умеет вводить в эксплуатацию «умные сети».

Системный инженер интеллектуальных энергосетей – это специалист, занимающийся проектированием и моделированием «умных сетей»,

микрогенерационных систем, «умных» энергетических сред под ту или иную задачу, а также разработкой технологических и инфраструктурных требований к системам на протяжении всего их жизненного цикла.

Развитие транспортной инфраструктуры тоже переходит на новую ступень. Возрастают требования общества к скорости, безопасности, комфорту и экономичности перемещений на малые и большие расстояния. Интеллектуальные системы становятся неотъемлемой частью транспортной инфраструктуры как в управлении дорожным движением, так и в управлении транспортными средствами. На дороги выходят беспилотные автомобили – более безопасные и предсказуемые, чем автомобили под управлением человека. Кроме этого, в производстве транспортных средств и строительстве дорог начинают применяться новые материалы – адаптирующиеся покрытия дорог, облегченные сверхпрочные дорожные конструкции и обшивка автомобилей и вагонов. Развиваются технологии быстрого перемещения, особенно в ж/д транспорте, что создаст конкуренцию с авиацией на малых расстояниях.

Какими знаниями, умениями и навыками нужно обладать, чтобы быть востребованным специалистом в новом мире? Исследователи выделяют в качестве основных атрибутивных характеристик следующие: творческая самомотивация, связь с инновационными сферами экономики и общественной жизни, престиж, авторитет как статусный признак, профессионализм и социальная инициативность. Иные характеристики, называемые учеными – открытость и восприимчивость к новым знаниям; склонность к обмену знаниями между собой; умение получать новые знания друг от друга, эффективно организовывать работу, перерабатывать и модифицировать новые знания в собственном стиле; уметь работать на стыке разных профессий и областей знания; легко адаптироваться в меняющемся мире. Проблема состоит в том, что будущий специалист должен обладать умениями и профессиональной мобильностью оперативно реагировать на постоянно возникающие изменения в практической и научной деятельности.

Поэтому, можно сказать, что будущее инженера есть работа мышления, интеллекта, воображения и тех социальных групп, которые освоили определённые технологии работы. Возможно, это будет сформировано через

те инженерные сообщества, которые, позитивно усваивая фундаментальные исследования, придумают образ той технической среды, в которой мы будем жить через несколько лет. Влияние инженерной деятельности на мир становится глобальным, ее решения перестают быть узкопрофессиональным делом, становятся предметом всеобщего обсуждения. Очевидно, что современному инженеру необходима общая мировоззренческая образованность, гибкий, креативный ум, понимание междисциплинарных связей, хорошая математическая культура, чтобы правильно отвечать вызовам современности. Главное слово нашего времени – «нелинейность». Нелинейные хаотические системы стали предметом изучения постнеклассической науки совсем недавно. В естественнонаучных и технических приложениях её методы и идеи применяются достаточно успешно. Одним из направлений современной науки является синергетика. Настало время применения идей и методов постнеклассической науки и в решении социальных проблем.

В этом контексте интересен вопрос о формировании профессиональных компетенций, необходимых для успешной работы в Арктике, например таких: 1) готовность и способность обучаться самостоятельно; 2) поиск и использование обратной связи; 3) склонность к размышлениям о будущем: привычка к абстрагированию; 4) внимание к проблемам, связанным с достижением поставленных целей; 5) готовность решать сложные вопросы; 6) исследование, окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов (как материальных, так и человеческих); 7) готовность использовать новые идеи и инновации для достижения цели; 8) знание того, как использовать инновации; 9) способность принимать решения; 10) персональная ответственность; 11) способность побуждать других людей работать сообща ради достижения поставленной цели; 12) способность разрешать конфликты и смягчать разногласия и т.д.

Получается, что инженеру XXI века необходимо обладать все большей трудоспособностью, умением быстро и четко работать, так как в современном мире важны не столько знания как таковые, сколько умение пользоваться ими и приобретать вовремя. Для того чтобы сохранять конкурентоспособность, надо будет постоянно «доучиваться» и «переучиваться», поэтому постоянно возрастает роль дистанционного обучения для своевременной корректировки

знаний. Сразу отметим изменившуюся роль и качество методических материалов для такой формы обучения, это – видеолекции, виртуальные лаборатории, вебинары, форумы и т. д.

В процессе получения математического образования в силу специфики самой науки, студента можно и нужно научить, что при решении задачи из любой области необходимо выделять следующие этапы: 1) постановка задачи на предметном языке; 2) закономерности, относящиеся к задаче; 3) формулировка на математическом языке; 4) разработка математической модели; 5) качественное исследование; 6) упрощение аналитических выражений; 7) численное решение, компьютерное моделирование; 8) анализ результата, выводы.

С этой точки зрения полезно рассмотреть подход к постановке образования выдающегося русского инженера А. Н. Крылова. Крылов уделял огромное внимание «сознательной» математической подготовке инженера. Под словом «сознательно» он понимал, что инженер хотя и будет применять готовые и давно разработанные методы, но он вполне овладеет теми отделами математики, на которых эти методы основаны, и, значит, может вполне ясно судить об их применимости и условиях ее. А. Н. Крылов выявил существенную роль, которую играют явления резонанса и, в частности, сдвиг фазы между движением волны и корабля. При наступлении резонанса действие силы может иметь разрушительные последствия. Расчет плавучести и остойчивости требует применения начал интегрального исчисления для вычисления площадей и объемов, положения центра тяжести и прочее. Вычисление остойчивости, требует понятия о кривизне и эволюте и связи между координатами точек эволюты и эвольвенты. Исследование влияния повреждений на посадку и остойчивость корабля требует знания свойств моментов инерции плоской фигуры. Расчет качки на волнении требует знания основ гидродинамики и теории «малых» колебаний твердого тела, как свободных, так и вынужденных, т. е. интегрирования совокупных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами [2].

На современном этапе развития общества именно в соответствии с этим необходимо перестроить преподавание фундаментальных наук в вузе. В понятиях и концепциях этих наук студент должен видеть, прежде всего, целостную картину мира. Это означает, что фундаментальные знания должны

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

приобретаться не разрозненными частями, а в единой системе – комплексно. И осваиваться не только в своем непосредственном значении, но и в качестве жизненных смыслов, ценностей и моральных норм

Литература

1. Атлас новых профессий. Агентство стратегических инициатив. Сколково. М., 2014.
2. Крылов А. Н. Мои воспоминания. – 9-е изд., перераб. и доп. СПб.: Политехника, 2003., 510с.

Развитие морского образования в России: исторический аспект

Михайлюк А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра общей и прикладной физики, e-mail: mihaylyukav@mstu.edu.ru)

Аннотация. В современных условиях реформы системы морского образования в России первостепенное значение имеет сохранение и совершенствование системы обучения морских кадров. Проведенный исторический анализ показывает, что физико-математическая направленность способствовала фундаментальности образования морских инженеров.

Abstract In modern conditions of reforming of the system of nautical education in Russia the maintaining and improving the system of training of marine personnel have the paramount importance. Conducted historical analysis shows that physico-mathematical orientation has contributed to the fundamental education of marine engineers.

Ключевые слова. Система морского образования, история военно-морского образования, традиции морского образования.

Keywords. The system of nautical education, the history of naval education, the tradition of nautical education.

Современная Россия омывается водами 3-х океанов и 12-ти морей. Ее морские рубежи превышают в два раза сухопутные и составляют 64 % от всей протяженности государственной границы. Поэтому, если Россия претендует на звание великой морской державы, то ей нужны высококвалифицированные морские кадры.

На данный момент кадровый вопрос в морских отраслях стоит очень остро. Изменение социально-политической и экономической жизни страны и международные конвенции (ПДМНВ-78/95) предъявляют серьезные требования к квалификации современного специалиста. От уровня профессиональной подготовки и компетенции морского инженера зависят безопасность мореплавания, эффективная эксплуатация и управление судном и экипажем, а также принятие правильных решений в экстремальных ситуациях.

Сегодня реформа системы морского образования в России происходит в условиях кадрового и финансового кризисов. В таких условиях необходимо искать новые пути решения наиболее острых вопросов, использовать инновационные ресурсы. При этом надо учитывать более чем трехвековой

опыт морского образования в России, показывающий, что в нашей стране исторически сложилась система знаний, национальных традиций и особенностей в воспитании и обучении моряков.

Развитие морского образования представляет собой одну из интереснейших страниц в истории нашей страны и тесно связано с зарождением, становлением и развитием ее военно-морского флота.

Мореплаванием наши предки занимались еще в древние времена. Территория Киевской Руси представляла собой в основном ровную местность, покрытую лесами. Плавание по рекам и озерам было единственно возможным способом передвижения. Такие многоводные реки, как Днепр, Волга и Западная Двина, служили удобными военно-торговыми путями, соединяющими Балтийское море с Черным и Каспийским.

«В 865 году стая русских лодок неожиданно появилась под стенами Царьграда, и с тех пор наш народ стал всем известен под именем русскаго...» [1]. Признание греками господства русских на Черном море выразилось названием этого моря Русским морем. Особенным значением пользовался великий путь «из Варяг в Греки», так как по нему на Русь кроме драгоценных металлов и шелка, проникали «начатки греческой образованности и первые лучи света Христова» [1]. С 880 по 1175 гг. русские совершали походы и к берегам Каспийского моря.

Однако княжеские междоусобия и нашествие татар подорвали зарождавшееся морское могущество Руси. Образование на Волге Казанского и Астраханского царств отрезало ее от Каспийского моря, а завоевание турками Греции надолго отделило и от Черного моря. Столбовским миром со шведами в 1617 г. страна была окончательно отодвинута от Балтийского моря.

В то же время русские люди совершали на своих небольших челноках опасные дальние плавания. Новгородские купцы проникли в Печерский край, укрепились в устьях Северной Двины, ходили в Карское море и на Новую Землю. В 1582 году Ермак положил начало освоения Сибири. На севере поморы дошли до Охотского моря, добыли первые сведения о Сахалине и Курильских островах, не боялись заходить в Северный Ледовитый океан. В 1648 году Дежнев прошел пролив, позднее названный Беринговым. На юге казаки, поселившиеся на берегах Днепра и Дона, выходили в Черное море и грабили принадлежащие туркам берега.

К моменту воцарения Петра I Россия владела выходами только к Белому и Каспийскому морям, и оказалась отрезанной от Балтийского, Черного и Азовского. Борьба за владение этими морями была необходима для экономического роста страны и укрепления ее международных позиций. Петр Великий считал, что осуществить эту задачу без сильного морского флота невозможно. В связи с этим осенью 1696 года Боярская дума постановила: «Морским судам быть» [1].

Начав строить регулярный Российский флот, царь понимал, что для этой работы нужны люди, имеющие инженерную подготовку. Для образования моряков в России по Указу Петра I в 1701 г. была основана в Москве «Школа математических и навигацких наук», положившая начало военно-морскому образованию. Курс школы состоял из арифметики, геометрии, тригонометрии плоской и сферической, навигации и морской астрономии, то есть имел физико-математическую и техническую направленность. Из-за границы завозились литература, приборы, оборудование, приглашались специалисты и лучшие педагоги. Ярким примером являются Л.Ф. Магницкий, который написал первые отечественные учебники, а также издал математическую энциклопедию того времени, и профессор А.Д. Фарварсон, которому принадлежит честь создания корпуса русских геодезистов [2]. Науки в школе проходились последовательно: выучившего арифметику переводили в класс геометрии и так далее, до окончания полного курса. Набор учащихся в возрасте от 12 до 17 лет проводился из числа дворян, духовных и других сословий [3].

В 1715 г. на базе старших классов навигацкой школы в Санкт-Петербурге была основана Академия морской гвардии. Младшие классы были оставлены в Москве, в них преподавали только арифметику и геометрию. Академия имела характер военно-учебного заведения. В 1716 г. при ней была образована учебная гардемаринская рота.

Военно-морские школы при Петре I давали хорошее по тому времени общее и среднее образование. Срок обучения в них составлял от 5 до 12 лет. До учреждения Российской Академии Наук Академия Морской гвардии была центром математической мысли в стране [3].

Петру I удалось создать отечественную систему военно-морского образования. Государь понимал, что комплектование флота собственными, а

не иноземными специалистами обходится казне гораздо дешевле. При Петре Россия прочно утвердилась на Балтийском море, приобрела новые земли на берегах Каспийского моря, получила выход к Азовскому морю. Забота царя о морском деле выразилась также в издании книг по морским специальностям и составлении карт принадлежащих России морей. Многие из них перед печатанием он просматривал самостоятельно.

В 1726 г. в Морской академии была введена отдельная подготовка по трем специальностям – командир, штурман, морской артиллерист. В 1734 г. из общего курса Академии была выделена штурманская специальность и создана штурманская рота в Кронштадте. Это привело к дифференциации образования и заложило предпосылки для введения специальностей во флоте [2].

В 1752 г. был основан «Морской шляхетный кадетский корпус», в состав которого вошли «гардемаринская рота» и «Академия морской гвардии». Сюда были переведены дети, учившиеся в московской школе. В число воспитанников принимали только дворян. Директором нового корпуса был назначен ученейший моряк А.И. Нагаев, а его сотрудниками стали Г. Спиридонов, Х. Лаптев, И. Голенищев-Кутузов и др. В программу обучения были включены политика, мораль, история, риторика, генеалогия, геральдика, иностранные языки. Поэтому подготовка офицерских кадров приобрела еще и гуманитарную направленность. Многопредметность и принятый в кадетском корпусе широкий профиль общего образования шел в ущерб специальной подготовке офицеров. По-прежнему основная и наиболее квалифицированная часть мореплавателей и кораблестроителей проходила обучение на верфи, перенимая знания и опыт непосредственно у мастера. Практиковалась также посылка русских моряков на учебу в иностранные флоты и судоверфи [3].

Опыт дальних плаваний, усложнение военного дела и дифференциация знаний на рубеже XVIII-XIX вв. потребовал открытия высших учебных заведений, повышения уровня профессиональной подготовки штурманов и инженеров. К концу XVIII в. издаются книги не только по навигации, маневрированию, но и по архитектуре судов, в том числе знаменитая математика Л. Эйлера. Однако из-за низкой теоретической подготовки моряков и корабельных мастеров все эти труды практически не были востребованы. Уже к началу царствования Екатерины II (1762 г.) в российском кораблестроении назрели серьезные трудности. Суда, зачастую, строились поспешно, что снижало качество работ.

Необходимо было реформировать систему военно-морского образования в стране. По этой причине в 1798 г. при Павле I штурманские роты были преобразованы в морские училища с расширенной программой обучения и более совершенной учебно-материальной базой. В том же году в Санкт-Петербурге и Николаеве были созданы училища корабельной архитектуры. Состоялось формирование сети дифференцированных по специальностям учебных заведений [2].

В 1827 г. императором Николаем I был утвержден рапорт адмирала И.Ф. Крузенштерна о создании Офицерского класса при Морском кадетском корпусе. Так было положено начало академическому образованию. Для преподавания в Офицерском классе пригласили академиков М. В. Остроградского, В. Я. Буняковского, П. Н. Фусса, Э. Х. Ленца, профессоров М. Ф. Соловьёва, Н. Г. Устрялова и др.

В 1862 г. на базе Офицерского класса был основан Академический курс морских наук с тремя отделениями: гидрографическим, кораблестроительным и механическим, который в 1877 г. переименован в Николаевскую морскую академию – ныне Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова. Так в 1877 г. завершилась реформа военно-морского образования. В России была создана классическая сеть военно-морских образовательных учреждений, которая включала в себя: подготовительное отделение военно-морской подготовки в Морском корпусе; высшие военно-морские учебные заведения для подготовки морских офицеров на первичные должности для корабельного состава и береговой службы; высшие учебные заведения для получения дополнительного профессионального образования (профессиональная переподготовка и повышение квалификации); Николаевская морская академия для подготовки руководящего состава флота [2]. В результате в стране была сформирована двухуровневая подготовка офицеров корабельной службы, где учеба в училище являлась первой ступенью, а в академии – второй, высшей ступенью.

Реформа военно-морского образования в России конца XIX – начала XX вв. была обусловлена как внутренними причинами – это экономическая модернизация, научно-техническая революция, так и внешними причинами – это Крымская война 1853-1856 гг. и Русско – японская война 1904 – 1905 гг. На развитие военно-морского образования в этот период колоссальное

влияние оказала заинтересованность правительства Российской империи. Важным элементом государственной политики «являлось отношение количества обучающихся к количеству преподавателей в конкретном образовательном учреждении. От этого соотношения в значительной мере зависело качество подготовки... С учетом приглашенных лекторов соотношение обучающихся и преподавателей было примерно 1:1, т. е. подготовка офицеров высшей квалификации осуществлялась индивидуально» [4].

Таким образом, в России к началу XX ст. сложилась отечественная система подготовки морских кадров. Традиции этой системы были заложены еще Петром I, который понимал, что копирование зарубежных технических решений будет серьезным тормозом в дальнейшем развитии российского судостроения и мореплавания, а без помощи науки невозможно построить корабли и безопасно пустить их в море. Все программы обучения формировались в зависимости от задач флота, уровней развития науки, техники и культуры. При разработке методик военно-морского образования использовались методы предыдущего поколения [4].

На основе содержания и функционирования сети образовательных учреждений процесс зарождения, становления и эволюции системы военно-морского образования можно разбить на несколько периодов [2]:

- допетровская эпоха практического получения знаний, навыков и опыта (до 1701 г.);
- зарождение, формирование и начало развития сети учебных заведений (1701–1798 гг.);
- специализация подготовки офицеров флота и дифференциация военно-морских учебных заведений (1798–1877 гг.);
- формирование системы непрерывного многоуровневого военно-морского и морского технического образования (1877–1917 гг.);
- ликвидация системы военно-морского образования (1917–1918 гг.);
- воссоздание системы военно-морского образования и расширение сети военно-морских учебных заведений в связи с развитием ВМФ;
- создание сети специализированных образовательных учреждений ВМФ для обеспечения кадрами океанского атомного ракетно-ядерного флота (50 – 90-е гг. XX в.);

– идентичность процессов, протекающих в системах военного и военно-морского образования и высшего профессионального образования на современном этапе (90-е годы XX в. – настоящее время).

В процессе развития морского образования исторически сложились и национальные традиции, передаваемые из поколения в поколение. Это – постоянная подготовка собственных квалифицированных педагогических кадров; воспитание высочайшей общеинженерной и профессиональной культуры; фундаментальная подготовка выпускника, в первую очередь, ее физико-математическая направленность; воспитание не только специалиста-офицера, но и гражданина-патриота; воспитание интереса к науке, способности к творчеству, стремления к самостоятельному решению задач; тесная связь теоретической и практической подготовки будущего инженера корабельной службы; создание собственных научных школ, значимость работ которых выходит далеко за пределы страны; постоянное внимание к мировому опыту [3].

Сегодня в период реформы важно сохранить культуру морского образования, не допустить утраты накопленных за столетия ценностей и традиций в обучении и воспитании морских инженеров, творчески использовать исторический опыт для преодоления кадрового кризиса в морской отрасли.

Литература

1. Аренс Е.И. Русский флот : Исторический очерк. СПб. : Издание экспедиции заготовл. госуд. бумаг, 1904. 69 с.
2. Щерблыкин О. Эволюция системы военно-морского образования в России [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://blackseafleet-21.com/news/6-06-2013_evolution_sistemy_voenno-morskogo-obrazovaniya-v-rossii
3. Кузинец И.М. Зарождение в России регулярного военно-морского кораблестроительного образования [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.rgavmf.ru/lib/kuzinec_obrazovanie.pdf
4. Захарова Е.Г. Основные тенденции развития системы морского образования в России конца XIX – начала XX веков [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://shipdesign.ru/Sea/2011-02-15/3_248-255.pdf

Мониторинг уровня математических знаний у будущих морских инженеров

Радионовская Т. И. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра технологии металлов и судоремонта, e-mail: radionovskayati@mstu.edu.ru,*)

Аннотация. В статье рассмотрены особенности освоения высшей математики в университете. Представлен мониторинг уровня математических знаний будущих инженеров за последние три года. Исследован уровень самооценки математической подготовки выпускников. Обсуждаются вопросы повышения качества освоения математических знаний у морских инженеров.

Abstract. In the article reviewed the features of higher mathematics at the University. See the monitoring of the level of mathematical knowledge of future engineers for the last three years. Self-esteem is the mathematical preparation of graduates. Discuss on strengthening the quality of mathematical knowledge of marine engineers.

Ключевые слова: мониторинг, математические знания, морские инженеры.

Key words: monitoring, mathematical knowledge, marine engineers.

Для получения качественного инженерного образования необходимым условием является прочное усвоение математических знаний, которые предполагают фундаментальное изучение специальных технических дисциплин. Современные экономические условия требуют от специалистов не только базовой профессиональной подготовки, но и способность быстро осваивать новые перспективные технологии.

Будущие морские инженеры специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» в результате изучения цикла математических дисциплин, в соответствии с образовательным стандартом, должны уметь применять математические методы при решении типовых профессиональных задач, владеть математическими методами обработки информации, статистики, основными приемами обработки экспериментальных данных методами построения математической модели типовых профессиональных задач [1].

В соответствии с учебным планом подготовки инженеров специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок» предусмотрено 684 часа для изучения цикла математических дисциплин.

«Математика» является базовой дисциплиной, и изучается будущими инженерами-судомеханиками в течение 4-х семестров. Вариативная дисциплина «Математические основы механики» изучается в 1 и 2 семестрах. Дисциплина по выбору «Основы теории вероятности и статистики» изучается в 4 семестре. Факультатив «Дополнительные разделы математики» курсанты изучают в 1,3,4 семестрах. Таким образом, математическая подготовка будущих морских инженеров происходит в течение первых двух лет.

Как показывает анализ успеваемости, при освоении высшей математики первокурсники испытывают затруднения, и получают неудовлетворительные экзаменационные оценки. Поэтому необходимо провести анализ причин такого положения.

Недостаточный уровень школьной математической подготовки, отсутствие умения работать самостоятельно и слабая мотивация к приобретению знаний проявляется с первых дней обучения в университете.

Уровень математических знаний, полученных в школе, как видно в таблице 1, в среднем ниже четырех баллов. Средний балл по основным ЕГЭ (математика, русский язык) так же не высокий. Проблемы освоения математических дисциплин отражаются в итоговых аттестационных оценках, которые в среднем немного выше трех баллов. В результате освоения всей образовательной программы, на момент итоговой государственной аттестации будущие инженеры имеют средние итоговые оценки ниже четырех баллов.

Данные по средним баллам математических знаний выпускников специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок»

Таблица 1

Год набора	Год выпуска	Средний балл по математике в аттестате	Средний балл аттестата	Средний балл ЕГЭ	Средний балл по математике в дипломе	Средний балл итоговых оценок в дипломе
2007	2013	3,79	4,04	109	3,00	3,45
2008	2014	3,25	4,13	108	3,25	3,69
2009	2015	3,79	4,10	116	3,40	3,87

В Морской академии МГТУ проводится мониторинг оценки качества профессиональной подготовки морских инженеров [2]. Выпускникам был задан вопрос «Как вы оцениваете уровень своей подготовки по циклу

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

математических дисциплин»? Ответы будущих инженеров оказались более оптимистичными. На рисунке 1 видно, что в течение последних трех лет математические знания, полученные в школе, в основном оцениваются хорошо, полученные в университете оцениваются удовлетворительно, но сами будущие морские инженеры свою математическую подготовку оценивают хорошо и даже отлично. Данные мониторинга приведены в процентном отношении.

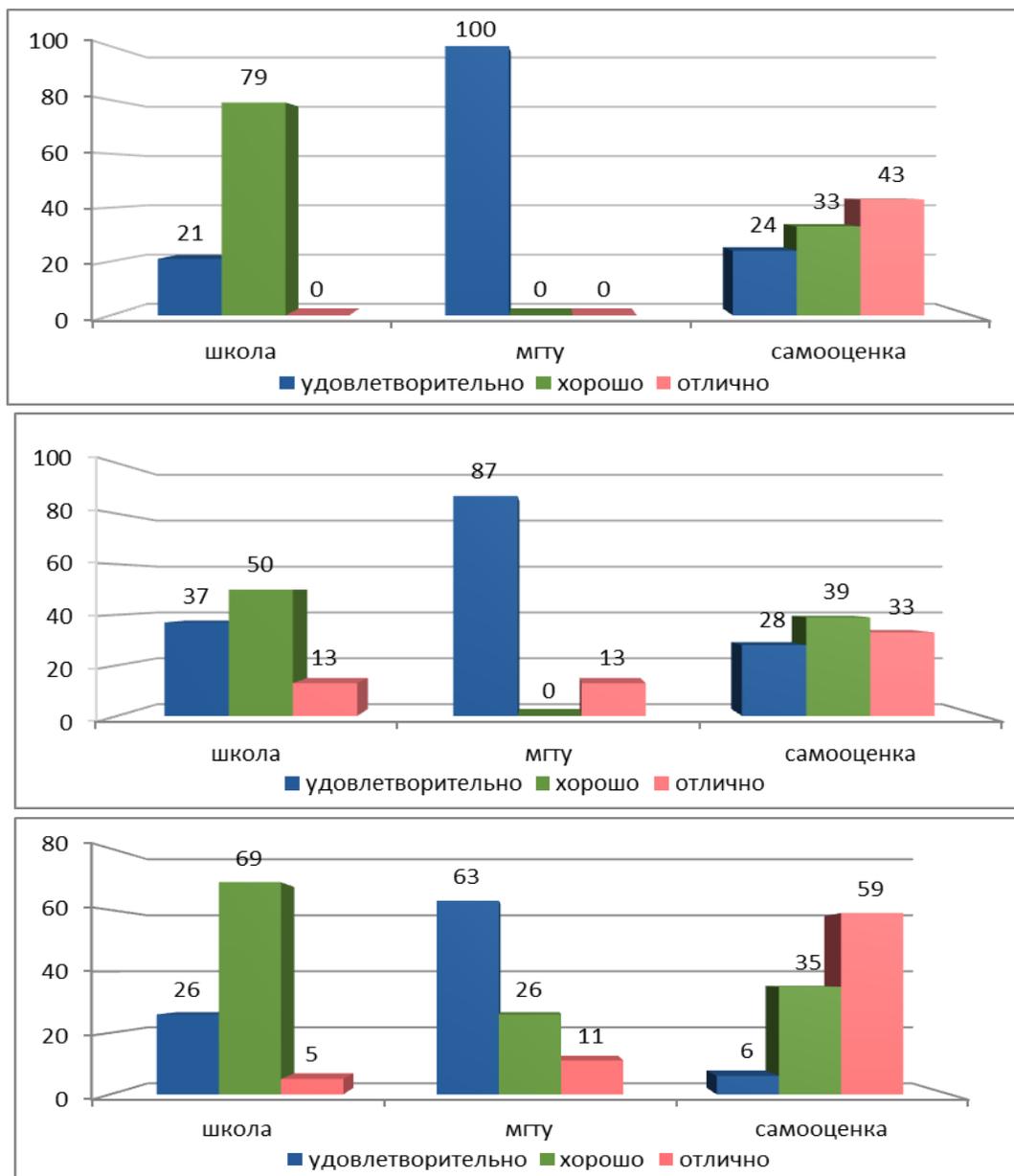


Рисунок 1 – Мониторинг уровня математических знаний выпускников
2013–2015 гг.

Таким образом, уровень математических знаний полученных в школе и университете сильно отличается.

С целью повышения качества освоения математики, в учебные планы подготовки морских специалистов были внесены изменения с увеличением количества аудиторных часов и введения вариативных и дисциплин по выбору, а так же факультатив.

Подготовительные курсы, проводимые в стенах университета, так же имеют положительные стороны, так как преподаватели учитывают уровень знаний школьников, и дают определенные разделы вузовской программы.

Введение балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости дает возможность осуществлять постоянный контроль качества освоения учебного материала с целью комплексного определения соответствия уровня и качества знаний требованиям рабочей программы и образовательного стандарта.

Для дальнейшего улучшения качества математических знаний можно использовать рекомендации [3] по управлению самостоятельной работы по курсу математики, применяя новые технологии в образовании.

Математические знания являются важнейшим инструментом инженерной деятельности. Поэтому обсуждение вопроса о согласовании и применении математических знаний в дисциплинах профессионального цикла и ориентировании будущих морских инженеров на выбранную профессию дает возможность повысить уровень не только математической, но и профессиональной подготовки молодых специалистов.

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования подготовки специальности 180405.65 «Эксплуатация судовых энергетических установок», утвержден приказом № 2060 Министерства образования и науки РФ от 24.12.2010г. URL: <http://минобрнауки.рф> (дата обращения 14.03.2015).
2. Баева Л.С., Радионовская Т.И. Мониторинг оценки профессиональной подготовки инженеров МА МГТУ по специальности «Эксплуатация СЭУ»// Материалы международной научно-практической конференции «Развитие

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

рыбохозяйственного образования», Мурманск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2013.
URL: <http://mstu.edu.ru> (дата обращения 14.03.2015 г.)

3. Приходовский М.А. Управление самостоятельной работой студентов по курсу математики в условиях новых технологий // Материалы международной научно-методической конференции «Современное образование: актуальные проблемы профессиональной подготовки и партнерства с работодателем», Томск: Издательство ТУСУРа. 2014. – 310 с.

Решение дифференциальных уравнений в учебном вычислительном эксперименте средствами математического онлайн Интернет-сервиса WolframAlpha

Шиян А. Ф.¹, Шиян Н. В.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра электрооборудования судов, e-mail: AFShiyan@yandex.ru)

² (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра физики, информатики и информационных технологий, e-mail: NV-Shiyan@mail.ru)

Аннотация. Проведен анализ возможностей применения бесплатного математического онлайн Интернет-сервиса WolframAlpha, для решения дифференциальных уравнений. Показан пример использования этого ресурса в учебном вычислительном эксперименте дисциплин естественно-технического направления.

Abstract. The analysis of opportunities of application free mathematical online of the WolframAlpha Internet service, for the solution of the differential equations is made. The example of use of this service in educational computing experiment of disciplines of the natural and technical direction is given.

Ключевые слова: онлайн Интернет-сервис, пакет символьной математики Mathematica, компьютерная математика, интерфейс, вычислительный эксперимент, математическая модель.

Key words: online Internet service, package of symbolical mathematics of Mathematica, computer mathematics, interface, computing experiment, mathematical mode.l

Введение

В практике преподавания естественнонаучных и инженерных дисциплин математические модели, исследуемые в учебных задачах, достаточно объемны и сложны, а их «ручная» математическая обработка требует больших затрат учебного времени, отводимого на аудиторную и самостоятельную работу студента.

С целью оптимизации использования учебного времени студентов, необходимо научить их использованию возможностей современных программно-аппаратных сетевых ресурсов, чтобы на их основе минимизировать временные затраты на вычислительные операции. В учебном процессе естественнонаучных и инженерных дисциплин нет избытка времени, позволяющего изучать прикладные программы со сложным интерфейсом. В

этой связи, особое внимание заслуживает пакет Mathematica – мощная система компьютерной алгебры с достаточно удобным, интуитивно понятным и простым в освоении интерфейсом.

Учебные учреждения всего мира используют пакет Mathematica в университетском образовании. Однако сразу следует отметить высокую стоимость пакета Mathematica, что делает весьма проблематичным его использование российскими студентами. Потому в нашей работе исследуются возможности применения в учебном вычислительном эксперименте свободного Интернет-ресурса: онлайн-вычислителя WolframAlpha, Интернет-адрес ресурса: <http://www.wolframalpha.com/>

Пример решения практико-ориентированной учебной технической задачи, с использованием, для решения дифференциального уравнения, WolframAlpha

Задача. На глубокой и спокойной воде осуществляется разгон судна от нулевой скорости (относительно воды) до установившегося ее значения, соответствующего заданному положению телеграфа. Считая, что упор винта (сила, с которой винт толкает судно) равен $P = 465$ кН, в режиме разгона судна остается постоянным. Сопротивление воды пропорционально квадрату скорости судна. Определить зависимость скорости движения судна в зависимости от времени, найти установившуюся скорость движения судна (ответ выразить в узлах; 1 узел = 1852 м/ч \approx 0,51 м/с).

Коэффициент сопротивления движению $K = 11280$ кг/м. Водоизмещение судна $T = 7500$ т, масса судна при прямолинейном движении $M \approx 1,1T$ (с учетом присоединенных масс воды – при своем движении судно перемещает вместе с собой некоторую часть воды, взаимодействующей с корпусом судна).

Решение. Решая эту задачу, студенты и курсанты исследуют физику процесса и, применив законы динамики, составляют две математические модели движения судна.

Первая модель характеризует этап разгона судна и отражает динамику изменения его скорости. Она выражается дифференциальным уравнением:

$$M \frac{dv}{dt} = P - Kv^2, \quad (1)$$

решение которого «ручным» способом – задача трудоемкая.

Вторая модель характеризует этап движения судна с установившейся скоростью:

$$P - Kv^2 = 0. \quad (2)$$

Из второй модели установившаяся скорость движения находится элементарным вычислением:

$$v_{\max} = \sqrt{P/K} \approx 6,42 \text{ м/с} \approx 12,5 \text{ узлов.}$$

Пример решения дифференциального уравнения средствами свободного онлайн-вычислителя WolframAlpha

Для решения рассмотренной выше задачи средствами свободного онлайн-вычислителя WolframAlpha, выйдем на Интернет-сайт этой программы по адресу <http://www.wolframalpha.com/>.

На рис. 1 показан скриншот главной страницы этого ресурса. В центре страницы находится строка для ввода исследуемой математической модели, которую нужно ввести в строчной системе записи в виде программного кода, записанного на языке, близком к естественному математическому языку.

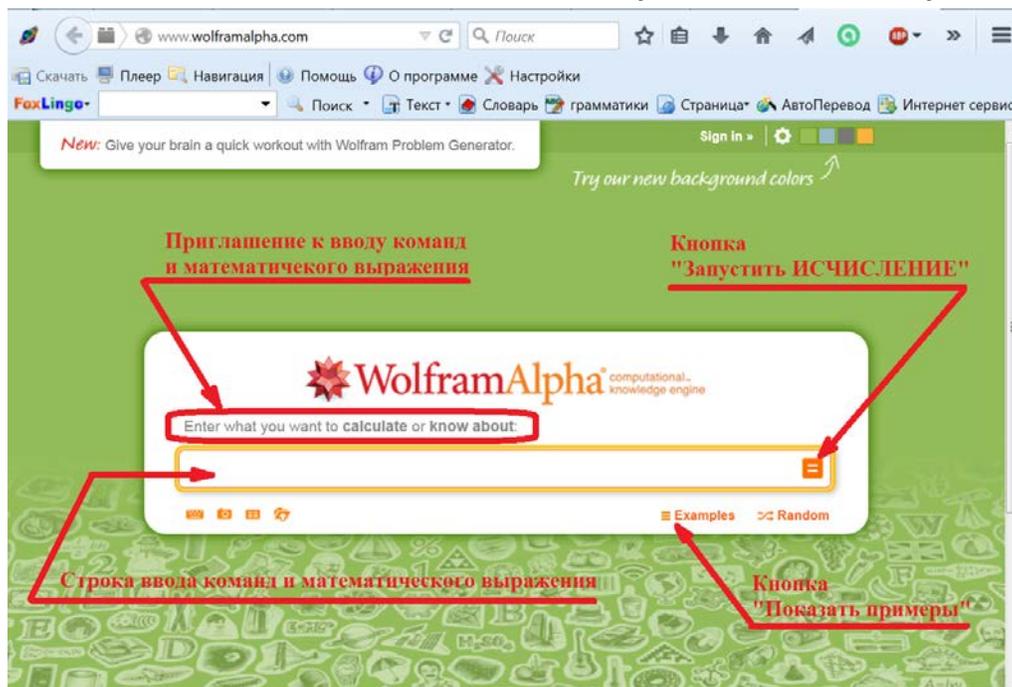


Рисунок 1

Примеры записи программного кода, для решения задач конкретного направления можно открыть, кликнув кнопку «**Examples**». Кликнув эту

Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»

кнопку, открываем страницу разделов предметных областей, рис. 2, из которых необходимо выбрать область, которая интересует пользователя.

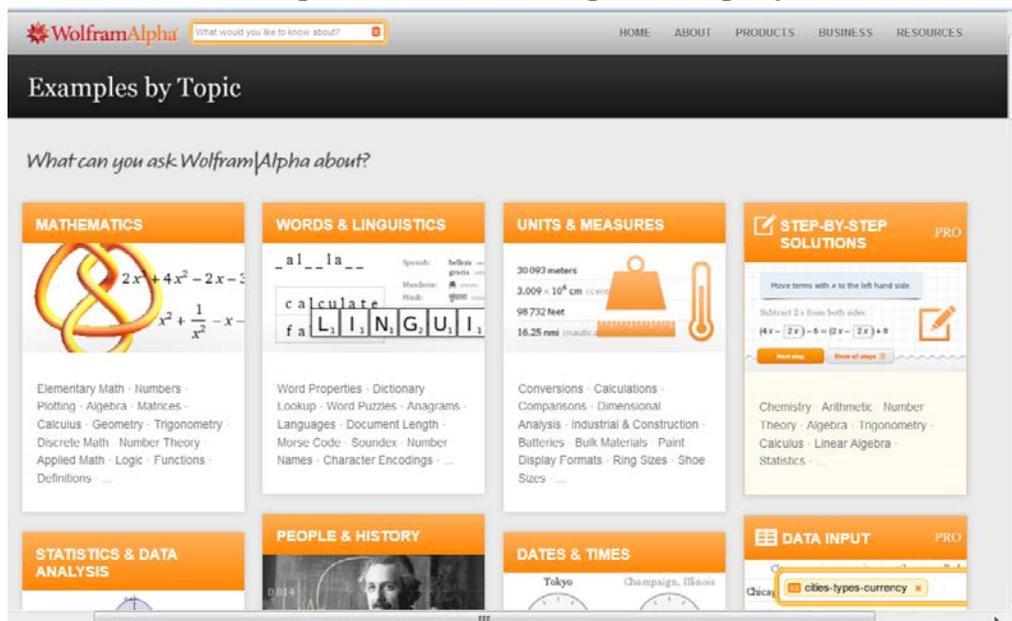


Рисунок 2

Выбираем область **MATHEMATICS**. В отрывшемся окне, рис. 3, выбираем пример решения дифференциальных уравнений.

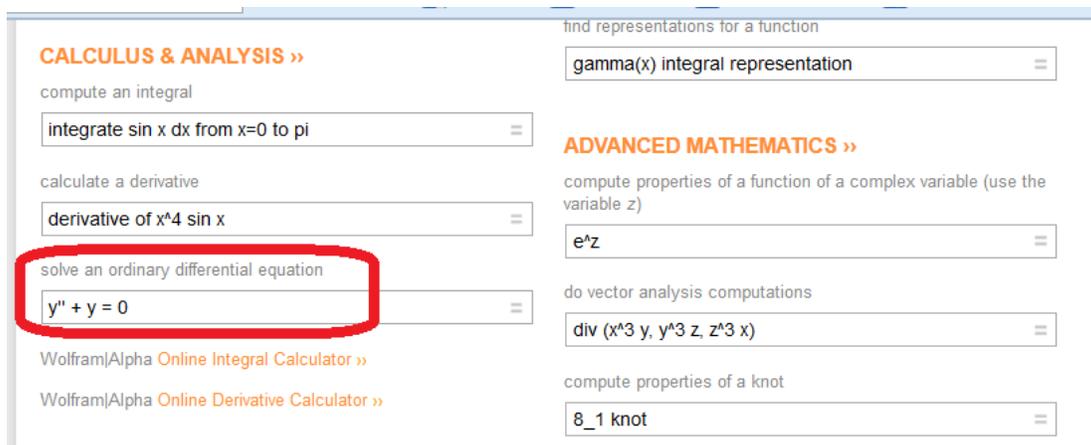


Рисунок 3

Кликнув выбранный пример, открываем его, рис. 4, изучаем и записываем свою математическую модель в виде приемлемом вычислителем.



Рисунок 4

Математическую модель (1), исследуемого нами физического процесса, дополняем начальными условиями (разгон судна осуществляется от нулевой скорости):

$$\begin{cases} M \frac{dv}{dt} = P - Kv^2 \\ v(0) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Приводим модель (3) к виду, показанному в примере (рис. 4). Поскольку наша модель (3) содержит два уравнения, объединяем их в фигурные скобки. Обратите внимание, все символы (коэффициенты и имена переменных) желательно вводить малыми буквами.

$$\{m*v(t)' + k*v(t)^2 - p=0, v(0)=0\}. \quad (4)$$

Введем выражение (4) в строку ввода, рис. 5, и нажмем кнопку «Запустить ИСЧИСЛЕНИЕ».

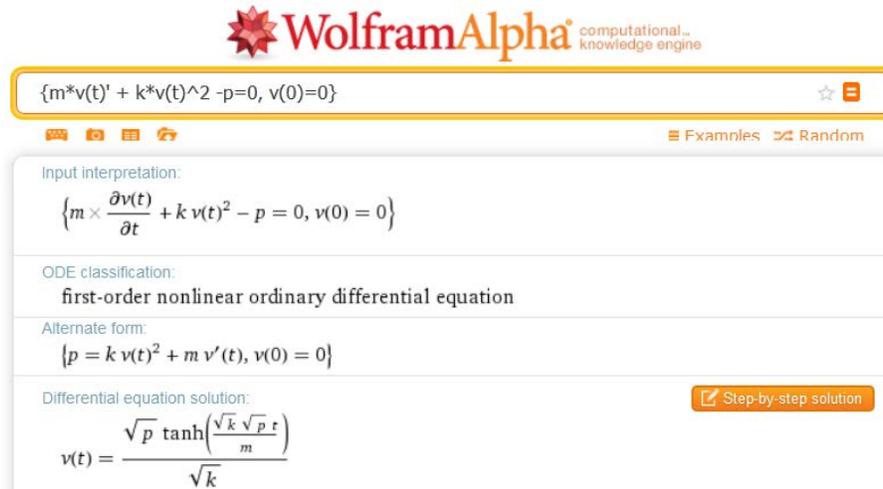


Рисунок 5

В строке «Differential equation solution» получили результат в символьной форме (гиперболический тангенс записан в европейском стандарте):

$$V(t) = \frac{\sqrt{P} \tanh\left(\frac{\sqrt{k} \sqrt{P} t}{M}\right)}{\sqrt{k}} \quad (5)$$

С учетом

$$\operatorname{th} x = \frac{\operatorname{sh} x}{\operatorname{ch} x} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1},$$

искомое нами символьное решение имеет вид:

$$v = \sqrt{p} \left(e^{\frac{2\sqrt{kp}}{m}t} - 1 \right) / \left[\sqrt{k} \left(e^{\frac{2\sqrt{kp}}{m}t} + 1 \right) \right]. \quad (6)$$

Для получения аналитического результата с числовыми коэффициентами, подставив все числовые константы в выражение (4), получим выражение (7)

$$\{1.1*750000*v(t)' + 11280*v(t)^2 - 465000=0, v(0)=0\}. \quad (7)$$

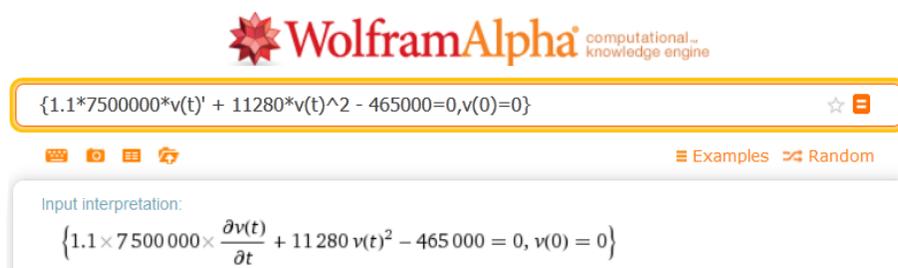


Рисунок 6

На рис. 7 показаны ячейки вывода аналитического и графического результатов.

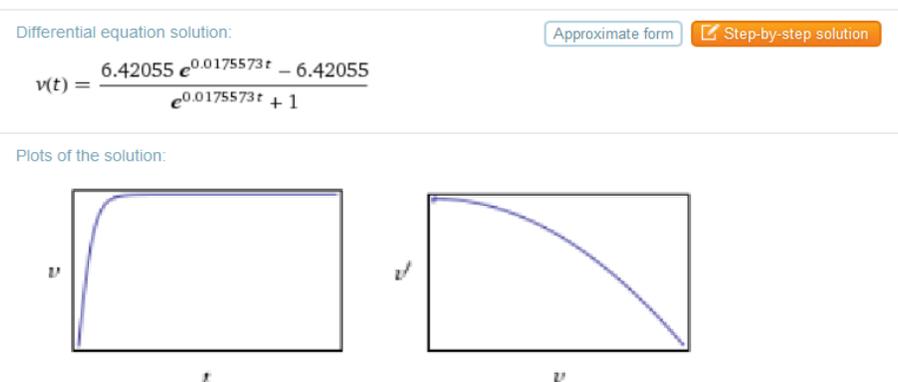


Рисунок 7

Онлайн-вычислитель не только выдал результат в виде аналитического выражения

$$v(t) = \frac{6.42055 e^{0.0175573t} - 6.42055}{e^{0.0175573t} + 1},$$

но еще и дополнительно представил графический анализ результата в виде двух графических зависимостей: графика изменения скорости судна во времени и зависимости изменения ускорения судна от изменения скорости.

Исследованный онлайн-ресурс весьма привлекателен, так как:

- позволяет решать не только дифференциальные уравнения, но и широкий класс математических задач самого различного направления;
- язык программирования этого ресурса практически совпадает с естественным математическим языком, поэтому пользователю нет необходимости тратить дополнительное время на его изучение.

Использование онлайн-ресурса WolframAlpha в учебном вычислительном эксперименте оптимизирует временные затраты студентов и курсантов при выполнении сложных тренировочных задач, делает учебную деятельность более продуктивной и привлекательной.

Заключение

Продуктивное усвоение студентами и курсантами предметного материала дисциплины, на основе использования современных программно-аппаратных и сетевых ресурсов в учебном вычислительном эксперименте, определяет мотивационный аспект, формирует познавательный интерес и ценностное отношение к профессиональным знаниям.

Литература

1. Шиян А.Ф., Методы расчета установившихся режимов ЛЭЦ (с использованием пакета Mathematica): учеб. пособие для студентов (курсантов) высш. учеб. заведений по направлению 180400 "Эксплуатация водного транспорта и транспортного оборудования" по спец. 180404 "Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики" / А.Ф. Шиян.- Мурманск: МГТУ, 2006. -214 с.- (Утв. УМО по образованию в области эксплуатации водного транспорта ГМА им. С.О. Макарова № 41 от 3 июля 2008г.).
2. Шиян, Н.В. Педагогические возможности совершенствования физического образования на современном этапе развития общества: монография / Н.В. Шиян. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. –164 с.
3. Шиян, А.Ф., Шиян Н.В., Учебный вычислительный эксперимент на основе использования современных программно-аппаратных средств // Успехи современного естествознания – 2014. – № 3. – С. 152-158.

Электроэнергетическое образование в современной России

Власова С. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра общей и прикладной физики, e-mail: vlasovasv@mstu.edu.ru)

Аннотация. В работе анализируется информация о проходном балле при поступлении в вузы России на направление бакалавриата «Электротехника и электроэнергетика». Показано, что проходной балл при поступлении в Мурманский государственный технический университет является далеко не самым низким среди региональных вузов России.

Abstract. The article analyzes the information about the fair grade needed for matriculation to the electropower universities. It's shown, that fair grade of Murmansk State Technical University is average between regional universities of Russia.

Ключевые слова: поступление в университет, электроэнергетическое образование, учебные планы, проходной балл.

Key words: matriculation to the university, electropower education, curricula, fair grade.

Очевидно, что одним из условий устойчивого развития электроэнергетики является успешное развитие электроэнергетического (ЭЭ) образования. В. Христенко (которой на тот момент был министром промышленности и торговли РФ), подчёркивал исключительную важность ЭЭ образования, как одного из самых главных инструментов для создания условий и, в конечном итоге, обеспечения устойчивого энергетического развития [1].

Одним из ведущих учебных заведений в области ЭЭ образования в России является Московский энергетический институт (технический университет), сокращённо МЭИ(ТУ). Среди вузов России, обеспечивающих высокий уровень электроэнергетического образования, следует назвать Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ) – СПбГЭТУ, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). Способность студентов к обучению, а, следовательно, и к успешному освоению выбранной профессии, во многом прогнозируется их школьными успехами. При поступлении абитуриентов в технический вуз эта связь кажется настолько бесспорной, что высокий балл при поступлении в вуз считается гарантией успешного обучения будущего студента. Практика, в целом, подтверждает этот вывод.

В дальнейшем мы будем использовать понятие «проходной балл» – минимальная сумма баллов по трём предметам (двум обязательным и одному

профильному), имея которую абитуриент может быть принят на очную форму обучения на бюджетной основе. Таким образом, можно считать, что высокий проходной балл при поступлении в вуз во многом гарантирует хороший уровень будущего специалиста (безусловно, при надлежащем уровне обучения в вузе и соответствующих усилиях самого обучающегося). Ужесточение требований к процедуре проведения ЕГЭ в последние годы (в особенности, в 2014 г.), по нашему мнению, привело к тому, что результаты ЕГЭ стали сопоставимыми, независимо от региона, в котором проживает абитуриент. С нашей точки зрения, сегодня сложилась ситуация, которая позволяет по проходному баллу в тот или иной вуз судить не только о том, насколько популярен вуз среди абитуриентов, но и о том, специалистов какого уровня он выпустит в будущем. Средний балл учитывается при мониторинге эффективности деятельности вуза. Как известно, эффективность оценивается, по образовательной, научно-исследовательской, международной, финансово-экономической деятельности и некоторым другим видам активности вуза (смотри, например, [16]). С нашей точки зрения, то внимание, которое уделяется среднему баллу при поступлении в вуз в процедуре государственной аккредитации, закономерно и вполне оправдано.

В связи с вышесказанным, в работе мы поставили цель, выяснить, какие технические вузы в Российской Федерации имеют на сегодняшний день высокий проходной балл при наборе на направление бакалавриата «Электротехника и электроэнергетика» (шифр 13.03.02, ранее 140400). Также мы желаем выяснить, какое место по этому показателю в ряду других вузов занимает Мурманский государственный технический университет (МГТУ). Сравнение уровня абитуриентов МГТУ и других вузов Российской Федерации, покажет, по нашему мнению, в каком направлении следует направить усилия тех, кто имеет отношение к ЭЭ образованию в Мурманской области.

В табл. 1 показаны проходные баллы для поступления в некоторые вузы на направление подготовки «Электротехника и электроэнергетика» за 2011-2014 гг., в том числе, с учётом разделения на академический (аб) и прикладной (пб) бакалавриат для тех вузов, которые являются пилотными площадками для внедрения прикладного бакалавриата. Отметим, что, наряду с вузами, считающимися лидерами в подготовке специалистов по электроэнергетике, представлены региональные вузы, а именно: Ивановский государственный энергетический университет (ИГЭУ); Амурский

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

государственный университет (АМУ); Дальневосточный Федеральный университет (ДФУ), Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), Мурманский государственный технический университет (МГТУ), Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (САГУ), Смоленский филиал Национального исследовательского университета МЭИ (СФМЭИ). Сведения, внесённые в таблицу, получены из сети Интернет. В ряде вузов указан не только проходной балл, но и конкурс. Если сведения не выставлены вузом на его официальном сайте, в соответствующем столбце стоит прочерк. Следует отметить, что некоторые вузы, ведущие подготовку специалистов по направлению «Электротехника и Электроэнергетика», не раскрывают сведений о проходном балле, например, СФМЭИ, но в этом случае эти сведения можно почерпнуть из приказов о зачислении по последнему году набора (2014), которые выставлены на сайте [2].

Таблица 1 – Проходные баллы при поступлении в ряд вузов России на направление подготовки бакалавров «Электротехника и электроэнергетика» в период 2011-2014 гг.

№	Название вуза	Проходной балл/ конкурс, 2011	Проходной балл/ конкурс, 2012	Проходной балл/ конкурс, 2013	Проходной балл/ конкурс, 2014	Источник информации
1	СПбПУ	196/5,2	196/10	192/3,58 ¹	222.7/4.54 (аб) 201.4/1.1(пб)	[3]
2	ЛЭТИ	–	205/-	229/-	205/-	[4]
3	НГТУ	214/12,32	238/14,32	216/13,6	200(142 ²)/7,18	[5]
4	ИГЭУ ³	205/-	198/-	210/-	199/-	[6]
5	САГУ	-	-	-	179/-	[7]
6	СФМЭИ				176/-	[2]
6	МГТУ				172/-	[8]
7	ДГУ			175/-	159/-	[9]
8	АМУ	-	-	-	158 (аб)/- 130 (пб)/-	[10]
9	ТПУ	183 /1.06	196/2,23	212/2,18	158/1,9	[11]
10	МЭИ(ТУ)	207/-	190/-	194 (72)/-	152/-	[12]

¹ В целом по институту «Энергетики и транспортных систем»

² В скобках – на платную форму обучения

³ Профиль «Электроснабжение»

Из табл.1 можно сделать вывод, что бесспорными лидерами по величине проходного балла являются три вуза Российской Федерации: СПбПУ (проходной балл 222,7 в 2014 г.), ЛЭТИ (проходной балл 229 в 2013 г.), НГТУ (проходной балл 238 в 2012 г.). Заметим, что в НГТУ есть конкурс даже на платную форму обучения (проходной балл 142).

К нашему удивлению, проходной балл в 2014 г. как в МЭИ(ТУ), так и в ТПУ (оба являются национальными исследовательскими университетами) оказался невысоким (152 и 158, соответственно), хотя в предыдущие годы эти два вуза имели более высокие показатели по проходному баллу. Далее следуют ИГЭУ (проходной балл 199 по 2014 г. и достаточно высокие баллы по другим годам набора), САГУ (проходной балл 179 по 2014 г.), СФ МЭИ (проходной балл 176 по 2014 г.) и МГТУ (проходной балл 172 по 2014 г.). Три оставшиеся из рассматриваемых вузов (ДГУ, АМУ, ТПУ) имеют примерно одинаковые проходные баллы: (159-158). И замыкает список МЭИ(ТУ) с проходным баллом 152 в 2014 г.

Опираясь на представленные результаты, можно сделать некоторые выводы. *Во-первых*, МГТУ имеет достаточно хороший для регионального вуза проходной балл при наборе на направление «Электротехника и электроэнергетика», что предоставляет возможность подготовить хороших специалистов в области электроэнергетики для Мурманской области. *Во-вторых*, поскольку СПбПУ, национальный исследовательский университет, имеющий имидж одного из лучших технических вузов страны, демонстрирует самые высокие показатели по проходному баллу, то при составлении учебных планов и рабочих программ отдельных учебных дисциплин при обучении по направлению «Электротехника и электроэнергетика» следует ориентироваться, в первую очередь на этот вуз, а не на МЭИ(ТУ), как это традиционно считается.

Действительно, если мы рассмотрим учебный план МЭИ(ТУ) для направления «Электротехника и электроэнергетика» [13], то обнаружим, например, что физика изучается 2 семестра, всего 360 ч. (10 зачётных единиц), из них 224 (примерно 62% учебного времени) – аудиторных. Отметим, что согласно требованиям Учебно-методического совета по физике Минобрнауки, указанный объём учебной нагрузки соответствует

минимальному уровню освоения физики [14]. Напомним, что минимальный уровень «предполагает способность воспроизводить типовые ситуации, использовать их в решении простейших задач, на этом уровне рассматриваются только модельные представления, описывающие достаточно ограниченный круг экспериментальных ситуаций [14]. С нашей точки зрения, этот уровень освоения физики абсолютно неприемлем для такого комплексного (в теоретическом плане) направления подготовки, как «Электротехника и электроэнергетика». Не понятна причина, по которой специалисты МЭИ(ТУ) игнорируют рекомендации Учебно-методического совета по физике Минобрнауки, подавая, тем самым, негативный пример для региональных вузов, поскольку именно на базе МЭИ(ТУ) работает Учебно-методическое объединение вузов по образованию в области энергетики и электротехники. И хотя сегодня каждый вуз вправе создавать свой учебный план, но, тем не менее, региональные вузы ориентируются на рекомендации ведущего разработчика.

К сожалению, мы не имеем возможности сравнить учебный план направления «Электротехника и электроэнергетика» МЭИ(ТУ) и СПбПУ (который по 2014 году демонстрирует самый высокий проходной балл), т.к. на официальном сайте СПбПУ учебные планы отсутствуют, представлены лишь их аннотации.

В связи с этим, рассмотрим сведения из учебных планов НГТУ. Здесь физику изучают 3 семестра, общий объём 504 часа (14 зачётных единиц), из них 288 часов занимает работа в аудитории [15]. Такой объём работы студентов по физике лежит на границе между базовым (450 час.) и повышенным (600 час.) уровнем. Базовый уровень освоения дисциплины физика, прежде всего, предполагает «способность решения сложных задач, требующих знания всей дисциплины» [14]. На такой уровень и следует обучать, по нашему мнению студентов, желающих получить диплом бакалавра по направлению «Электротехника и электроэнергетика».

В работе показано:

1. Наиболее высокий проходной балл при поступлении на направление подготовки бакалавров «Электротехника и электроэнергетика» демонстрируют следующие вузы: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра

Великого (СПбПУ), Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (ЛЭТИ) – СПбГЭТУ, Новосибирский государственный технический университет (НГТУ). Далее следуют (в порядке убывания проходного балла): Ивановский государственный энергетический университет (ИГЭУ), Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова (САГУ), Смоленский филиал Национального исследовательского университета МЭИ (СФМЭИ), Мурманский государственный технический университет (МГТУ), Дальневосточный Федеральный университет (ДФУ), Амурский государственный университет (АМУ), Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). Закрывает список Московский энергетический институт (технический университет) МЭИ(ТУ).

2. Мурманский государственный технический университет (МГТУ) имеет достаточно высокий для регионального вуза проходной балл при наборе на направление «Электротехника и электроэнергетика», что предоставляет возможность подготовить хороших специалистов в области электроэнергетики для Мурманской области.

3. При обучении студентов по направлению подготовки бакалавров «Электротехника и электроэнергетика» дисциплину «Общая физика» следует изучать, ориентируясь на требования Учебно-методического совета по физике Минобрнауки.

Литература

1. А. Антонов. МЦУЭР и ЮНЕСКО повышают научно-образовательный потенциал для устойчивой энергетики // Энергетический вестник №14, 2012, с. 57.
2. Электронный ресурс <http://sbmpei.ru/content/abinfo/682>
2. Электронный ресурс https://www.spbstu.ru/education/entrance/entrance_summ.asp
3. Электронный ресурс <http://www.eltech.ru/ru/abiturientam/priyom-na-1-y-kurs/itogi-priyoma-proshlyh-let>
4. Электронный ресурс <http://www.nstu.ru/enrollee/competition2014>
5. Электронный ресурс <http://ispu.ru/node/12989>
6. Электронный ресурс <http://narfu.ru/iet/entrant/index.php>

Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»

7. Электронный ресурс http://abit.mstu.edu.ru/files/ege_2014.pdf
8. Электронный ресурс <http://priem.dvfu.ru/statistika-priema-proslyh-let>
9. Электронный ресурс http://www.amursu.ru/attachments/article/11553/prikaz_05.08.2014_DO_b.pdf
10. Электронный ресурс <http://abiturient.tpu.ru/navigation/how/konkursyi-proshlyix-let/>
11. Электронный ресурс <http://mei-tu.ru/prohodnoj/common>
12. http://www.pkmpei.ru/docs/orders2014/iee_b_03.pdf
13. Электронный ресурс <http://mpei.ru/Education/educationalprograms/pim/Pages/default.aspx>
14. Электронный ресурс <http://www.sut.ru/doci/umu/prpd/fizika.pdf>
15. Электронный ресурс http://www.nstu.ru/education/edu_plans/#fen
16. Электронный ресурс <http://www.mstu.edu.ru/info/efficiency/>

**ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО**

Разработка жаростойкого бетона на дегидроксилированном вермикулитовом заполнителе

Бастрыгина С. В., Конохов Р. В. (*г. Анапты, ФГБУН ИХТРЭМС КНЦ РАН, e-mail: bastr_sv@chemy.kolasc.net.ru*)

Аннотация. Установлено, что использование предварительно термообработанного при 950 и 1000°C вермикулитового заполнителя позволяет значительно снизить усадочные деформации вермикулитобетона, доведя их до нормируемого показателя не более 1.5%, чего нельзя было достигнуть на исходном вспученном вермикулите.

Abstract. It has been discovered that using of pre-heated (at 950 and 1000°C) vermiculite aggregate permits to decrease the shrinking deformation of vermiculite concrete to the specified value of 1.5%, which was impossible to achieve using starting swollen vermiculite.

Ключевые слова: дегидроксилированный вермикулит, жаростойкий бетон, усадочные деформации.

Key words: dehydroxylated vermiculite, heat-resistant concrete, shrinkage deformations.

Известно, что обожженный вермикулит способен к регидратации, т.е. частичному восстановлению структурной воды [1, 2]. Обожженный до 600°C и находящийся в обычных атмосферных условиях вермикулит в течение суток полностью сорбирует влагу из воздуха, кроме высокотемпературной, что отрицательно сказывается на свойствах вермикулитобетонов, в частности – усадочных деформациях после нагрева (согласно ГОСТ 20910-90 «Бетоны жаростойкие. Технические условия» они не должны превышать 1.5%). Последующая сушка не снимает этого недостатка. Использование такого бетона в качестве теплоизоляции, например, в сталеплавильных ковшах, сталеразливочных лотках, в алюминиевых электролизерах и др., где он должен выдерживать термоударную выносливость, чревато неприятными последствиями вплоть до аварийных ситуаций (разрушение огнеупорного слоя и проплавление емкости) из-за разложения дегидратационной воды на ее компоненты. Для устранения регидратации необходимо вермикулит, вспученный при температуре 900-1000°C довести до состояния дегидроксилирования, т.е. до 100% дегидратации всех видов воды. При затворении вермикулитобетонной смеси на гидравлическом вяжущем водой,

она во время приготовления массы, формования и тепловлажностной обработки насыщает заполнитель из вспученного таким образом вермикулита, и полностью удаляется во время сушки готового изделия, не подвергая дальнейшей регидратации вермикулитовый заполнитель во время хранения.

Задача заключалась в разработке жаростойкого бетона на дегидроксилированном вермикулитовом заполнителе и изучении его основных свойств.

Для проведения исследований были изготовлены образцы бетона на следующих видах заполнителя:

1. Исходный вспученный вермикулит (ВВ) фр. 2-8 мм насыпной плотностью 125 кг/м^3 ;
2. ВВ термообработанный при 1000°C в течение 5, 10, 15, 30 и 60 мин.;
3. ВВ термообработанный при 950°C в течение 5 и 10 мин.;
4. ВВ термообработанный при 900°C в течение 5 и 10 мин.

Расход вермикулита составлял 125 кг/м^3 и корректировался по объему. В качестве вяжущего использовали портландцемент с золой-уноса Сем II/A-V 42.5 R, произведенный на заводе «НОРЦЕМ АС», г. Къёпсвик (Норвегия) с расходом 300 кг/м^3 , в качестве микрозаполнителя – золошлаковую смесь (ЗШС) апатитской ТЭЦ в количестве 20% от массы цемента.

Подбор составов бетона проводился по методу пробных замесов, который включает назначение предварительных расходов вермикулита, цемента и ЗШС, определение оптимального расхода воды и установление зависимости между расходом цемента, плотностью и прочностью бетона в заданных условиях уплотнения и твердения. При подборе составов учитывалось, что насыпная плотность обожженного при разных температурах вермикулита уменьшалась и составляла $107\text{-}110 \text{ кг/м}^3$, $107\text{-}105 \text{ кг/м}^3$ и $100\text{-}105 \text{ кг/м}^3$, соответственно при температуре обжига 900 , 950 и 1000°C . Продолжительность обжига незначительно сказывалась на плотности обожженных образцов.

Одним из важных факторов, влияющий как на свойства смеси, так и на свойства вермикулитобетона является расход воды при приготовлении вермикулитобетонных смесей. Как недостаток, так и избыток воды приводит к уменьшению прочности бетона. Однако оптимальное количество воды в значительно большей степени зависит от свойств вспученного вермикулита и в первую очередь от его насыпной плотности. Несмотря на то, что

обожженный вермикулит имеет меньшую насыпную плотность по сравнению с необожженным, воды на затворение бетонной смеси пошло больше, что отразилось на значениях плотности бетона, которая на исходном вермикулите меньше, чем на обожженном. Повышение плотности образцов также сказалось на значениях коэффициента теплопроводности. Это можно объяснить большим количеством и малым размером пор, вследствие более развитой поверхности обожженного вермикулита по сравнению с исходным. Основные свойства полученных бетонов приведены в таблице.

Известно [3], что чем выше температура обжига и его продолжительность, тем более хрупким становится вермикулит, что находит подтверждение и в наших результатах. Прочность образцов, изготовленных на повторно обожженном вермикулите ниже, чем на исходном (рисунок 1). Зависимость снижения прочности от температуры обжига и его продолжительности имеет линейный характер. Пятиминутный обжиг при всех температурах практически не снижает прочности бетона.

Таблица 1 – Свойства жаростойкого бетона на дегидроксилированном вермикулитовом заполнителе

Время обжига, мин.	Прочность на сжатие после ..., МПа		Плотность, кг/м ³	Остаточная прочность при 800°С, %	Усадка при 800°С, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
	пропарки и сушки	28 сут.				
исх.	1.80	1.95	570	35.0	3.53	0.127
900°С						
10	1.66	1.78	576	36.6	2.7	0.129
5	1.78	1.90	589	33.5	3.1	0.136
950°С						
10	1.63	1.77	569	35.1	1.3	0.130
5	1.75	1.87	588	32.3	1.5	0.133
1000°С						
60	1.45	1.60	563	37.4	0.99	0.124
30	1.50	1.62	590	36.8	0.99	0.131
15	1.54	1.68	593	33.0	0.99	0.133
10	1.60	1.75	595	32.3	1.20	0.133
5	1.74	1.83	596	31.0	1.27	0.132

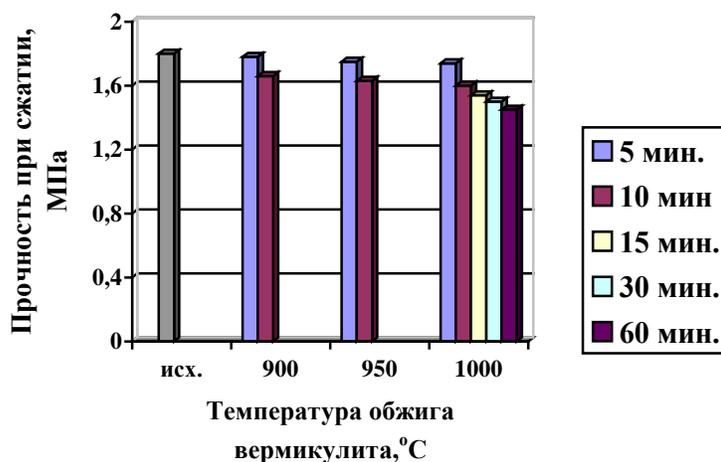


Рисунок 1 – Зависимость прочности при сжатии вермикулитобетона от температуры и продолжительности обжига вермикулита

Исследования по изучению основных характеристик жаростойкого вермикулитобетона показали, что усадка образцов (рисунок 2), изготовленных на обожженном при 1000°C вермикулите составляет 1.27-1.2%, что ниже нормируемых 1.5% (у исходного вермикулитобетона – 3.5%), при 950°C – 1.5-1.3%, при 900°C – 3.1 и 2.7%, соответственно для 5 и 10 мин. обжига. Эти данные согласуются с результатами термографического анализа вермикулитовых образцов, обожженных при этих же температурах, где наибольшие потери массы наблюдались у образцов термообработанных при 900°C.

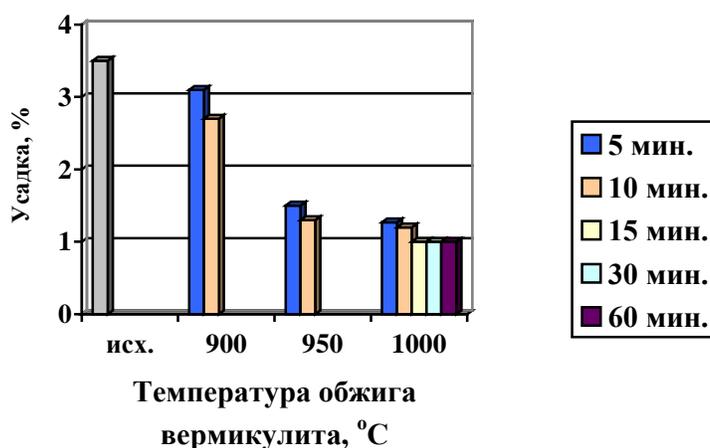


Рисунок 2 – Зависимость усадки вермикулитобетона от температуры и продолжительности обжига вермикулита

Усадка бетона на обожженном при 900°С вермикулите и исходном необожженном вермикулите отличается незначительно. Разница в значениях составляет в среднем 11-23% для 5 и 10 мин. обжига. Значительное снижение усадки происходит в интервале температур 950-1000°С. После 15 минутного обжига при 1000°С значения усадки перестают снижаться и составляют 0.99%.

Остаточная прочность всех составов увеличивается незначительно (максимальное значение составляет 37.4%), но в целом ее значения соответствуют ГОСТ – не ниже 30%.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что предварительная термообработка вермикулитового заполнителя при 950 и 1000°С позволяет значительно снизить усадочные деформации вермикулитобетона, доведя их до нормируемого показателя не более 1.5%, чего нельзя было достигнуть на исходном вспученном вермикулите.

Литература

1. Хвостенков С.И., Туркин А.Ф., Тимошенко О.М. Дегидратация и регидратация вермикулита // Геология, свойства и применение вермикулита. – Ленинград: Наука, 1967. – С. 41-54.
2. Исследование некоторых физико-химических свойств ряда флогопит-вермикулит Ковдорского месторождения / С.И.Хвостенков, А.Ф.Туркин, О.М.Тимошенко, Л.Л.Шандрик // Ковдорский вермикулит. – М.-Л.: Наука, 1966. – С.32-59.
3. Технология минеральных теплоизоляционных материалов и легких бетонов/ К.Э. Горяйнов, К.Н. Дубенецкий, С.Г. Васильев, Л.Н. Попов/ Учебное пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1976. – 536 с.

Исследование влияния армирования грунта на совместную работу стальной П-образной рамы с песчаным основанием

Антонов В. М.¹, Евдокимцев О. В.¹, Козлов А.А.², Кузина А. А.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра промышленного и гражданского строительства)

² (Тамбов, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», КЗиС, e-mail: sanche93@mail.ru, lulik93@mail.ru)

Аннотация. Изложены результаты экспериментального исследования влияния армирования на НДС фундамента и основания при совместной работе с однопролетной стальной рамой. Проведен анализ влияния армирования на перемещения фундамента.

Abstract. The results of a pilot study on the effect of reinforcing the VAT base and foundation in co-operation with a single-span frame. The influence of reinforcement on the movement

Ключевые слова: армированное основание, фундамент, влияние армирования.

Key words: reinforced soil, foundation, the effect of reinforcing.

Одними из наиболее массовых конструкций в строительстве являются фундаменты. С развитием строительства нагрузки на фундаменты возрастают. В то же время зачастую начинают использоваться территории до недавнего времени считавшиеся непригодными для строительства: свалки, выработанные карьеры, поймы ручьев и другие местности со сложным геологическим строением. Использование таких территорий невозможно без специальной инженерной подготовки. Одним из методов инженерной подготовки является армирование основания.

Нами были проведены серии опытов для выявления влияния армирования на несущую способность и деформативность основания при совместной работе с фундаментами одноэтажной однопролетной стальной рамы. Эксперименты проводились в пространственном лотке размерами 2000x2000x1200мм, схема установки для проведения экспериментов представлена на рис. 1. Размеры модели фундамента 300x300мм. Положение опытной модели рамы в пространстве контролировалось уровнем и отвесом, горизонтальность установки фундамента контролировалась уровнем, установленным на обрезы фундамента.

В качестве основания модели использовался мелкозернистый песок в

воздушно сухом состоянии. Влажность грунта поддерживалась постоянной в пределах 6%. Грунт укладывали слоями по 10см с уплотнением ручной трамбовкой. Плотность грунта контролировалась методом режущего кольца в четырех точках под подошвой фундамента. Механические характеристики грунта определяли в лаборатории на приборе ПСГ2-М. Угол внутреннего трения $\varphi=32^\circ$, сцепление $c=3,15$ кПа.

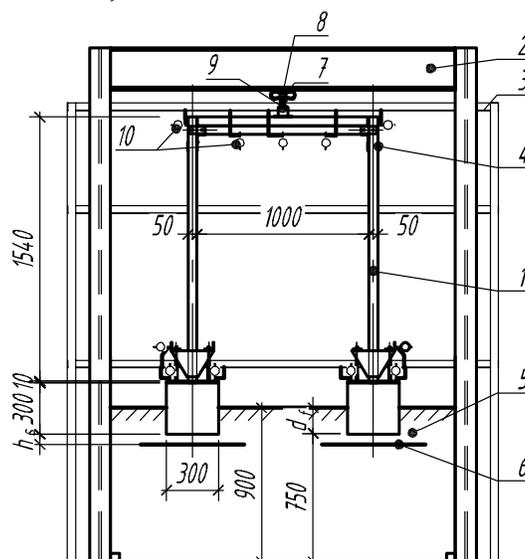


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки:

- 1 – опытная рама; 2 – силовая рама; 3 – реперная рама; 4 – раскрепление из плоскости рамы; 5 – основание; 6 – армирующий элемент (в опытах с армированием); 7 – динамометр ДОС-5; 8 – шарнир;
9 – домкрат гидравлический; 10 – индикатор часового типа (ИЧ-10)

Снятие показаний индикаторов производилось после условной стабилизации перемещений, за условную стабилизацию принята осадка по четырем вертикальным датчиками в 0,01мм за 5 минут.

Армирование основания выполнялось сеткой из арматуры класса В500 по ГОСТ Р 52554. Геометрические параметры сеток и положения относительно фундамента производилось согласно [1]. При обработке результатов приняты следующие обозначения характерных параметров: d_f – глубина заложения фундамента; h_s – расстояние от верха армирующего элемента до подошвы фундамента; b_s, l_s – ширина и длина армирующего элемента; s_b, s_l – шаг дискретной арматуры в направлении ширины и длины соответственно; e_b, e_l – смещение центра арматуры относительно центра фундамента в направлении длины и ширины.

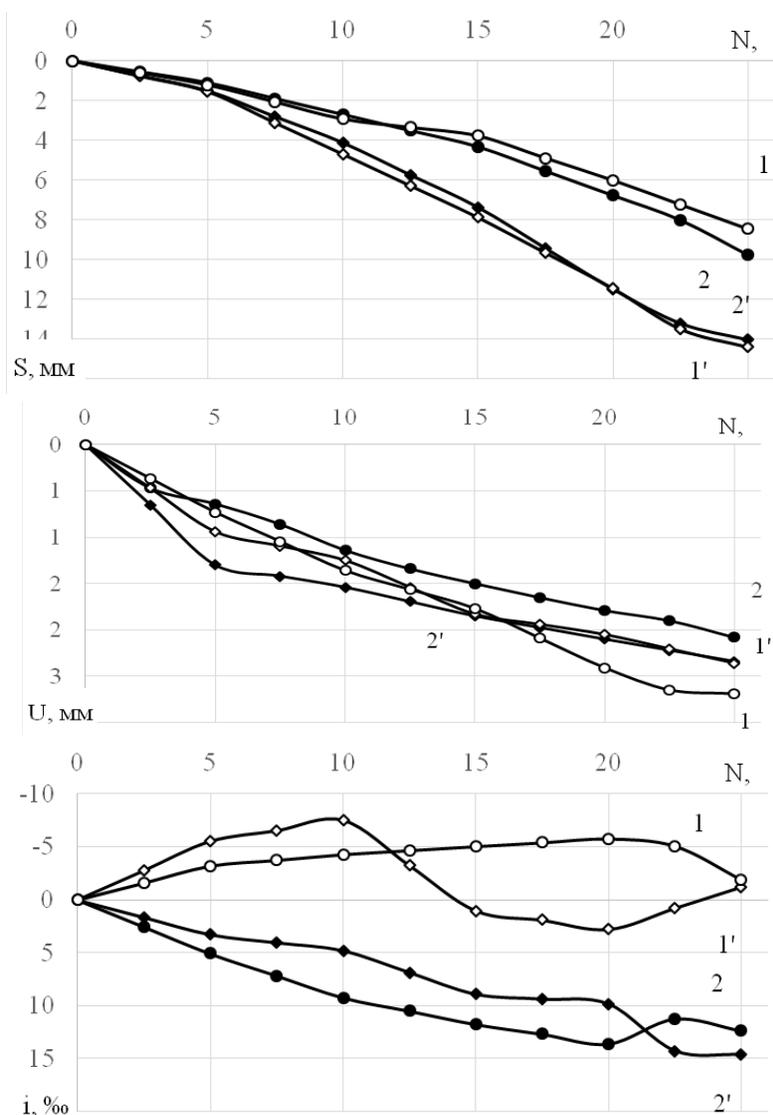


Рисунок 2 – Графики зависимости перемещений фундаментов от нагрузки:

1 – правая колонна на армированном основании; 1' – правая колонна на неармированном основании; 2 – левая колонна на армированном основании; 2' – левая колонна на неармированном основании. а) зависимость осадка-нагрузка; б) зависимость горизонтального смещения от нагрузки; в) зависимость крена от нагрузки; г) зависимость относительной разности осадок от нагрузки.

Для возможности переноса полученных результатов на натурные объекты определены безразмерные величины, выражающие зависимость армирующего элемента от размеров подошвы фундамента:

$$\bar{h}_s = \frac{h_s}{b_f}; \bar{b}_s = \frac{b_s}{b_f}; \bar{d}_f = \frac{d_f}{h_f}; \bar{l}_s = \frac{l_s}{b_f}; \bar{s}_b = \frac{s_b}{b_f}; \bar{s}_l = \frac{s_l}{b_f}; \bar{e}_b = \frac{e_b}{b_f}; \bar{e}_l = \frac{e_l}{b_f}.$$

Согласно [2] наиболее эффективным являются следующие характеристики армирования: $\bar{h}_s = 0,2$; $\bar{b}_s = 2$; $\bar{l}_s = 2$. Параметры \bar{e}_b и \bar{e}_l приняты равными 0, значение $\bar{s}_l = \bar{s}_b = 50/300 = 0,167$, диаметр арматуры равен 5мм, глубина заложения назначалась из условия $\bar{d}_f = 0,5$. На основе данных характеристик были проведены опыты.

Полученные данные были подвергнуты статической обработке с помощью программы MS Excel. По полученным результатам построены графики зависимостей перемещений фундаментов от нагрузки. Полученные графики представлены на рис. 2. Как видно из графиков, армирование оказывает существенное влияние на осадку. В среднем осадка уменьшилась в 1,5 раза, причем наиболее эффективно влияние армирования сказывается при возрастании нагрузки. В тоже время горизонтальное армирование, расположенное под подошвой фундамента, не оказывает заметного влияния на горизонтальное перемещение фундамента в плоскости рамы. Влияние армирования на крен фундамента незначительно. Возможно более значительное влияние на крен окажет армирование при меньшем заглублении под подошву фундаментов.

Литература

- 1 Антонов В.М. Экспериментальные исследования армированных оснований: моногр. Тамбов : Издательство ГОУ ВПО ТГТУ: 2011. 80с.
- 2 Антонов В.М. Влияние армирования на несущую способность и деформативность песчаного основания: дис. канд. техн. наук. Волгоград., 1998. С. 213.
- 3 Антонов В.М., Леденев В.В. Взаимодействие фундаментов с армированным основанием // Труды молодых ученых и студентов ТГТУ. -Тамбов, 1997.-вып. 1. – С. 250-255.
- 4 ГОСТ 12248-96 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
- 5 Джоунс, К.Д. Сооружения из армированного грунта: пер. с англ. В.С. Забавина/под ред. В.Г. Меньшикова. -М.: Стройиздат, 1989. -280 с.

Комплексное использование побочных продуктов обогащения угля

Белогурова Т. П., Цырятьева А. В., Миханошина И. А. (г. Анапиты, ФГБУН ИХТРЭМС КНЦ РАН, лаборатория бетонов; г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра промышленного и гражданского строительства; e-mail: *belog_tp@chemy.kolasc.net.ru*)

Аннотация. В статье представлены результаты опытно-промышленной проверки технологии комплексного использования побочных продуктов обогащения углей путем приготовления и сжигания суспензионного водоугольного топлива (ВУТ) на основе тонкодисперсных отходов углеобогащения и промпродукта с последующим применением золошлаковых отходов. Исследован состав золы и шлака, образующихся после сжигания ВУТ. Показана возможность применения данных продуктов в качестве микронаполнителя в бетоны.

Abstract. The article presents the results of pilot testing of a technology for recovery of coal beneficiation waste, incorporating the preparation and combustion of a coal hydrocarbon slurry (CHS) based on fine coal beneficiation waste and middlings. The composition of the ash and slag formed after CHS combustion has been determined. The products have been analyzed for possibility of applying as concrete microaggregates.

Ключевые слова: отходы углеобогащения, промпродукт, суспензионное водоугольное топливо, сжигание, зола, шлак, микронаполнитель бетона.

Key words: waste coal, middlings, slurry hydrocarbon fuel, combustion, ash, slag, micro aggregate for concrete.

На современных углеобогащительных фабриках при обогащении образуются тонкодисперсные отходы в виде фильтр-кека, качество которого не стабильно во времени (влажность изменяется от 30% до 45%, зольность – от 20% до 60%). Значительный диапазон изменения зольности и влажности не позволяет использовать данный продукт в качестве топлива в существующих энергетических агрегатах. Поэтому в настоящее время фильтр-кек сбрасывается в отвал. В результате усугубляется и без того неблагоприятная экологическая обстановка в угольных регионах, а также безвозвратно теряются миллионы тонн добытого угля. Одним из оптимальных решений по снижению отрицательного воздействия отходов углепереработки на окружающую среду является использование суспензионного водоугольного топлива (ВУТ) [1].

В рамках комплексного решения проблемы утилизации побочных продуктов обогащения угля была разработана новая технология приготовления и сжигания ВУТ. По предлагаемой технологии повышение и стабилизация низшей

теплоты сгорания ВУТ обеспечивается за счет поддержания зольности твердой фазы суспензии около 40.0% посредством приготовления суспензионного угольного топлива из смеси фильтр-кека и промпродукта или исходного угля.

Для опытно-промышленной проверки предложенной технологии использовались тонкодисперсные отходы углеобогащения (фильтр-кеки и шламы каменных углей марок «КС», «СС» и «Т» Кузнецкого угольного бассейна), промпродукт и исходный уголь ОФ «Междуреченская» (г. Междуреченск, Кемеровская область).

Сжигание приготовленных опытных партий суспензионного угольного топлива в опытно-промышленных условиях осуществлялось в адиабатической вихревой камере сжигания, связанной с котлом тепловой мощностью 0.3 МВт. Режимы сжигания соответствовали расчетным, что свидетельствует о том, что разработанная и реализованная технологическая схема приготовления суспензионного топлива из отходов углеобогажительных фабрик обеспечивает получение топлива с требуемой характеристикой [2].

В процессе сжигания ВУТ осуществлялся отбор технологических проб уловленной золы и образующегося шлака. Отобранная сборная технологическая проба золоотходов была исследована на предмет возможности использования ее в качестве микронаполнителя в бетоны.

Для исследований от пробы была отсеяна крупная фракция шлака (>3 мм) и золоотходы (ЗО) были разделены на две составляющие: ЗОШ – шлаковую часть (> 0.315 мм) и ЗОЗ – зольную (< 0.315 мм).

Исходя из результатов химического анализа, главными компонентами в составе золоотходов являются SiO_2 – (до 40%), Al_2O_3 – (до 21%), и Fe_2O_3 – (до 4%). Содержание CaO и MgO в золоотходах составляют – до 5% и до 2% соответственно, а Na_2O и K_2O – до 1.5%. Содержание SO_3 не превышает 0.6%. По сравнению с ранее изученными золоотходами от сжигания ВУТ [3], данные золоотходы характеризуются достаточно высоким содержанием углерода С – (14%) и значений п.п.п. – (20%), что свидетельствует о неполном выгорании угля в золоотходах.

По данным химического состава установлены модуль основности – M_o – 0.15; силикатный модуль – M_c – 1.70 и коэффициент качества – K – 0.66. На основании полученных данных исследуемые золоотходы относятся к низкокальциевым золам, по модулю основности – к кислому типу, по

суммарному критерию качества – к группе скрыто активных или инертных материалов. В составе общей пробы золоотходов, ее зольной и шлаковой частей, существенных различий не наблюдается.

В составе исследуемых золоотходов выделены 6 основных минеральных фаз, мас. %: шлак – 60, графит – 20, стекло – 18, железо – 0.5, гематит – 0.5, магнетит – 1.0. Микрофотографии данных фаз, выполненные на микроскопе Ultraphot-3 в отраженном свете, представлены на рисунке.

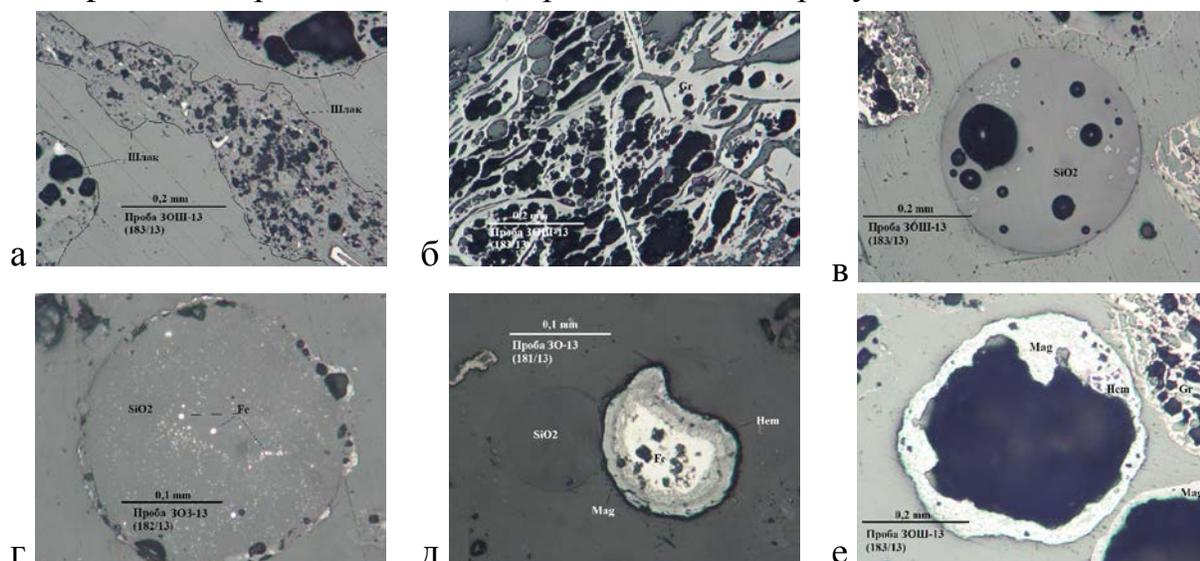


Рисунок 1 – Основные минеральные фазы золоотходов:

- а – частицы шлака в пробах золы с включениями различных минеральных фаз;
- б – морфология и внутренняя структура частиц графита;
- в – типичные формы частиц стекла, черное – пузырьки от газовых пор;
- г – шлак и стекло с включениями железа;
- д – зерна золы и шлака с гематитом;
- е – выделения магнетита в шлаке

Минеральный состав золы и шлака от сжигания ВУТ на основе побочных продуктов обогащения показал, что образование частиц шлака связано с частичным или полным оплавлением неорганического вещества углей сложного силикатного и магнезиального состава. О неоднородности угля свидетельствует разнообразие структуры и форм графита и угля. В золоотходах ВУТ присутствует железо в различных формах, которое восстанавливается до металла в присутствии угля при плавлении силикатных пород. В целом, золоотходы от сжигания ВУТ характеризуются большим количеством рыхлого углеродистого остатка и рыхлых спеков, низким содержанием оплавленного шлака, высоким содержанием оксидов железа, что

непосредственно определяет их свойства. Данные минерального состава полностью согласуются с химическим анализом золоотходов ВУТ.

Рентгенографическими исследованиями во всех пробах золоотходов с достаточной вероятностью идентифицируются пики кварца, графита, магнетита, гематита, муллита, анортита. Дифференциально-термическим анализом в пробах установлены незначительные эндоэффекты, связанные с удалением гигроскопической влаги и разложением карбонатной составляющей. Экзотермические эффекты при температуре 460-750°C обусловлены наличием в золоотходах коксовых и полукоксовых остатков, образовавшихся из несгоревших частиц топлива при высокой температуре. Данный эффект наиболее выражен у шлаковой части золоотходов, в которых содержится больше несгоревшего угля. По результатам термогравиметрии общие потери при прокаливании при температуре 950°C для общей пробы золоотходов составляют 26.8%, зольной части – 18.2% и шлаковой части – 39.2%, что также согласуется с предыдущими анализами.

Таким образом, комплексом проведенных физико-химических исследований установлено, что золоотходы, полученные от сжигания ВУТ на основе побочных продуктов обогащения угля относятся к типичным золам от сжигания каменного угля со значительно большим содержанием углеродистого остатка. Это связано, в первую очередь, с недостаточно отработанной технологией сжигания ВУТ.

Гранулометрический состав золоотходов общей пробы представлен преимущественно зольной частью: содержание фракций менее 0.315 мм составляет 72.5%. По остатку на сите 0.63 данные золоотходы относятся к среднedisперсным. С помощью анализатора SALD-201V установлено, что размер частиц общей пробы золоотходов находится в пределах значений от 1 до 100 мкм, при этом 75% частиц имеют размер менее 60 мкм. В шлаковой части золоотходов размер частиц составляют 300-350 мкм. Таким образом, золоотходы общей пробы и ее зольной части относятся к группе мелких, а шлаковой части – крупных.

По удельной поверхности золоотходы от сжигания ВУТ при отсеве шлаковой части относятся к средне-тонкодисперсным продуктам сгорания, что обусловлено технологией сжигания. Эта особенность технологии сжигания позволяет получать золоотходы с очень низкой насыпной плотностью, высокой удельной поверхностью и пористостью по сравнению с обычными

золоотходами, образованными при сжигании угля по традиционной технологии.

В таблице приведены основные качественные показатели золоотходов.

Таблица 1 – Основные качественные показатели золоотходов

Наименование показателя	Фактическое значение			Требования ГОСТ 25818-91
	ЗО	ЗОЗ	ЗОШ	
Содержание СаО, %	4.78	5.00	3.72	не более 10
Содержание MgO, %	1.41	1.56	1.20	не более 5
Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO ₃ , %	0.57	0.57	0.40	не более 5
Содержание щелочных оксидов в пересчете на Na ₂ O, %	1.84	2.08	1.50	не более 3
Потеря массы при прокаливании, %	22.80	20.95	28.17	не более 15
Удельная поверхность, м ² /кг	277	440	-	не менее 150
Остаток на сите №008, %	22.6	13.8	66.6	не более 30
Насыпная плотность, кг/м ³	455	490	480	-
Истинная плотность, г/см ³	2.38	2.40	2.31	-
Влажность, %	0.65	0.65	0.65	не более 1
Удельная активность, Бк/кг	170±20			не более 370

Дальнейшие исследования планируется направить на совершенствование технологии сжигания ВУТ на основе побочных продуктов обогащения угля и на изучение взаимосвязи состава, структуры и свойств золоотходов от сжигания ВУТ как наполнителя бетонов.

Литература

1. Саламатин А.Г. О состоянии и перспективах использования водоугольного топлива в России // Уголь, 2000. №3. С.10-15.
2. Мурко В.И., Федяев В.И., Айнетдинов Х.Л., Яковенко А.В., Воскобойников П.С. Совершенствование технологического комплекса по приготовлению и сжиганию суспензионного угольного топлива на основе отходов углеобогащения // Уголь. Апрель, 2013. С.50-52.
4. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Мальцев Л.И., Кравченко И.В. К проблеме утилизации золоотходов от сжигания водоугольного топлива // Строительные материалы. 2010. №11. С.10-11.

Жесткость железобетонного изгибаемого элемента в процессе его эксплуатации с трещинами

Котов А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра промышленного и гражданского строительства, e-mail: akot53@yandex.ru)

Аннотация. Методом конечных элементов в комплексе SCAD осуществлено моделирование процесса образования трещин в железобетонной балке. Выявлено, что жесткость изгибаемого железобетонного элемента в результате образования трещин уменьшается в несколько раз. Учет этого эффекта существенно важен при составлении комплексных расчетных схем сооружений с железобетонным каркасом.

Abstract. By the method of the finite elements in complex of SCAD, the process of emergence cracks in the reinforced concrete beam was simulated. Revealed, that the stiffness of a bending reinforced concrete element decreases in several times, as a result of emergence cracks. This effect is important in formulating integrated design schemes of the constructions with reinforced concrete frame.

Ключевые слова: конечный элемент, железобетонный стержень, трещина, кривизна, жесткость.
Key words: finite element, reinforced concrete beam, crack, flexure, stiffness.

В работе [6], предшествующей настоящему исследованию, отражены результаты моделирования первой нормальной трещины в железобетонной балке и жесткость поперечного сечения по этой трещине. Здесь этот же самый железобетонный стержень рассматривается в диапазоне загрузки от момента завершения процесса образования первой трещины до полного исчерпания несущей способности. По-прежнему конечной целью исследования является решение вопроса о реальной изгибной жесткости железобетонных элементов, с тем, чтобы использовать ее в качестве расчетной для формирования комплексных конечноэлементных моделей сложных сооружений.

В отличие от многих других работ, где в том или ином виде рассматривалась обозначенная проблема (например, [3, 4]), здесь задача о фактической кривизне оси железобетонного стержня решалась путем его конечноэлементного моделирования. При этом жесткость балки определялась непосредственно через наблюдаемую в расчете кривизну ее геометрической оси [6]. Исследования железобетонных балок методом конечных элементов уже вряд ли можно считать инновационными [2, 5], однако вопрос о прямых

рекомендациях для назначения жесткости изгибаемых железобетонных элементов в комплексных расчетных моделях сооружений в подобных работах не только не был решен, но и явным образом даже не формулировался.

По-прежнему, как и в [6], здесь рассматривался железобетонный стержень длиной 6м, прямоугольного сечения размерами 320х480мм, из бетона класса В25, армированный нижней продольной арматурой $\varnothing 16$, верхней продольной $\varnothing 8$ и поперечной обоих направлений $\varnothing 6$. Класс продольной арматуры А500, поперечной – А240. Бетонное тело стержня было сформировано из восьмиузловых объемных конечных элементов размерами 50х40х40мм. Арматура моделировалась стержневыми конечными элементами, связанными с бетоном в узлах его объемных конечных элементов. Балка рассматривалась как свободно опертая на податливые опоры, смоделированные пластинами на упругом основании [6]. Глубина опирания была принята достаточно ходовой: 150мм. Горизонтальные связи были установлены в минимально необходимом количестве.

Как уже было сказано, железобетонная балка в настоящем исследовании рассматривалась с момента завершения процесса образования первой, центральной трещины, подробно рассмотренного в работе [6]. Это начальное состояние обозначено далее символом I_k : конец образования первой трещины. Параметры конструкции, отражающие это состояние, представлены в таблице 1 (столбец I_k) и на диаграмме кривизна – момент для рассматриваемой балки, построенной по результатам настоящего исследования; на этой диаграмме состоянию завершения образования первой трещины соответствует точка I_k (рис.1).

Из таблицы и диаграммы видно, что в процессе образования первой трещины локальная кривизна железобетонного элемента в ее окрестности увеличилась скачкообразно более чем в семь раз по сравнению с аналогичной кривизной железобетонного элемента без трещин. Соответственно этому, т.е. тоже в семь с лишним раз, уменьшилась изгибная жесткость стержня в его сечении с центральной трещиной.

Процесс образования первой, центральной трещины был признан завершенным вследствие того, что нормальное напряжение в бетоне над ее вершиной впервые в ходе итераций оказалось сжимающим, а напряжения в

растянутом бетоне всюду меньше предельных значений. Далее нагрузку на балку увеличивали до тех пор, пока напряжения в нижнем, наиболее растянутом слое бетона не достигли предельного сопротивления растяжению при изгибе, которое в соответствии с [7] и [1] было принято в размере 269 Т/м^2 . Это явилось фактическим началом образования двух трещин второго уровня: Пн. Соответствующее этому состояние бетона в продольном сечении по вертикальному арматурному каркасу показано на рис.2 (фрагмент в окрестности центральной трещины); параметры балки в этом состоянии отражены в столбце Пн таблицы 1, а на диаграмме кривизна – момент этому соответствует точка Пн.

Таблица 1 – Параметры состояния железобетонной балки

Обозначение состояния	1	Бетон	Ин	Ик	Пн	Пк
Погонная нагрузка от собственного веса, Т/м	2	0,369	0,384	0,384	0,384	0,384
Полезная погонная нагрузка, Т/м	3	0,552	0,600	0,600	0,656	0,656
Полная погонная нагрузка, Т/м	4	0,921	0,984	0,984	1,040	1,040
Максимальный изгибающий момент, Тм	5	3,87	4,14	4,14	4,373	4,373
Максимальное растягивающее напряжение в бетоне, Т/м^2	6	269	270	244	270	257
База Δ , мм	7	300	300	300	300	300
Стрелка f , мм	8	0,0182	0,0184	0,14075	0,14870	0,13426
Кривизна κ , 10^7 мм^{-1}	9	4,04	4,09	31,3	33,04	29,83
Изгибная жесткость B в центральном сечении, 10^{-4} Тм^2	10	0,958	1,012	0,1323	0,1324	0,1466
Относительная жесткость	11	1	1,056	0,138	0,138	0,153

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

1	III _H	III _K	IV _H	IV _K	V _H	V _K	ПС
2	0,384	0,384	0,384	0,384	0,384	0,384	2,112
3	0,784	0,784	0,992	0,992	1,328	1,328	0,384
4	1,168	1,168	1,376	1,376	1,712	1,712	2,496
5	4,911	4,911	5,786	5,786	7,199	7,199	10,496
6	269	265	270	216	269	170	248
7	300	300	300	300	300	300	300
8	0,13388	0,12828	0,14833	0,14020	0,17460	0,16520	0,24126
9	29,75	28,51	32,96	31,16	38,80	36,71	53,61
10	0,1651	0,1722	0,1755	0,1857	0,1855	0,1961	0,1958
11	0,172	0,180	0,183	0,194	0,194	0,205	0,204

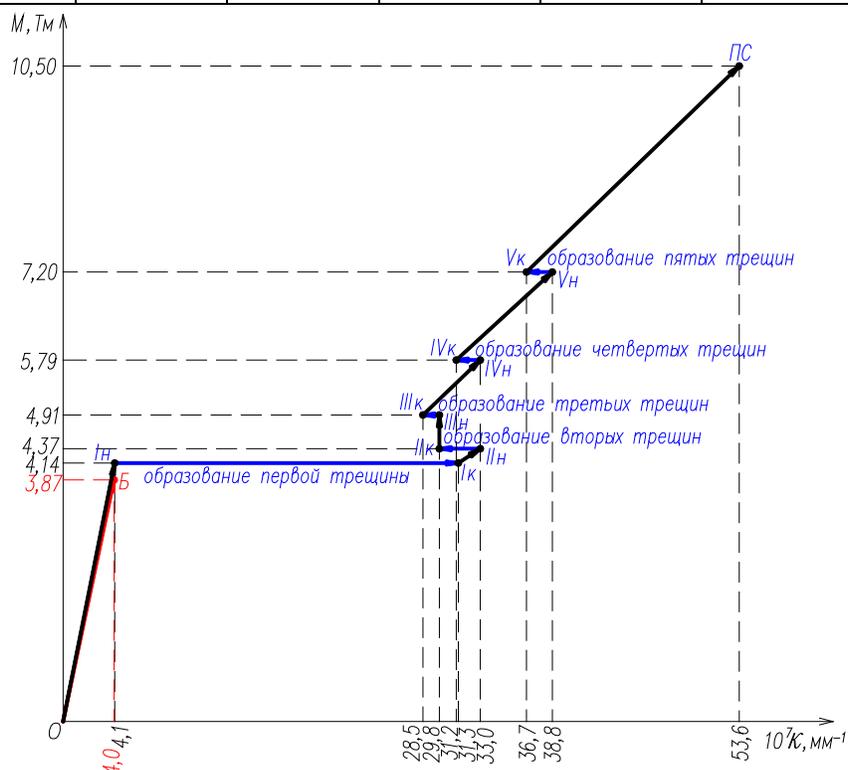


Рисунок 1 – Диаграмма кривизна–момент для сечения с центральной трещиной

Далее следовало моделирование двух трещин второго уровня при неизменном изгибающем моменте. Вторые трещины исходили от нижней грани между бетонными конечными элементами с напряжениями $270T/m^2$ и $268T/m^2$ (рис.2). Трещину увеличивали вверх при неизменной нагрузке до тех пор, пока нормальные напряжения над трещиной не перестали быть растягивающими. В зоне сцепления арматуры с бетоном в окрестностях трещин уменьшение

жесткости бетона вследствие его микротрещинообразования, как и ранее [6], моделировалось уменьшением его модуля упругости по закону

$$E_k = \frac{E}{a^k}, \quad (1)$$

в котором k – номер шага уменьшения модуля из глубины зоны, где он сохранял свое первоначальное значение E , а параметр a принимался равным 2. Очередной шаг продвижения зоны уменьшения модуля упругости бетона (зоны сцепления) вдоль стержня осуществлялся при появлении на ее дальнем от трещины краю в ходе очередной итерации запредельного растягивающего напряжения в бетоне при условии, что рост трещины вверх еще не закончился. Таким образом, при наличии растягивающих напряжений в бетоне над вершиной трещины увеличивали ее вверх еще на один конечный бетонный элемент, а при наличии запредельных растягивающих напряжений в бетоне в зоне сцепления делали очередной шаг по уменьшению его модуля упругости в этой зоне. Состояние железобетонной балки после завершения процесса образования вторых трещин показано на рис.3 (фрагмент в окрестности первой и второй трещин), а числовые параметры этого состояния – в столбце Π_k таблицы 1; на диаграмме кривизна – момент оно отмечено точкой Π_k .

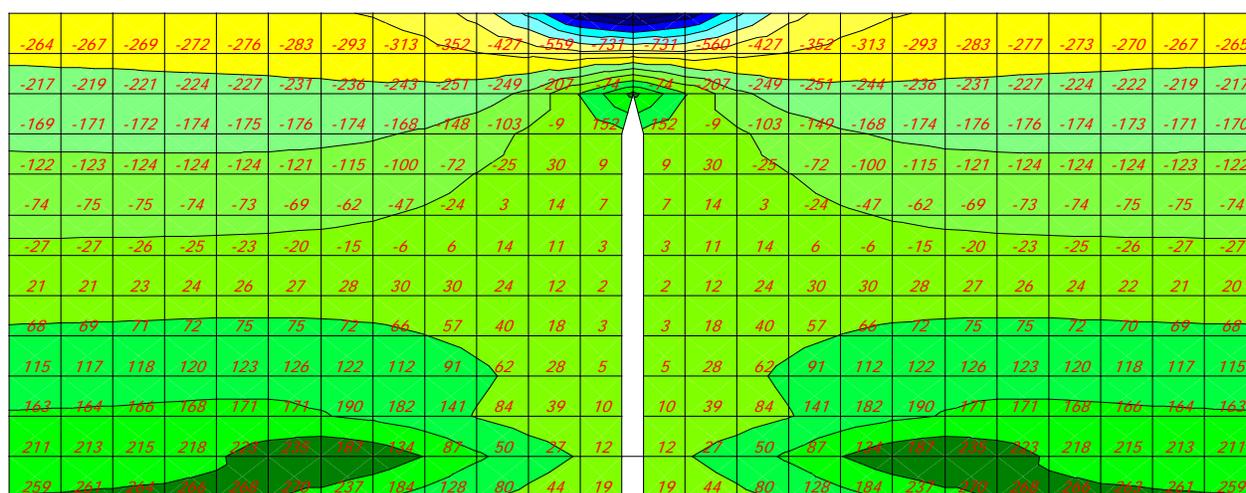


Рисунок 2 – Напряжения в бетоне в окрестности центральной трещины в момент начала образования трещин второго уровня

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

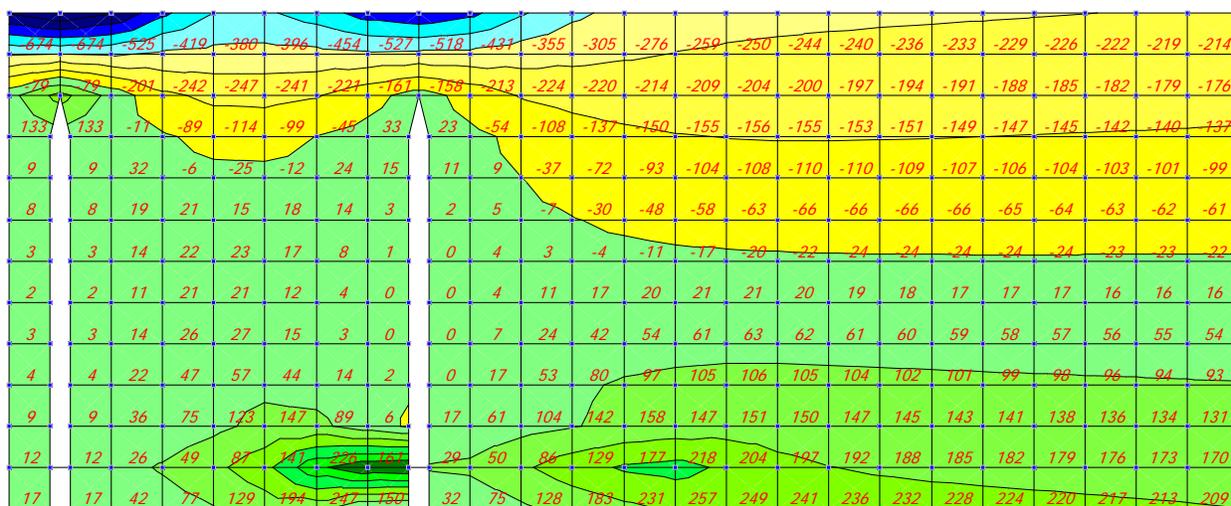


Рисунок 3 – Напряжения в бетоне в окрестности первой и второй трещин в момент завершения образования трещин второго уровня

Далее аналогичным образом моделировались процессы догружения между трещинами очередных уровней и процессы образования этих трещин. Параметры, отражающие состояния балки в начале и конце процесса образования очередной трещины, отражены в соответствующих столбцах таблицы 1 и на диаграмме кривизна-момент на рис. 1. Там же отражено и предельное состояние балки, которое было констатировано по условию перехода растянутой арматуры в центральной трещине из упругого состояния в пластическое, т.е. по классическому варианту для изгибаемого железобетона. При этом наибольшее сжимающее напряжение в бетоне составило 1261Т/м^2 , т.е. только 67% от нормативного сопротивления бетона сжатию 1886Т/м^2 . Наибольшее растягивающее напряжение в бетоне в предельном состоянии балки наблюдалось в зоне между трещиной 5-го уровня и торцом балки и составило 248Т/м^2 ; то есть в процессе догружения после пятых трещин оно не достигло предельного сопротивления бетона растяжению 269Т/м^2 , вследствие чего не произошло образования трещин 6-го уровня.

Предельное состояние балки отражено также на рис. 4, 5 и 6 напряжениями в бетоне и на рис.7 усилиями в арматуре. В таблице 1 и на диаграмме рис. 1 кроме различных состояний железобетонной балки с трещинами отражены также (для сравнения) параметры железобетонного стержня без трещин и аналогичного бетонного, неармированного элемента.

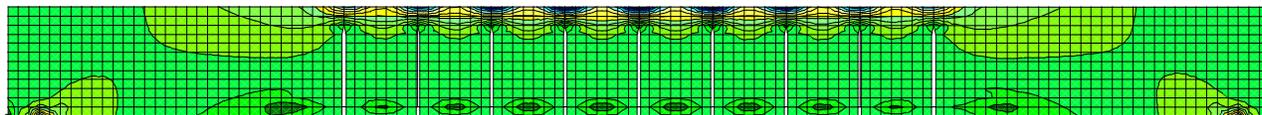


Рисунок 4 – Предельное состояние балки. Нормальные напряжения в вертикальном слое бетона в разрезе по арматуре

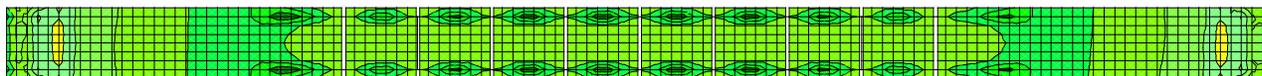


Рисунок 5 – Предельное состояние балки. Нормальные напряжения в нижнем горизонтальном слое бетона

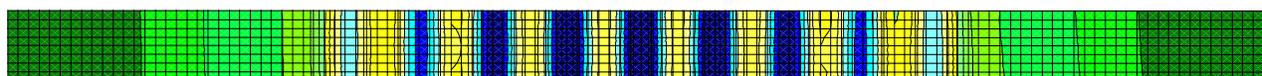


Рисунок 6 – Предельное состояние балки. Нормальные напряжения в верхнем горизонтальном слое бетона

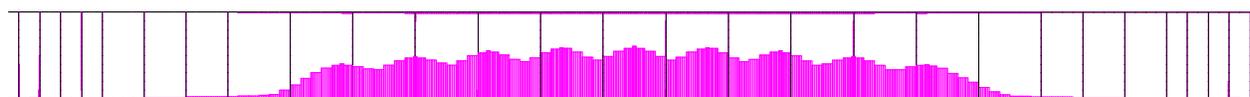


Рисунок 7 – Предельное состояние балки. Продольные усилия в арматуре

Основные результаты проведенного исследования на основе представленных здесь данных можно сформулировать следующим образом.

Процесс образования трещины любого уровня так же, как и центральной, происходит при неизменной нагрузке и носит динамический характер. При этом его начало определяется величиной растягивающих напряжений в бетоне нижнего слоя, а завершение – достижением сжимающих напряжений в бетоне над вершиной трещины.

Моделирование процесса образования трещин всех уровней не может быть эффективным, если не учитывать микротрещинообразование в зоне передачи растягивающего усилия с арматуры на бетон, отражаемого путем уменьшения жесткости бетона в этой зоне. Другими словами, должен быть сформирован некоторый закон сцепления между бетоном и арматурой, постепенно включающий бетон в работу на растяжение. Тот закон сцепления, который был использован в настоящей работе (1), обеспечил достаточно эффективные результаты.

Между завершением процесса образования трещин предыдущего уровня и началом процесса образования трещин следующего уровня

существует некоторый интервал по нагрузке. Неодновременность образования трещин разных уровней в рассмотренной балке обусловлена, видимо, тем, что растягивающие напряжения в нижних волокнах бетона, как и изгибающий момент, создаваемый равномерно распределенной нагрузкой, уменьшаются от середины пролета к краю, и поэтому достигают предельной величины при разных уровнях нагрузки.

Расстояния между соседними трещинами разных уровней, измеряемые количеством конечных элементов, оказались одинаковыми: все наблюдаемые в модели трещины отстоят друг от друга на семь конечных элементов. Это обусловлено, скорее всего, тем, что скорость изменения изгибающего момента в зоне трещинообразования незначительна, поскольку вся зона трещинообразования занимает примерно половину пролета, по его четверти в каждую сторону от середины.

Высоты трещин разных уровней с точностью до размера бетонного конечного элемента оказались одинаковыми, независимо от величины действующего в сечении с трещиной изгибающего момента. При этом сжимающие напряжения над трещинами разные, от центра к периферии они уменьшаются в соответствии с уменьшением изгибающего момента. Видимо, последний шаг изменения напряжения над трещиной от растягивающего до сжимающего весьма невелик по высоте и укладывается в принятый здесь размер конечного бетонного элемента. Как следствие, геометрические жесткости всех сечений с трещинами оказываются одинаковыми.

Можно отметить некоторое противоречие экспериментальным данным со стороны того полученного здесь результата, что все трещины в настоящем исследовании оказались вертикальными, перпендикулярными продольной оси стержня. Это наблюдается даже в зоне самых крайних трещин, где влияние поперечного усилия должно быть заметным и где трещины в эксперименте наблюдаются наклонными к продольной оси. Возможно, это объясняется тем, что направление развития трещины здесь выбиралось по максимальным нормальным напряжениям в окрестности ее вершины. Можно допустить, что если бы это направление оценивалось по главным напряжениям, то трещины высших уровней могли бы получиться наклонными, перпендикулярными главным растягивающим напряжениям. Это должно стать предметом дальнейшего исследования.

С другой стороны, можно также отметить тот факт, что последние трещины расположены довольно далеко от опорной зоны. В этой центральной области величина поперечного усилия еще невелика и не может оказать существенного влияния на направление развития трещины.

Касательная жесткость элемента в сечении с центральной трещиной, иллюстрируемая диаграммой на рис.1, визуальнo практически одинакова во всех процессах догружения между трещинами разных уровней (если исключить работу без трещин и очень короткие и потому не очень показательные участки догружений до трещин третьего уровня). Это также подтверждается данными, представленными в таблице 2: жесткость на последних трех участках колеблется в пределах от $0,186 \cdot 10^4 \text{Тм}^2$ до $0,196 \cdot 10^4 \text{Тм}^2$; при этом она практически совпадает с жесткостью, определенной по предельным значениям изгибающего момента и кривизны.

Таблица 2 – Касательная жесткость в разных диапазонах загрузки

Диапазон	Момент в начале, Тм	Момент в конце, Тм	ΔM , Тм	Кривизна χ_B в начале, 10^7мм^{-1}	Кривизна χ_B в конце, 10^7мм^{-1}	$\frac{\Delta \chi}{10^7 \text{мм}^{-1}}$	$B = \frac{\Delta M}{\Delta \chi}$, 10^{-4}Тм	$B_{\text{пс}} = \frac{M_{\text{пс}}}{\chi_{\text{пс}}}$, 10^{-4}Тм^2
<i>0 – I</i>	0	4,14	4,14	0	4,1	4,1	1,010	0,196
<i>I – II</i>	4,14	4,37	0,23	31,3	33,0	1,7	0,135	0,196
<i>II – III</i>	4,37	4,91	0,54	29,8	29,8	0	∞	0,196
<i>III – IV</i>	4,91	5,79	0,88	28,5	33,0	4,5	0,196	0,196
<i>IV – V</i>	5,79	7,20	1,41	31,2	38,8	7,6	0,186	0,196
<i>V – ПС</i>	7,20	10,50	3,30	36,7	53,6	16,9	0,195	0,196

Из диаграммы на рис.1 и таблицы 2 также следует, что эксплуатационная жесткость железобетонной балки в сечении с центральной трещиной примерно в пять раз меньше, чем начальная жесткость в этой же балке без трещин. Этот результат можно считать первым шагом данного метода исследования в направлении решения вопроса о расчетной жесткости железобетонных изгибаемых элементов в комплексных конечноэлементных моделях сооружений.

Литература

1. Безгодков, И.М. О соотношениях прочностных и деформативных характеристик

бетона при сжатии, растяжении и растяжении при изгибе. / И.М.Безгодов – «Бетон и железобетон», 2012, №2, с. 2 – 5.

2. Бенин, А.В. Конечно-элементное моделирование процессов разрушения элементов железобетонных конструкций. / А.В.Бенин – «Промышленное и гражданское строительство», 2011, №5, с. 16 – 20.

3. Бондаренко, В.М. Метод интегральных оценок в теории железобетона./ В.М. Бондаренко – «Известия ВУЗ. Строительство и архитектура», 1982, №12, с. 3 – 5.

2. Залесов, А.С. Этапы и перспективы развития теории железобетона. / А.С.Залесов – «Бетон и железобетон», 1995, №2, с. 20 – 22.

3. Залесов, А.С., Пащанин, А.А. Расчет прочности железобетонных балок с использованием объемных конечных элементов в развитие норм по проектированию железобетонных конструкций. / А.С.Залесов, А.А.Пащанин – «Строительная механика и расчет сооружений», 2011, №4, с. 66 – 71.

4. Котов, А.А. Влияние первой трещины на жесткость железобетонного изгибаемого элемента / А.А.Котов – "Строительная механика и расчет сооружений", 2014, № 4 (255), с. 48-53. – М: ОАО «НИЦ «Строительство», 2014.

5. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: ФАУ "ФЦС", 2012. – 155 с.

Оценка мигматизированных гнейсов проявления лисья гора как сырья для производства строительного камня

Лащук В. В.¹, Глушенков А. А.², Усачева Т. Т.³

¹ (г. Апатиты, Апатитский филиал ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра химии и строительного материаловедения, e-mail: Laschuk@chemy.kolasc.net.ru),

² (г. Кандалакша, ООО «Бурводгеология»),

³ (г. Апатиты, ФГБУН ИХТРЭМС КНЦ РАН).

Аннотация. Установлены минералого-петрографические особенности и физико-механические свойства горных пород. Оценено их качество как строительного материала в соответствии с Техническими условиями ГОСТ 9479. Выделен участок для постановки детальных геолого-разведочных и опытно-промышленных работ на строительный камень.

Abstract. Mineralogical and petrographic peculiarities and physical-mechanical properties of some subsurface rock have been determined. The rock quality was assessed in keeping with GOST 9479 specifications. A site has been allocated for geological prospecting for building stone and experimental-industrial work.

Ключевые слова: гнейс мигматизированный, минералого-петрографические особенности, физико-механические свойства, оценка, сырье, строительный камень, проявление.

Key words: migmatized gneiss, mineralogical and petrographic peculiarities, physical-chemical properties, assessment, raw materials, building stone, occurrence.

Настоящая работа посвящена изучению минералого-петрографических особенностей, физико-механических свойств разновидностей горных пород проявления строительного камня «Гора Лисья» с целью выбора участка для детальной разведки. В соответствии с Техническим заданием ООО «Бурводгеология» в Отделе технологии строительных материалов (ОТСМ) детально изучены минералого-петрографические особенности мигматизированных гнейсов, которые преобладают на территории проявления. Проведен сокращенный цикл физико-механических испытаний разновидностей горных пород, включающий определение средней плотности, водопоглощения, предела прочности при сжатии в сухом и водонасыщенном состоянии по ГОСТ 30629 [1]. Физико-механические свойства горных пород оценены в соответствии с Техническими требованиями ГОСТ 9479 [2]. Работы

проведены на аттестованном и поверенном оборудовании Кольского испытательного центра строительных материалов и изделий (КИЦСМИ) Института химии КНЦ РАН.

Проявление строительного камня «Гора Лисья» расположено в 17 км восточнее города Мурманска, вблизи шоссе Кола-Туманный [3] (рисунок 1). На этой территории преобладают гнейсы в различной степени мигматизированные, претерпевшие амфиболитовую и гранулитовую стадии метаморфизма [4].

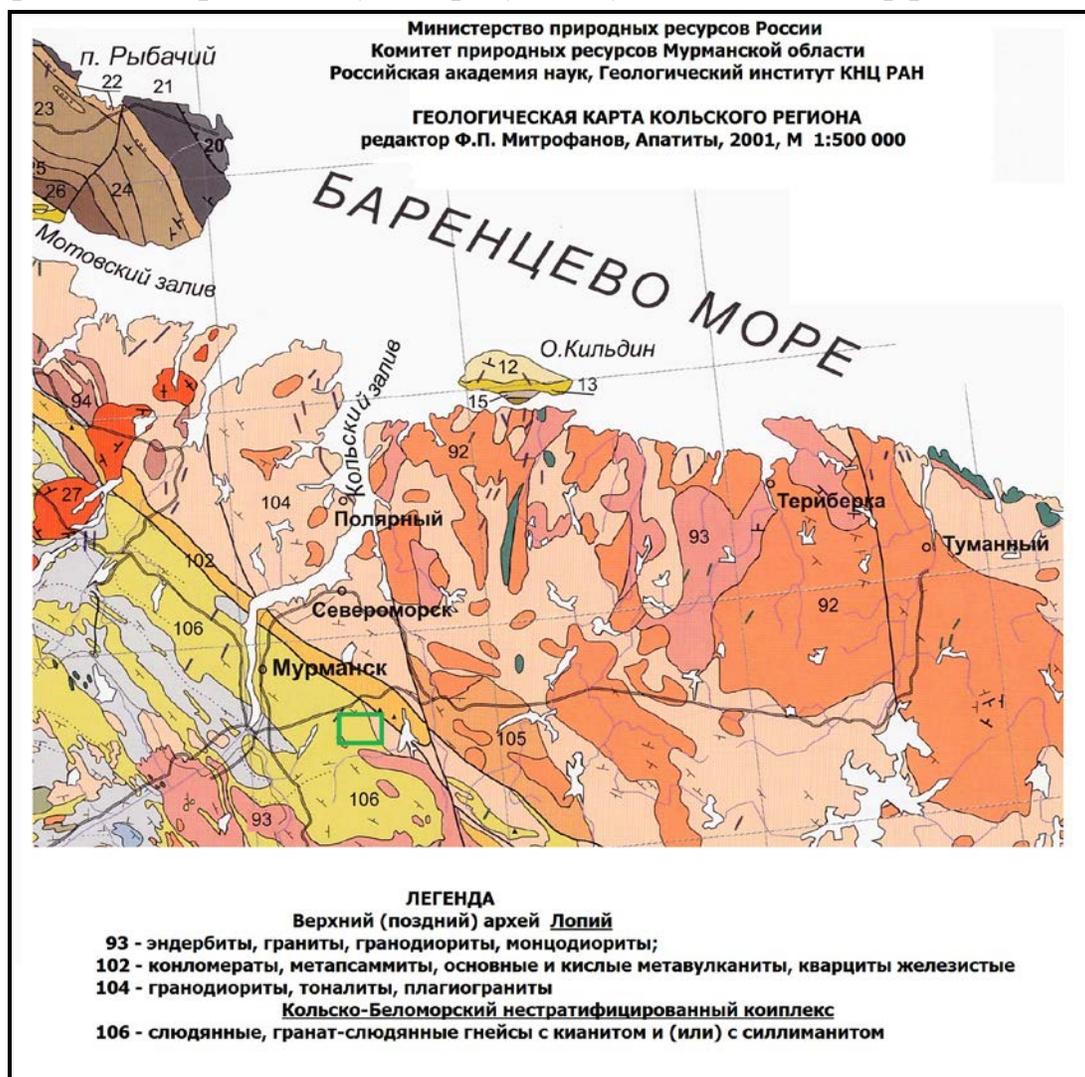


Рисунок 1 – Геологическая схема расположения проявления строительного камня «Гора Лисья»

Для гнейсовых толщ характерны неоднородность минерального состава по вертикальному разрезу и неравномерная трещиноватость горных пород. Анализ результатов ранее проведенных технологических исследований

показывает, что марка прочности по дробимости гнейсов на четырех проявлениях СК (Кильдинское-1, -2, Гора Лисья, Озеро Ольховое) колеблется в широких пределах – от «600» до «1200» (по ГОСТ 8267 [5, 6]). То есть, для этого вида минерального сырья основной проблемой является обнаружение участков хорошо сохранных горных пород, не затронутых выветриванием. Поэтому в настоящей работе особое внимание уделено изучению минерального состава, структуры и прочностных свойств гнейсов. Промышленным аналогом этих пород являются детально изученные гнейсы Кировогорского железорудного месторождения [7].

Объектом исследований послужили технологические пробы скальных пород, которые были отобраны ООО «Бурводгеология» на территории проявления «Гора Лисья» в виде штуфов и кернового материала разведочных скважин.

Макроскопические исследования материала технологических проб показали, что в полезной толще проявления преобладают мезо-меланократовые амфибол-биотитовых гнейсы (рисунок 2).



Рисунок 2 – Образцы керна амфибол-биотитовых гнейсов, отобранные по вертикальному разрезу проявления строительного камня «Гора Лисья»

Результаты детальных исследований представительных проб гнейсов приведены в таблице 1.

Количественно-минералогическим анализом четырех проб установлено, что биотитовые плагиогнейсы в среднем содержат (об.%): плагиоклаз – (54.6), кварц – (18.2), биотит – (12.6), калишпат – (10.3), амфибол – (2.0),

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

мусковит – (1.3) и рудный минерал – (1.0). Содержание слюдистых минералов (биотита и мусковита) составляет в среднем 13.9 об.%, что не превышает допустимое значение 15 об.% по техническим условиям на щебень для строительных работ (ГОСТ 8267).

Таблица 1 – Минеральный состав и структурные показатели гнейсов проявления строительного камня «Гора Лисья»

Проба (число определе- ний)	Главные минералы, об.%				Вредные минералы- примеси по ГОСТ 8267			Структурные показатели	
	плагио- клаз	кали- шпат	кварц	амфи- бол	био- тит	муско- вит	рудный минерал	средний размер зерен, мм	коэффициент формы зерен, ($K\phi=L/m$) ¹
3с-2.1 GN (n=165)	60.0	6.4	16.1	1.3	13.3	0.6	2.3	0.45	2.11
3с-3,6 GN (n=187)	<u>44.6</u> ³	18.5	21.5	нет	14.0	0.9	0.5	0.24	1.99
7с-ИП-7- 1, 1,4 GN (n=186)	61.0	1.2	22.0	2.7	10.2	2.4	0.5 ²	0.24	2.05
8с-7,1 GN (n=194)	56.7	15.1	13.1	нет	13.0	1.4	0.7 ³	0.22	<u>1.93</u>
Среднее	54.6	10.3	18.2	2.0	12.6	1.3	1.0	0.29	2.02
Доверит. инте- рвал (P=0,95)	47.2- 62.0	2.5- 18.1	14.0- 22.4	0.6- 3.4	11.0 - 14.2	0.6- 2.0	0.1-1.9	0.19- 0.39	1.94-2.10
Коэффиц иент вариации	0,14	0.77	0.24	0.49	0.13	0.60	0.87	0.38	0.04

Примечания: 1 – отношение длины к ширине минерального зерна (Ржевский, Новик «Основы физики горных пород. М., 1979) [8]. 2 – в том числе эпидот – 0.1 об.%. 3 – в том числе апатит – 0.2 об.%. 4 – подчеркнуты и жирным шрифтом выделены значения, которые соответственно ниже и выше доверительного интервала среднего значения с надежностью 0.95.

Выявлена высокая изменчивость среднего содержания рудного минерала, калишпата, мусковита, меньше – амфибола. Об этом свидетельствуют значения коэффициента вариации, превышающее 0.50. Это также подтверждают

микроскопические наблюдения о наличии процессов рудной пелитизации, калишпатизации, мусковитизации по биотиту. Мезо-меланократовый облик, темно-серый до черно-серого цвет горной породы обуславливается, главным образом, за счет содержания темноцветных минералов (биотита, меньше – амфибола), превышающих 10%, и наличия тонкого равномерно рассеянного пелитовидного рудного вещества.

Гнейсы характеризуются мелкозернистой структурой, средний размер минеральных зерен составляет 0.2-0.4 мм, коэффициент формы – 1.94-2.10. Для проб Зс-2.1 и 7с-1.4 коэффициенты формы зерен превышают значение 2.0. Это свидетельствует о проявлении гнейсовидной текстуры пород.

Физико-механическим испытаниям подверглись две партии технологических проб: первая – штуфы, отобранные равномерно на дневной поверхности проявления СК «Гора Лисья», и вторая – керны диаметром 63.5 мм, отобранные по вертикальному разрезу разведочных скважин.

Испытания штуфного материала показали, что средние значения показателей средней плотности, водопоглощения, пределов прочности при сжатии в сухом и водонасыщенном состоянии мелкозернистых биотитовых мигматитизированных гнейсов составляют 2.73 г/см³, 0.16 мас.%, 127 МПа, 117 МПа. Водопоглощение гнейсов составляет 0.16 мас.%, а понижение прочности образцов в водонасыщенном состоянии оставляет 8 %. Значения этих показателей ниже нормативных значений водопоглощения (0.75 мас.%) и понижения прочности в водонасыщенном состоянии (25%) для группы прочных горных пород по ГОСТ 9479. Это свидетельствует практически об отсутствии на дневной поверхности процессов выветривания.

Результаты физико-механических исследований кернового материала приведены в таблице 2.

Средние значения показателей средней плотности, водопоглощения, пределов прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии мелкозернистых биотитовых мигматитизированных гнейсов (GN) составляют 2.73 г/см³, 0.14 мас.%, 85 МПа. Коэффициент вариации показателя средней плотности гнейсов составляет 0.04, что свидетельствует о высокой неоднородности минерального состава по вертикали слоистой гнейсовой толщи. Однако, как видно среднее значение предела прочности при сжатии в водонасыщенном

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

состоянии выборки 22 образцов составляет 85 МПа, его доверительный интервал с надежностью 0.95 – 73-97 МПа. Эти значения удовлетворяют техническим требованиям ГОСТ 9479, предъявляемым к прочности гнейсов, используемых для производства природнокаменных строительных материалов.

Минимальные средние значения прочности при сжатии в сухом состоянии и прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии установлены для гнейсов пробы ИП-7 скважины 7 и пробы ИП-11 скважины 5, которые соответственно составляют 57 МПа и 58 МПа.

Таблица 2 – Результаты физико-механических исследований горных пород проявления «Гора Лисья» (образцы-цилиндры 63.5 мм)

№	Порода, проба, место отбора, число образцов	Статистические показатели	Средняя плотность, г/см ³	Водопоглощение, мас. %	Прочность на сжатие в сухом состоянии, МПа	Прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа	Примечание
1	GN ¹ , ИП-9, Скв.1, 2,5-12,6 м, n=3	Среднее	2.96	<u>0.12</u>	нет	71	меланократовый, однородный, мигматит 1-3 мм
		ДОВЕРИТ.и нт.	2.90-3.02	0.08-0.14		57-82	
		Квар	0.02	0.26		0.17	
2	GN, ИП-2, Скв.2, 1,8-9,9 м n=4	Среднее	2.71	0.19	нет	80	мезократовый гранат-амфиболовый, м/з
		ДОВЕРИТ.и нт.	2.65-2.77	0,18-0,20		45-115	
		Квар	0.02	0.04		0.45	
3	GN, ИП-4, Скв.3, 1,4-20,1 м n=5	Среднее	2.70	0.16	нет	74	гнейс мезо-меланократовый неоднородный
		ДОВЕРИТ.и нт.	2.69-2.71	0.15-0.17		50-98	
		Квар	0.01	0.07		0.36	
4	GN, ИП-10, Скв.4, 2,9 м	Единичное	2.68	0.12	нет	79	гнейс мезократ., грубополосчатый
5	GN, ИП-11, Скв.5, 4,4-9,9 м n=2	Среднее	2.78	0.12	нет	<u>58</u>	гранат-амфиболовый мусковитизированный, с/з
		ДОВЕРИТ.и нт.	2.72-2.84	0.08-0.16		<u>52-66</u>	
		Квар	0.02	0.24		0.08	
6	GN, ИП-7, Скв.7, 1,4-14,6 м	Среднее	2.71	<u>0.11</u>	57		гнейс мезократ неоднородный, полосчатый
		ДОВЕРИТ.и нт.	2.68-2.74	<u>0.10-0.12</u>	38-76		

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

№	Порода, проба, место отбора, число образцов	Статистические показатели	Средняя плотность, г/см ³	Водопоглощение, мас. %	Прочность на сжатие в сухом состоянии, МПа	Прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа	Примечание
	n=5	Квар	0.01	0.14	0.38		
7	GN, ИП-5, Скв.8, 1,3-14,4 м n=5	Среднее	2.68	0.14	нет	106	гнейс мезомеланократовый, неоднородный, м/з-с/з
		ДОВЕРИТ.и нт.	2.60-2.76	0.12-0.16		86-128	
		Квар	0.03	0.17		0.23	
8	GN, ИП-6, Скв.9, 3,1-6,0 м n=2	Среднее	2.66	0.17	нет	121	мезократовый грубополосчатый среднезернистый
		ДОВЕРИТ.и нт.	2.65-2.67	0.15-0.19		51-181	
		Квар	0.00	0.08		0.42	
ВСЕГО: GN, 8 проб, 27 образцов	Число		27	27	5	22	Гнейсы мезомеланократовые, мелко-среднезернистые
	Среднее		2.73	0.14	57	85	
	ДОВЕРИТ.и нт.		2.69-2.77	0.13-0.15	38-76	73-97	
	Квар		0.04	0.23	0.38	0.32	

Примечания: 1 – условные обозначения: GN – гнейс, структура: т/кр – тококристаллическая, м/з, с/з, к/з, г/з – соответственно мелко-, средне-, крупно-, гигантозернистая (по ГОСТ 9479).

2 – жирным шрифтом выделены и подчеркнуты значения показателей, которые соответственно выше и ниже доверительного интервала (при P=0,95) выборки вида горной породы.

Аналогичные горные породы пробы ИП-5 скважины 8 и пробы ИП-6 скважины 9 характеризуются максимальными средними значениями прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии и составляют соответственно 106 и 121 МПа. Поэтому, детальные геологоразведочные работы рекомендуется провести на участке в районе скважин 8 и 9.

Таким образом, на примере мигматизированных гнейсов проявления строительного камня «Гора Лисья» показано, что в зоне соприкосновения Мурманского блока гранитоидов (плагиограниты и гранито-гнейсы) с Кольским составным террейном метаморфических пород (гнейсы и амфиболиты) имеет место разупрочнение и ослюденение пород. Эти процессы необходимо учитывать при предварительной разведке и выборе участка для заложения опытно-промышленного карьера строительного камня.

Литература

1. ГОСТ 30629. Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний.
2. ГОСТ 9479. Блоки из горных пород для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий. Технические условия.
3. Атлас. Мурманская область. С-Пб.: ФГУП «Аэрогеодезия», 2007. 76 с.
4. Геология рудных районов Мурманской области / Пожиленко В.И., Гавриленко Б.В., Жиров Д.В., Жабин В.С. – Апатиты, изд. КНЦ РАН, 2002. 359 с.
5. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Мурманской области масштаба 1:1000000. / Сост. А.С. Лю Ци-цин, В.В. Меньшутин. М., Геологический фонд РСФСР, 1986. 274 с.
6. ГОСТ 8267. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
7. Лащук В.В., Усачёва Т.Т. Вскрышные породы Кировогорского месторождения как сырье для получения щебня // Строительные и технические материалы из минерального сырья Кольского полуострова, Часть 1. Апатиты, изд. КНЦ РАН, 2003, С.157-170.
8. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. Изд. 3-е. М.: Недра, 1978. 390 с.

Блочные теплоизоляционные материалы из кремнеземсодержащего техногенного сырья

Манакова Н. К.¹, Суворова О. В.^{1,2}

¹ (г. Апатиты, ФГБУН ИХТРЭМС КНЦ РАН, лаборатория минерального сырья и силикатного синтеза, e-mail: manakova@chemy.kolasc.net.ru)

² (г. Апатиты, Апатитский филиал ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра химии и строительного материаловедения)

Аннотация. Рассмотрена возможность получения блочных пеноматериалов теплоизоляционного назначения из отходов обогащения апатито-нефелиновых, эвдиалитовых руд и стеклоотходов. Разработаны составы и способы получения пеносиликатов, характеризующихся высокой прочностью при низких значениях объемной массы и теплопроводности.

Abstract. The possibility of producing block foam materials for insulation from beneficiation waste of apatite-nepheline and eudyalite ores and also broken glass has been considered. Foam silicate compounds and procedures are proposed. The products are characterized by high strength at low bulk weight and thermal conductivity values.

Ключевые слова: теплоизоляционный материал, кремнеземсодержащие горнопромышленные отходы, микрокремнезем, золошлаковая смесь, апатито-нефелиновые отходы.

Key words: thermal insulation material, silica-containing mining wastes, silica fume, ash-slag mixture, wastes of the apatite-nepheline ore.

Реализация программы энергосбережения в строительстве ставит повышенные требования по теплозащите наружных стен. Одним из перспективных направлений снижения расхода тепла на отопление зданий и сооружений является повышение теплозащитных характеристик ограждающих конструкций. В этой связи разработка и производство долговечных, экологически безопасных и эффективных теплоизоляционных материалов является актуальной задачей в связи с низким качеством и недолговечностью минеральных изделий на синтетических связующих [1]. По этой причине наука и производство обращаются к таким материалам, как пеностекло, пеносиликаты и пеностеклокристаллические материалы, которые отличаются по виду исходного сырья и технологическим приемам их производства. А применение промышленных отходов при производстве таких материалов

позволит не только снизить потребности в первичном сырье, но и повысить комплексность использования минерального сырья и оздоровить экологическую обстановку вблизи предприятий.

С использованием тонкодисперсной, наиболее экологически опасной части отходов обогащения апатито-нефелиновых руд разработан блочный вспененный материал, характеризующийся высокой прочностью при низких значениях объемной массы и теплопроводности. Разработка пеностеклокристаллического материала базировалась на анализе диаграммы плавкости системы кварц (SiO_2) – альбит ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) – пентаоксидсиликат натрия ($\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$) [2, 3]. Состав шихты, мас. %: стеклобой 58.5-64.5, отходы обогащения апатито-нефелиновых руд 15.0-22.6, кварц 15.5-17.2, газообразователь (мел, сажа или графит) 3.3-4.0 подбирался таким образом, чтобы при температуре не более 900 °С происходило ее полное плавление, а вязкость силикатного расплава была достаточно высокой и препятствовала укрупнению газовых пузырей и прорыву газовой фазы. Применение в качестве компонента сырья стеклобоя или стеклообразных продуктов, получаемых при сжигании городского мусора, позволяет избежать высоких энергетических затрат на предварительную варку стекла.

Производство пеностеклокристаллического материала предусматривает сухой помол сырьевых компонентов до получения порошка с удельной поверхностью 3000-7000 $\text{см}^2/\text{г}$ и тщательное перемешивание. полученная шихта засыпается в металлические формы и направляется на термообработку, которая осуществляется по следующему температурно-временному режиму: нагревание до температуры 850 °С в течение 2-3 ч., подъем температуры до 900 °С со скоростью 0.6 град./мин., выдержка при этой температуре в течение 0.5 – 1 часа, резкое охлаждение на 100-150 °С в течение 5 мин. с последующим медленным охлаждением до температуры окружающей среды.

Техническая характеристика полученных пеностеклольных блоков: плотность 200-400 $\text{кг}/\text{м}^3$, прочность при сжатии 1.3-1.9 МПа, коэффициент теплопроводности 0.07-0.13 $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, водопоглощение 1.75-2.95 %, морозостойкость – не менее 50 циклов. В зависимости от потребности поверхность изделий может быть гладкой, а также имитирующей природнокаменные материалы. Поверхность полученного материала без дополнительной обработки имеет зеленовато-серую окраску, однако, может быть

покрыта цветной глазурью без ухудшения эксплуатационных характеристик.

В связи с образованием большого объема кремнеземистых продуктов при кислотной переработке эвдиалитовых руд Кольского полуострова, вопрос их использования является одним из основных при оценке экономической эффективности технологии в целом. В то же время, известно, что аморфный кремнезем может использоваться для создания пеносиликатов за счет образования вяжущих композиций со щелочами [4, 5 и др.]. Источником порообразующего газа является гидратированная поверхность силикатных частиц, которая формируется при увлажнении мелкодисперсной пробы водным раствором щелочи [6, 7]. Жидкое стекло, которое представляет собой гидратированные щелочные силикаты химического состава $R_2O \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$, способно формировать хорошо развитую пористую систему при низкой температуре.

Для изготовления пеносиликатов использовали пробу кремнеземистого продукта (микрокремнезем), которая представляет собой тонкодисперсный порошок серо-белого цвета с удельной поверхностью $279 \text{ м}^2/\text{г}$. отсутствие рефлексов и широко развитое гало на дифрактограммах исследованных проб свидетельствуют о их рентгеноаморфности. насыпная плотность материала – $523 \text{ кг}/\text{м}^3$. химический состав пробы, МАС. %: SiO_2 69.90, TiO_2 0.78, Al_2O_3 0.91, Fe_2O_3 2.03, CaO 0.91, MgO 0.45, R_2O 0.35, MnO 0.32, P_2O_5 0.04, ZrO_2 4.28, П.П.П. 13.15.

Состав смеси, мас. %: микрокремнезем 68-83, отходы обогащения апатито-нефелиновой руды (АНХ) в качестве модифицирующей добавки (для увеличения прочностных характеристик материала) 5-15%, гидроксид натрия (в пересчете на Na_2O) 15-20%. После измельчения до $S_{уд} = 9850 \text{ см}^2/\text{г}$, измеренной методом воздухопроницаемости, и тщательного перемешивания микрокремнезема и апатито-нефелиновых хвостов готовилась суспензия с добавлением водного раствора гидроксида натрия до пластичного состояния. Использование гидроксида натрия в получении вспененных материалов как источника вспучивающего газа решает и задачу снижения температуры плавления. Пластичную массу помещали в керамическую форму. После сушки на воздухе не менее 24 часов материал подвергался термообработке от 600 до 700°C .

С целью установления оптимальных условий получения пеносиликатов

проводились исследования взаимосвязи плотности образцов с количеством добавляемой щелочи (в пересчете на Na_2O) (рис.1) и температурой вспучивания для составов с различной крупностью АНХ (рис. 2).

Анализ полученных результатов показывает, что меньшим значением плотности и, соответственно, лучшими теплоизолирующими свойствами обладают образцы с содержанием гидроксида натрия (в пересчете на Na_2O) 17 %. Введение большего количества щелочи нецелесообразно по причине укрупнения газовых пузырьков и образования неравномерной крупнопористой структуры пеноматериалов, приводящей к снижению прочностных характеристик изделий. Оптимальной температурой вспучивания можно считать 650°C . Ее увеличение также способствует формированию неравномерности пористой структуры материала.

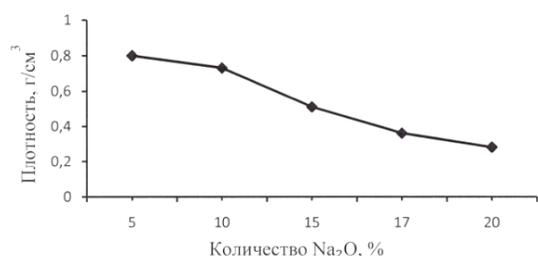


Рисунок 1 – Зависимость плотности пеносиликата от количества щелочи

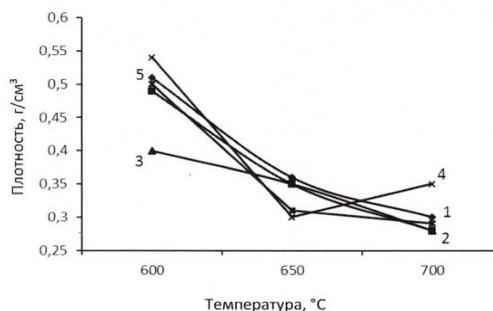


Рисунок 2 – Зависимость плотности от температуры обработки пеносиликатов: 1) без АНХ; 2) с 10% АНХ фр. -1 мм; 3) с 15% фр. -1 мм; 4) с 10% фр. -0.05 мм; 5) с 15% фр. -0.05 мм.

Изменение крупности сырьевых материалов существенного влияния на плотность не оказывает. Однако более предпочтительно введение в смесь апатито-нефелиновых хвостов фракции -1 мм, поскольку грубодисперсные частицы обеспечивают создание жесткого каркаса, а тонкодисперсная и жидкая составляющие заполняют образующееся в нем поровое пространство, что приводит к повышению механической прочности пеносиликатов [8]. Проведенные исследования обеспечили возможность изготовления из кремнеземистых отходов переработки эвдиалитовых руд блочных пеносиликатов, имеющих достаточно низкую плотность ($0,28-0,5 \text{ г/см}^3$) и равномерную мелкопористую структуру.

Таким образом, на основе кремнеземсодержащих отходов получены эффективные теплоизоляционные материалы, которые могут быть использованы как при строительстве так и при реконструкции промышленных и гражданских зданий, для тепловой изоляции внутренних стен, кровли, чердачных перекрытий, полов зданий и сооружений.

Работа выполнена в рамках Программы ОХНМ РАН «Инновационные разработки металлических, керамических, стекло-, композиционных и полимерных материалов».

Литература

- 1 Иванова К.С. Изоляционный материал для термостабилизации грунтов // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 4. С. 120-122.
- 2 Минералы. диаграммы фазовых равновесий. М.: Наука, 1974. вып. 2. 489 с.
- 3 Levins E.L., Robbins C.R., McMurdie H.F. Phase diagrams for Ceramists. Columbus, Ohio, 1964. 602 p.
- 4 Кудряков А.И., Радина Т.Н., Иванов М.Ю. Зернистый теплоизоляционный материал на основе жидкого стекла из микрокремнезема и золы-уноса // Строительные ведомости. 2006. № 2(32). С. 19-21.
- 5 Тихомирова И.Н., Скорина Т.В. Теплоизоляционные материалы на основе кремнеземсодержащего сырья // Строительные материалы. 2008. №10. С. 58-60.
- 6 Пат. 2300506 РФ, МПК С04В28/26 С04В111/20 С04В111/40 (2006.01). Строительный материал и способ его получения / Н.А. Меркин, Б.В. Писарев, А.Б. Фащевский; опубл. 10.06. 2007. Бюл. №16.
- 7 Казанцева Л.К., Сереткин Ю.В., Ращенко С.В. Формирование источника порообразующего газа при увлажнении природных алюмосиликатов раствором NaOH // Стекло и керамика. 2012. № 10. С. 37-42.
- 8 Углова Т.К., Новоселова С.Н., Татаринцева О.С. Экологически чистые теплоизоляционные материалы на основе жидкого стекла // Строительные материалы. 2010. №10. С.44-46.

Химическая активация пенобетона формиатом кальция

Мусафирова Г. Я., Якусевич В. В., Зеленко А. В., Рублик Ю. И. (г. Гродно, Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, кафедра строительного материаловедения, e-mail: musafirova_gy@grsu.by)

Аннотация. Химическая активация формиатом кальция пенобетонной смеси способствует увеличению предела прочности при сжатии пенобетонных образцов на 15-20%. Это объясняется образованием центров кристаллизации, ускоряющих процесс схватывания и твердения цементного вяжущего в пенобетоне. Химическая активация способствует получению устойчивой пенобетонной системы, что особенно важно при изготовлении пенобетонных изделий с пониженной средней плотностью 400-500 кг/м³.

Abstract. Chemical activation by formiate of calcium of a foamed concrete mix increases a compression strength of foamed concrete samples at 15-20 %. This increase happens because of a nucleation which speed up a setting process and hardening of the cement knitting in foamed concrete. Chemical activation contribute to formation of stable foamed concrete system that is important at manufacturing of foamed concrete articles with the downgraded average density (400-500 kg/m³).

Ключевые слова: пенобетон, активатор твердения, химическая активация, цементно-песчаная сухая смесь.

Key words: the knitting concrete, the promotor of hardening, the chemical activation, the cement-sand dry mix.

Введение

Во всём мире наблюдается заметный рост производства пенобетона, поэтому задача по улучшению физико-механических и теплофизических свойств этого материала является актуальной. По сравнению с традиционными стенами (кирпичными, железобетонными), стены из пеноблоков «дышат», что создаёт благоприятный микроклимат для проживания в таком помещении. При этом пеноблоки стоят дешевле по сравнению с другими строительными материалами, к тому же они имеют низкие коэффициенты усадки, обладают высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами [1-3].

Пенобетоны автоклавного твердения обладают повышенными прочностными показателями уже в ранние сроки твердения, что способствует высокой оборачиваемости и росту производительности труда. Однако именно автоклавное твердение пенобетона повышает его себестоимость и энергоёмкость,

не позволяет его применять для монолитного строительства, получившего в последнее время широкое распространение. Исследования конструкций из неавтоклавных ячеистых бетонов после 10 лет эксплуатации показали, что они не только пригодны для дальнейшей эксплуатации, но и увеличили свою прочность в 2-3 раза по сравнению с марочной. Пенобетоны неавтоклавного твердения обладают закрытой пористостью, более низким водопоглощением, большей долговечностью: неавтоклавный пенобетон продолжает набирать свою прочность, в отличие от автоклавного.

В связи с вышесказанным в работе ставили перед собой цель получить пенобетоны сравнимые по прочностным показателям с автоклавными. Одним из путей решения является применение механо-химической активации ингредиентов пенобетона (сухих смесей с оптимальным соотношением цемента, молотого песка и добавок) [4-6]. Механическая активация оказывает существенное влияние на поверхностные свойства сухих смесей сырьевых компонентов пенобетона, в связи, с чем происходит изменение физических свойств и химической активности веществ [7].

В качестве химической активации сухих смесей пенобетона применяют различные добавки: ускорители твердения (хлорид кальция, сульфат натрия) и пластификаторы, которые ускоряют набор прочности пенобетона, как в ранние сроки, так и в 28-дневный срок [1-4].

Таким образом, в данной работе ставили задачу исследования: разработка рецептуры сухих смесей с оптимальным соотношением цемента, молотого песка и добавок (химического активатора и пенообразователя) для производства неавтоклавного пенобетона на основе порошково-активированных сухих смесей и изучение их свойств.

Методика исследований

В состав полученного пенобетона входили следующие компоненты: в качестве минерального вяжущего применялся портландцемент М500 (ГОСТ 10178-85) с нормальной плотностью цементного теста 25%, песок тонкозернистой фракции менее 0,315мм (ГОСТ 8267-93), в качестве пенообразователя ПБ-2000 (ГОСТ 24211-2008) и ускоритель схватывания – формиат кальция (кальций муравьинокислый $C_2H_2CaO_4$).

Пенобетон получали химической активацией в автоматическом миксере

Auto-mix в процессе смешивания формиата кальция с цементно-песчаной сухой смесью до однородного состояния и воды затворения с пеной. Пену также приготавливали в автоматическом миксере. Предварительно пеноконцентрат разводили водой затворения в чаше миксера и тщательно перемешивали в течение 20 мин до получения качественной пены. Готовая пена характеризуется белым цветом и стабильной пористой структурой. Далее в пену засыпалась гомогенизированная сухая смесь формиата кальция с цементом и песком все равномерно перемешивается до получения однородной массы ещё 5 минут в миксере. Пенобетонная смесь должна быть достаточно гомогенизирована и не включать комков.

Далее полученную пенобетонную смесь заливали в формы-кубы размером 100x100x100 мм. Одну партию образцов оставляли набирать прочность в нормальных условиях при температуре воздуха 18-20°C и относительной его влажности 75 %, другую – пропаривали в пропарочной камере КУП-1 при максимальной температуре теплоносителя 80–85°C в течение 6,5 часов.

Предел прочности при сжатии пенобетонных кубов определяли согласно ГОСТ 10180-2012, среднюю плотность по ГОСТ 12730.1-78. Для определения прочностных показателей пенобетонных кубов использовался пресс Quasar 50, при испытаниях нагрузку постепенно увеличивали до разрушения образцов.

Определение предела прочности при сжатии пенобетонных кубов производили спустя 7 суток после тепловлажностной обработки (ТВО) и твердеющих в нормальных условиях.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные эксперименты показали, что оптимальный состав пенобетона достигается при соотношении между тонкомолотым песком и цементом 1:3÷3,8. Именно при таком соотношении наблюдается повышение предела прочности при сжатии пенобетонных кубов на 15-20%. Это достигалось за счёт химической активации порошковых сухих смесей ускорителем схватывания (формиат кальция) в автоматическом миксере в процессе смешивания до высокой степени гомогенизации введенной добавки – формиат кальция и цементно-песчаной сухой смеси. Формиат кальция

вводили в количестве 1,5-2% от массы минерального вяжущего. Применяемый активатор в отношении сформованного пенобетона выполняет роль фиксатора пенобетонной структуры, что позволяет получить равномерную мелкодисперсную пористую структуру пенобетона, улучшить его теплофизические характеристики, снизить усадку в процессе твердения и повысить его прочностные характеристики.

Следует также отметить, что наибольшее влияние на прочностные показатели пенобетонов, полученных в н.у. и при тепловлажностной обработке оказывает введение в цементно-песчаную сухую смесь формиата кальция, который образует центры кристаллизации, вокруг которых выкристаллизовываются из жидкой фазы гидросульфоалюминаты кальция, в результате чего процесс схватывания и твердения цемента в пенобетоне ускоряется. Таким образом, когда пена в сформованном образце начинает разрушаться, структура химически активированного пенобетона уже сформировалась в связи с чем наблюдается увеличение предела прочности при сжатии. Следует также отметить, что пенобетон, полученный при н.у. обладает повышенными прочностными показателями, что способствует снижению материал-, энергоёмкости, сокращению сроков твердения как в ранние сроки, так и в 7 и 28-дневный срок с дальнейшим набором прочности в процессе эксплуатации.

Таким образом, при химической активации введенной добавки – формиата кальция в цементно-песчаную сухую смесь наблюдается рост прочностных показателей за счёт образования центров кристаллизации, ускоряющих процесс схватывания и твердения цемента в пенобетоне. Кроме этого, химическая активация способствует получению устойчивой пенобетонной системы, что особенно важно при изготовлении пенобетонных изделий с пониженной средней плотностью 400-600 кг/м³ и снижению их влажностной усадки при твердении и улучшению теплофизических характеристик.

Литература

1. Шахова Л.Д., Черноситова, Хрулев И.Б. Влияние пористой структуры пенобетона на теплопроводность // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. №5. С.195-198.

2. Краева Е. Проблемы производства пенобетона // Ячеистые бетоны в строительстве. СПб.: ООО «Стройбетон». 2008. С. 175-177.
3. Сахаров Г.П., Стрельбицкий В.П. Перспективы развития производства и повышения качества ячеистых бетонов на традиционной и альтернативной основе // Бетон и железобетон. 2010. № 1. С. 5-9.
4. Соков В.Н., Жабин Д.В., Землянушов Д.Ю. К вопросу о создании пенобетона в гидротеплосиловом поле // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 3. С. 12-14.
5. Мусафирова Г.Я., Грушевская Е.Н., Вербищук Я.Я. Минерально-органические композиционные материалы // Международные Научные чтения им. чл.-корр. РАН И.А. Одингга «Механические свойства современных конструкционных материалов». Москва. 4-5 сентября 2014 г./ Сборник материалов. – М: ИМЕТ РАН. 2014. 371 с.
6. Ткач Е.В., Орешкин Д.В., Семенов В.С., Грибова В.С. Технологические аспекты получения высокоэффективных модифицированных бетонов заданных свойств // Промышленное и гражданское строительство. № 4. 2012. С. 65-67.
7. Активация сырьевых смесей при производстве неавтоклавного пенобетона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ibeton.ru/category/stati> – Дата доступа: 25.01.2015г.

К вопросу контроля качества строительных материалов и изделий из бетона

Пак А. А. (*г. Анапты, ФГБУН ИХТРЭМС КНЦ РАН,
e-mail: pak@chemy.kolasc.net.ru*)

Аннотация. Приведена информация о Кольском испытательном центре строительных материалов и изделий ИХТРЭМС КНЦ РАН, дана краткая характеристика современных методов контроля качества цемента, заполнителей и бетонов, а также отмечается актуальность неразрушающего контроля прочности бетонных и железобетонных конструкций.

Abstract. Information is presented about Uu Kola Test Center for construction materials and products the ICTREMRM KSC RAS and a characterization is given of up-to-date methods of quality control for cement, aggregates and concrete. The importance of non-destructive strength control of concrete and reinforced concrete structures is emphasized.

Ключевые слова: бетон, цемент, щебень, песок, методы испытаний, прочность, неразрушающий контроль.

Key words: concrete, cement, broken stone, sand, testing methods, strength, non-destructive inspection.

Ввиду многообразия применяемых материалов в современном строительстве, повышенных требований к качеству, экологичности, экономичности, технологической безопасности, необходим постоянный и высококвалифицированный контроль материалов и строительных конструкций на всех этапах строительства и последующей эксплуатации зданий и сооружений.

Кольский испытательный центр строительных материалов и изделий (КИЦСМИ) является одним из структурных подразделений ИХТРЭМС КНЦ РАН и аккредитован в Федеральном Агентстве по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) на техническую компетентность. Центр специализируется на испытаниях минеральных сырьевых материалов природного и техногенного происхождения, а также различных композиционных материалов на их основе: пески, щебни, песчано-гравийные смеси, скальные и техногенные продукты, минеральные вяжущие вещества, бетоны, стекло, кирпич и др. Помимо исследования физико-механических свойств строительных материалов, в институте выполняются физико-

химические, химические и минералого-петрографические анализы, оптические исследования структуры, радиационно-гигиеническая оценка сырьевых материалов.

КИЦСМИ выполняет работы по оценке качества строительных материалов и изделий как в лабораторных, так и в натуральных условиях. В современной строительной практике РФ сложилась особая ситуация, связанная с цементом. Дело в том, что за последние 5-6 лет резко возросли объемы ввозимого в Россию импортного цемента и уже 2012 году ввозили более 4,5 млн т из более чем 40 стран, среди которых Турция, Иран, Китай, где климатические и другие условия – и соответственно требования к цементу – значительно отличаются от российских. При этом российские производители способны полностью обеспечить строительный комплекс страны качественным цементом (в объеме 100-130 млн т в год).

Но основная угроза – в качестве импортируемого цемента. В России качество цемента не подлежит обязательному подтверждению соответствия, т.е. обязательной сертификации, что резко снижает безопасность построенных объектов. Импортные цементы не сертифицируются, или добровольно сертифицируются только первая партия. А цемент, поставляемый в дальнейшем, не проверяется на соответствие заявленному качеству и может быть заменен поставщиком на более низкокачественный.

При покупке цемента неза заводской фасовки высок риск столкнуться с поддельным или контрафактным товаром. По оценке «Союза производителей цемента», в зависимости от региона, на рынках продается от 20 до 50% поддельного тарированного цемента. Если покупатель приобретает тарированный цемент, необходимо убедиться, что на мешке указаны завод-изготовитель и его товарный знак, обозначение стандарта (ГОСТ), по которому был изготовлен данный товар, сертификат соответствия ГОСТу, обозначение санитарно-гигиенического заключения и маркировка самого цемента. Если возникли сомнения в оригинальности упаковки, надо обратиться по телефону прямой линии производителя цемента. Если же возникли сомнения в качестве и объеме приобретенного цемента, необходимо обращаться в органы Роспотребнадзора.

Стандартами ряда европейских стран до сих пор устанавливались

различные классификации цементов по вещественному составу, прочности, скорости твердения и регламентировались существенно различающиеся технические требования к ним, что затрудняло сопоставление качества цементов, выпускаемых по данным стандартам. В связи с этим Европейским комитетом по стандартизации (СЕН) принят стандарт EN 197-1, устанавливающий единые для всех стран Евросоюза классификацию, технические требования и методы установления соответствия качества цемента требованиям стандарта. Требования европейского стандарта EN 197-1 в части классификации и критериев соответствия учтены в Межгосударственном стандарте ГОСТ 30515 «Цементы. Общие технические условия» (дата введения 01.10.1998 г., действует в р. Армения, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан, Молдова, РФ и Таджикистан). Однако, до сих пор в странах СНГ классификация цементов по ГОСТ 30515 применяется ограниченно и действующая нормативная база строительства основана на характеристиках цемента, установленных ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. ТУ». Испытывают цементы на соответствие требованиям ГОСТ 10178-85 по ГОСТ 310.1-76 – ГОСТ 310.6-85 «Цементы. Методы испытаний». Эти характеристики существенно отличаются от установленных EN 197-1, что затрудняет осуществление научно-технического и экономического сотрудничества с европейскими странами.

С 1.09.2004 г. введен в действие Межгосударственный стандарт ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. ТУ», который не отменяет ГОСТ 10178-85 и его можно применять во всех случаях, когда это технически и экономически целесообразно. Т.е. они действуют параллельно, и новый введенный ГОСТ применяется в тех случаях, когда заключенные контракты или другие согласованные условия предусматривают применение цементов с характеристиками, гармонизированными с требованиями EN 197-1.

Таким образом, в Российской Федерации цементы испытывают:

– по старым (внутрироссийским) стандартам ГОСТ 310.1-76 – 310.6-85 «Цементы. Методы испытаний» на соответствие требованиям ГОСТ 10178-85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. ТУ»;

– по новому ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний» на соответствие ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. ТУ».

В КИЦСМИ испытания цемента проводятся как по внутрироссийскому

ГОСТу 310.1 – 310.6-85, так и по новому ГОСТ 30744-2001.

Основные отличия требований ГОСТ 30744-2001 от ГОСТ 10178-85:

- вместо марок введены классы цемента по прочности: 22,5; 32,5; 42,5; 52,5 (цифра класса означает минимальное значение прочности на сжатие в МПа стандартных образцов в возрасте 28 суток);

– введено разделение на нормальнотвердеющие и быстротвердеющие цементы;

– кроме требований к прочности в возрасте 28 сут, установлены нормативы в возрасте 2 и 7 сут.

В КИЦСМИ есть прибор для экспресс – определения марки цемента – индикатор активности цемента ИАЦ-04М – который предназначен для обеспечения оперативного контроля активности цемента (в течение 5 мин). Высокую надежность определения качества цемента обеспечивает используемая при работе с прибором методика, предусматривающая его калибровку по результатам испытаний по ГОСТ 310.4-81.

Характерной особенностью современной строительной отрасли является увеличение доли строительства непромышленного назначения, т.е. больше стали строить жилья, объектов социально-культурно-бытового назначения, наблюдается значительный рост объемов реконструкции и ремонта зданий, сооружений, а также возросли требования к качеству выполняемых работ, защите окружающей среды. В связи с этим становятся чрезвычайно актуальными обследования фактического физического состояния давно возведенных конструкций. Для этой цели разработаны и известны различные неразрушающие методы контроля материалов и конструкций.

Некоторые из них, которыми располагает КИЦСМИ: измеритель защитного слоя бетона ПОИСК – 2.5 – предназначен для измерения толщины защитного слоя бетона над арматурой, определения расположения и диаметра арматуры.

Одной из основных характеристик бетонов является прочность, от значения которой зависит много других свойств.

Известны три основных метода испытания бетонов на прочность:

1 – метод стандартных образцов (образцы раздавливают на прессе до разрушения). Этот метод наиболее реально отражает прочность бетона в конструкциях. Хотя и здесь требуется качественное изготовление образцов,

соблюдение условий их хранения. Прочность при сжатии рассчитывают по формуле:

$$R_{сж} = \frac{\alpha * F * k_w}{A}$$

где: α – масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности в образцах базового размера; F – разрушающая нагрузка, Н(кгс), A – площадь нагружения образца, см² (мм²), k_w – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образца в момент испытаний (при $W=10\%$ $k_w = 1$)

Прочность на растяжение при изгибе рассчитывают по формуле:

$$R_{и} = \frac{3}{2} * \frac{F * l}{a * b^2}$$

где a , b , l – соответственно ширина, высота поперечного сечения образца и расстояние между опорами (равна тройной высоте образца, т.е. при высоте образца 40 мм $l = 120$ мм).

2 – метод выбуривания кернов из конструкции – когда из тела конструкции выбуриваются керны и из них изготавливаются цилиндрические образцы, раздавливаемые на прессе до разрушения. Также позволяет реально оценить прочность бетона в конструкции. Однако сложность выбуривания кернов, высокая трудоемкость и нарушение целостности конструкции ограничивают использование этого метода.

3 – метод неразрушающего контроля (НК) – при их использовании непосредственной измеряемой величиной является не прочность, а какой-либо другой физический показатель, связанный с прочностью корреляционной зависимостью. Для установления корреляционной зависимости определяют градуировочную (тарировочную) зависимость между прочностью бетона и измеряемой косвенной характеристикой.

В настоящее время известны различные методы и приборы неразрушающего контроля прочности бетона. Наиболее известные из них:

Методы ударного воздействия на бетон

1 – метод пластической деформации – основан на измерении диаметра отпечатков, которые остаются на поверхности бетона и стального стержня после удара эталонным молотком. Наиболее известен эталонный молоток

Кашкарова. Метод устаревший, но до сих пор используют из-за простоты и дешевизны оборудования.

2 – метод упругого отскока – заключается в измерении величины отскока ударника под действием силовой пружины при соприкосновении с поверхностью бетона. Измеряют с помощью приборов типа склерометр. Метод очень прост в применении и при наличии достоверной градуировочной зависимости может оперативно характеризовать прочность бетона в конструкции.

3 – метод местных локальных разрушений – из этих методов наиболее известен метод отрыва со скалыванием и скалыванием ребра конструкции – заключается в регистрации усилия, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции, либо местного разрушения бетона при вырыве из него анкерного устройства (рисунок)



Рисунок 1 – Устройство для определения прочности бетона
методом вырыва анкерного устройства

Это самый точный из разработанных методов НК, т.к. прочность бетона рассчитывается по формуле, учитывающей только два параметра бетона: крупность заполнителя и тип бетона. При определении прочности бетона этим методом испытание контрольных образцов по ГОСТ 10180 не требуется. По методу вырыва анкерного устройства прочность бетона рассчитывается по формуле

$$R = m_1 * m_2 * p,$$

где m_1 – коэффициент, учитывающий максимальный размер крупного заполнителя и принимаемый равным 1 при фракции менее 50 мм и

1,1 – при крупности более 50 мм;

m_2 – коэффициент пропорциональности, который при естественном твердении равен 1,5, а при термообработке – 1,8;

P – усилие вырыва анкерного устройства, определяемое по градуировочной зависимости, приведенной в Приложении 1 Руководства по эксплуатации прибора.

К недостаткам этого метода следует отнести его высокую трудоемкость и невозможность использования в густоармированных конструкциях, частичное повреждение поверхности конструкции.

4 – метод ультразвукового прозвучивания – заключается в регистрации скорости прохождения через бетон ультразвуковых волн. По технике проведения испытания различают сквозное прозвучивание, когда датчики располагают с разных сторон тестируемого образца, и поверхностное прозвучивание, когда датчики расположены с одной стороны изделия. Применение ультразвуковой методики не всегда дает точные результаты, т.к. часто очень сложно обеспечить приемлемую степень соосности приемного и передающего ультразвук преобразователя, которые должны быть расположены с разных сторон конструкции. Кроме того, потери энергии в длинных проводах будут крайне велики, и результаты измерений могут быть искажены.

Таким образом, все известные методы НК не могут отразить реальную прочность бетона, так как измеряется косвенная величина, которая затем посредством градуировочной зависимости переводится в показатель прочности бетона. Тем не менее они позволяют с достаточной степенью достоверности просто и оперативно получить информацию о прочностных свойствах бетона в возведенных конструкциях для принятия дальнейших технических решений. Наиболее точные результаты обследования прочностных свойств бетона можно получить испытанием кернов, выбуренных из тела конструкции, а также методом отрыва со скалыванием (вырыва анкерного устройства или скалыванием ребра). Поэтому результат, полученный одним

из этих методов, делят на величину прочности, полученную испытанием каким-либо другим методом НК. Полученное отношение называют коэффициентом совпадения (соответствия). При обследовании остальных участков обследуемой конструкции показатель прочности, полученный каким-либо другим методом НК, умножается на коэффициент совпадения.

Время не стоит на месте, и сейчас приборная база неразрушающего контроля ушла далеко вперед по сравнению с 80-ми годами прошлого века, когда разрабатывалось большинство ГОСТов. Методики же по большому счету остаются прежними и до сих пор лежат в основе разработки новых устройств. Еще совсем недавно исследования прочности бетонов делали только заводы ЖБИ и некоторые профильные лаборатории, но сейчас, когда наблюдается повсеместное строительство из монолитного железобетона, и участились аварии, вызванные недостаточным контролем материалов, интерес к методам определения прочности бетона растет как со стороны потребителя, так и со стороны разработчиков специального оборудования. Все заинтересованы в появлении простых, надежных и точных приборов. При этом существующие ГОСТы явно устарели, поскольку разрабатывались, в основном, для контроля сборного железобетона, а не монолитного.

На сегодняшний день наиболее точные результаты обследования прочностных свойств бетона можно получить испытанием кернов, выбуренных из тела конструкции. Достоверные результаты определения прочности могут быть получены методом отрыва со скалыванием либо методом упругого отскока, как наиболее простого в осуществлении, при условии наличия достоверно установленных градуировочных зависимостей.

Влияние кремнеземсодержащих добавок на свойства магнезиальных вяжущих

Тюкавкина В. В.¹, Касиков А. Г.², Гуревич Б. И.², Майорова Е. А.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра промышленного и гражданского строительства)

² (г. Апатиты, ФГБУН ИХТРЭМС КНЦ РАН,
e-mail: tukav_vv@chemy.kolasc.net.ru)

Аннотация. Оценена возможность использования кремнийсодержащих добавок, являющихся продуктами переработки минерального сырья, в составе оксихлоридного магнезиального вяжущего. Показано, что свойства вяжущего изменяются в зависимости от массового содержания и удельной поверхности добавки. Введение в состав вяжущего добавки кремнезема с высокой удельной поверхностью способствует повышению водостойкости затвердевшего магнезиального камня.

Abstract. The possibility of using silicon-containing additives, obtained from mineral processing waste, as components of magnesia oxychloride binder has been assessed. A relationship between the binder's properties and the additive's mass content and specific surface is demonstrated. It is shown that admixing the binder with silica, having a high specific surface area, enhances the water resistance of hardened magnesium stone.

Ключевые слова: кремнийсодержащие добавки, магнезиальное вяжущее, прочность, водостойкость.

Key words: silicon-containing additives, magnesia binding agent, strength, water resistance.

В современном строительстве существует потребность в материалах с повышенными эксплуатационными характеристиками и специальными свойствами. Одним из таких материалов, позволяющих получать строительные изделия с особыми свойствами, являются магнезиальные вяжущие. Они обладают высокой механической прочностью при быстром ее нарастании в начальный период твердения, повышенной прочностью при изгибе, низкой теплопроводностью, высокой прочностью сцепления с заполнителями, повышенной коррозионной стойкостью, экологической безопасностью. Существенным недостатком магнезиальных вяжущих является их низкая водостойкость и склонность к растрескиванию.

Основой повышения эффективности производства строительных

материалов является разработка способов направленного формирования структуры композиционных материалов. Одним из наиболее распространенных способов модифицирования структуры является применение добавок. При этом используемые добавки должны быть дешевы и доступны. Очевидно, что таким критериям могут отвечать различные промышленные отходы.

В данной работе оценено влияние различных кремнеземсодержащих добавок, полученных при переработке минерального сырья и отходов производства, на основные свойства магнезиального вяжущего.

В качестве кремнеземсодержащих добавок использовали порошок кремнезема, полученный из раствора выщелачивания отвального магнезиально-железистого гранулированного шлака КГМК комбината «Печенганикель» (ПН) разбавленной серной кислотой (образец №1), остатки выщелачивания шлака ПН 30% HCl (2), эвдиалитового концентрата соляной кислотой (3) и отработанного ванадиевого катализатора марки СВД сернистой кислотой (4), а также кремнегель ОАО «ФосАгро-Череповец»(5).

Физико-химические свойства кремнеземсодержащих добавок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические показатели образцов кремнеземсодержащих добавок

Показатели	образец				
	1	2	3	4	5
Внешний вид	белый порошок	серый порошок	серый порошок	желтый порошок	белый порошок
Структура	аморфная	аморфная	аморфная	кристалл. (кварц, кристобалит)	аморфная
Содерж. SiO ₂ , мас. %	92.2	88.5	82.1	85.1	93.4
H ₂ O*	5.88	5.62	4.20	0.51	4.16
ППП*	16.5	15.2	12.0	5.87	11.1
Удельная поверх., м ² /г	548	270	324	10	3

Примечание: * – по данным ДТА

Используемые добавки имели аморфную структуру, за исключением порошка, полученного после выщелачивания ванадиевого катализатора, содержание SiO_2 изменялось от 82.1 до 93.4. Продукты переработки шлака ПН и эвдиалита, характеризовались достаточно высокой удельной поверхностью 270-548 $\text{м}^2/\text{г}$ (определяли методом тепловой десорбции азота). Наибольшую удельную поверхность имели порошки кремнезема, выделенные из сульфатных растворов от разложения шлаков медно-никелевого производства.

Для проведения исследований в качестве вяжущего использовали порошок магнезитовый каустический (ПМК 87) ОАО «Комбинат Магнезит». Для затворения магнезиальных вяжущих применяли раствор хлористого магния плотностью 1.21 $\text{г}/\text{см}^3$. Композицию на основе ПМК, раствора хлористого магния и кремнийсодержащего продукта готовили следующим образом. Первоначально смешивали расчетное количество раствора MgCl_2 и добавки SiO_2 , затем частями вводили ПМК, перемешивание осуществлялось в лабораторном планетарном растворосмесителе до однородной консистенции, далее формовали образцы размерами 2x2x2 см, которые в течение 1 суток твердели на воздухе в формах, далее одна часть образцов твердела на воздухе, а другая – в воде. По истечению 1, 28 суток образцы испытывали на прочность при сжатии. Водостойкость (коэффициент размягчения) магнезиального вяжущего оценивали отношением прочности материала в возрасте 28 суток, насыщенного водой ($R_{\text{сж.нас.}}$) к прочности сухого материала ($R_{\text{сж.сух.}}$). Содержание кремнеземсодержащей добавки в составе вяжущего изменялось от 1 до 7,5 мас.%. Состав и свойства магнезиального вяжущего, модифицированного добавкой кремнезема, приведены в таблице 2.

Выполненные экспериментальные исследования показали, что свойства затвердевшего материала изменяются в зависимости от массового содержания и удельной поверхности добавки. При введении в состав вяжущего кремнеземсодержащей добавки в количестве 1-3 мас.% наблюдается прирост прочности образцов, твердеющих на воздухе, при дальнейшем увеличении добавки в вяжущем прочность, как правило, начинает уменьшаться. Использование порошков кремнезема с высокой удельной поверхностью способствует повышению водостойкости магнезиального вяжущего. Наибольший коэффициент размягчения имеет магнезиальный камень модифицированный добавкой кремнезема с удельной поверхностью 548 $\text{м}^2/\text{г}$ (образец 1). Добавки, характеризующиеся низкой удельной поверхностью

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

(кремнегель и остаток выщелачивания ванадиевого катализатора) не оказывают влияния на водостойкость.

Таблица 2 – Состав и свойства магниезального вяжущего модифицированного кремнийсодержащей добавкой

образец №	Состав, мас.%			Прочность при сжатии через сут. твердения, МПа			Коэф. разм., $\frac{R_{сж.нас.}}{R_{сж.сух.}}$
	добавка	ПМК	MgCl ₂	на воздухе		в воде 28	
				1	28		
-	-	57	43	35.5	51.6	24.0	0.45
1	1.1	56.3	42.6	37.3	50.5	25.6	0.51
	3.8	54.8	41.4	35.8	49.8	36.6	0.73
	5.4	53.9	40.7	33.3	42.3	40.3	0.95
2	3.6	53.4	43	23.5	54.1	31.1	0.58
	5.3	52.4	42.3	24.4	52.3	35.4	0.66
	7.3	49.7	43	22.0	44.9	29.9	0.66
	2.7	55.4	41.9	37.7	78.0	46.8	0.60
	5.4	53.9	40.7	30.2	55.9	32.7	0.59
	7.3	52.8	39.9	26.6	44.8	28.2	0.63
4	2.7	54.0	43.3	26.6	63.9	26.0	0.44
	5.1	50.8	44.1	26.8	64.3	32.3	0.50
	7.2	48.3	44.5	20.5	53.8	29.5	0.51
5	1.1	56.8	42.7	30.1	61.7	21.1	0.34
	3.0	55.0	42.0	26.9	60.6	16.6	0.27
	5.4	54.0	40.6	24.4	58.1	15.8	0.27
	7.5	52.6	39.8	23.8	50.8	14.3	0.28

Таким образом, установлено, что кремнеземы с высокой удельной поверхностью, пригодны в качестве добавки, способствующей повышению водостойкости магниезального вяжущего.

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ**

Химический мониторинг атмосферных выпадений в Кольском регионе

Евтюгина З. А.^{1,3}, Горбачева Т. Т.²

¹ (г. Апатиты, Апатитский филиал ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра геоэкологии, e-mail: zina_evt@mail.ru)

² (г. Апатиты, Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, e-mail: gorbacheva@inper.ksc.ru,

³ (г. Апатиты, Кольский филиал геофизической службы РАН)

Аннотация. Показано изменение концентраций меди, никеля, ионов водорода (pH), сульфат-иона в атмосферных осадках, отбирившихся с 1987 по 2010 годы (июнь – октябрь) на различном удалении от площадки Мончегорск. Отсутствие существенных различий концентраций SO_4^{2-} в атмосферных осадках в импактной зоне в период наибольших объемов пылегазовых выбросов и при более чем шестикратном их снижении, может быть связано с разрушением древесного яруса и последующим продвижением фронта загрязнения.

Abstract. Shows change in concentrations of copper, nickel, hydrogen ions (pH), sulfate ions in precipitation were selected from 1987 to 2010 (June – October) at different distances from the Monchegorsk. No significant differences SO_4^{2-} concentrations in deposition in impact zone between the largest volume of dust and gas emissions and more than six times times their decline may be due to the destruction of the tree layer and the subsequent promotion of the pollution front.

Ключевые слова: выбросы, медь, никель, сульфат-ион, атмосферные выпадения.

Key words: emissions, copper, nickel, sulfate ion, atmospheric deposition.

В Кольском регионе сосредоточены предприятия горнохимической промышленности, цветной, черной металлургии и др. По данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) по Мурманской области, среди основных источников загрязнения атмосферного воздуха ОАО: "Апатит", "Ковдорский ГОК", "Апатитская ТЭЦ" «Мурманская ТЭЦ», «Олкон», «СУАЛ» филиал «КАЗ-СУАЛ», "Кольская ГМК", на долю валовых выбросов Кольской горно-металлургической компании (КГМК) приходится более 70% [1]. В 1999 году комбинат Североникель резко снизил объемы выбросов сернистого газа (рис.1), меди и никеля, и на отдельных участках в окрестностях Мончегорска началось самовосстановление растительности [2]. Несмотря на реализацию

мероприятий по снижению объемов выбросов предприятиями КГМК и решения «проблемы» ПДВ (предельно-допустимых выбросов) на площадке Мончегорск (комбинат Североникель) [3], медно-никелевые комбинаты Печенганикель (площадки Никель, Заполярный) и Североникель (площадка Мончегорск) КГМК, также как и 20 лет тому назад, стоят на первом и втором местах соответственно в списке так называемых экологических горячих точек Баренцева Евроарктического региона [4].

Химический мониторинг атмосферных выпадений на различном удалении от источника выбросов, позволяет выявить тенденции изменений концентраций загрязняющих веществ в атмосферных осадках в связи с сокращением объемов пылегазовых выбросов.

Оценка состава дождевых вод, отобранных на открытых пространствах в течение бесснежного периода (июнь-октябрь) является результатом исследований проводимых лабораторией наземных экосистем Института проблем промышленной экологии Севера (ИППЭС) в периоды с 1987 по 1990 и с 1995 по 2010 годы на площадках, расположенных по линии юго-западного градиента от комбината Североникель.

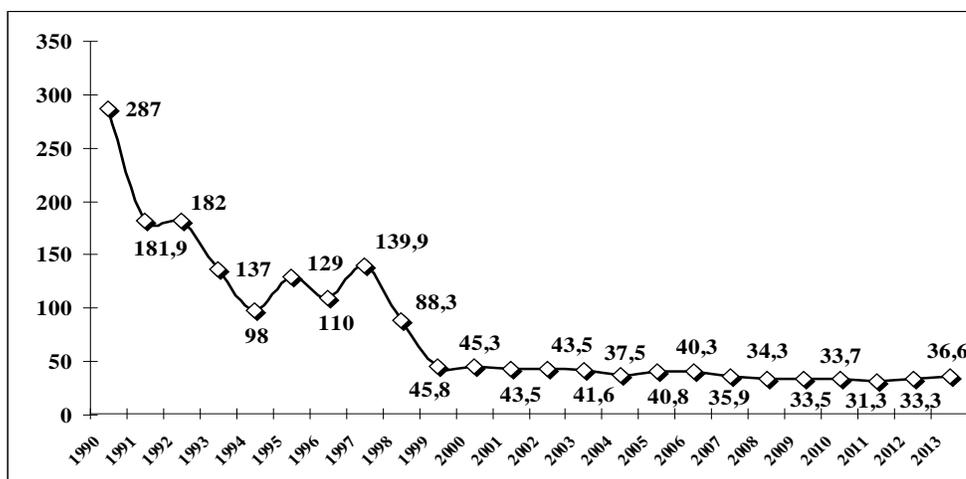


Рисунок 1 – Динамика выбросов SO₂, тыс. т/год: площадка Мончегорск (комбинат Североникель). Данные Кольской ГМК, за исключением объемов выбросов в 1990 г.: 232,5 тыс. т/год – КГМК; 287 тыс. т/год [5]

В первый этап – период наибольших объемов выбросов комбината – опробование проводили в автономных участках лесных ландшафтов различных стадий техногенной трансформации в 4, 7, 20, 36 км от источника выбросов. Условно-фоновый ландшафт расположен вне выбранного

градиента: в 100 км от комбината, в юго-восточной части территории водосбора оз. Умбозеро. Во второй период – в аналогичных ландшафтах на площадках интенсивного мониторинга, оборудованных на уровне требований европейских стандартов в 7, 10 и 31 км от комбината. Выбор площадок и размещение на нем оборудования проведены согласно Руководству по методам и критериям мониторинга: согласованного отбора проб, оценки, и анализа влияния загрязнения воздуха на леса в рамках Международной совместной программы ICP-forests [6]. Сеть мониторинга функционирует с 1991 г. Условно-фоновые площадки расположены на расстоянии 260 и 270 км от источника выбросов.

Наиболее резкое снижение объемов выбросов отмечено в 1999-2000 гг., поэтому 2000 год принят в качестве граничного для изучения процессов трансформации состава и свойств атмосферных выпадений. В качестве фоновых параметров были использованы результаты определения состава атмосферных выпадений в виде дождя в отдаленных районах Финляндии, которые авторы [7] принимают за региональный фон.

Результаты и обсуждение. В период наибольших объемов выбросов (с 1987 по 1990 гг.) рН атмосферных выпадений на условно-фоновой территории (100 км) изменялся от 4,3 до 5,9, медианное значение (med) – 4,8. В 2000-2010 годах рН атмосферных вод на площадке в 270 км от комбината изменялся от 3,8 до 5,4 при med – 4,6, что близко значениям регионального фона, варьирующему в пределах 4.5-5.3, med – 4.8 [7]. Если сравнивать изменение медианных значений (по мере приближения к источнику выбросов), то выявляется снижение рН атмосферных выпадений. Линия тренда рН атмосферных выпадений носит логарифмический характер и остается практически неизменной после снижения аэротехногенной нагрузки.

Концентрации Си в атмосферных выпадениях (с 1987 по 1990 гг.) в 100 км (Умбозеро) – 0,005 мг/л – med (от 0,0005 до 0,007 мг/л). В условно-фоновых территориях в 2000-2010 гг., также как и в период 1995-1999 гг., аналогичные (med) концентрации Си при количестве определений (n) – 34 – 0.002 мг/л, что выше регионального фона (0.0004 мг/л). Примечательно, что в импактной зоне (7 км от комбината) в 1987 – 1990 гг. в осадках содержание Си (med) – 0,540 мг/л (от 0,311 до 1,604 мг/л), а в период 2000-2010 гг. – почти в

13 раз меньше: Cu (med) – 0,043 мг/л (от 0,0037 до 0,5156 мг/л). В этот же период, по сравнению с периодом опробования осадков с 1995 по 1999 гг., гг. отмечено снижение концентрации более, чем на порядок в 31 км от комбината и более, чем в 6 раз в 7 км.

Концентрации Ni в атмосферных выпадениях (с 1987 по 1990 гг.) в 100 км (Умбозеро) – 0,002 мг/л – med (от 0,0005 до 0,007 мг/л). В условно-фоновых территориях в 2000-2010 гг., также как и в период 1995-1999 гг., аналогичные (med) концентрации Ni в атмосферных выпадениях составляют 0.0004 мг/л, что весьма близко фоновым (региональным) значениям – 0.00021 мг/л [7]. На территориях, подверженных интенсивному аэротехногенному загрязнению за период наблюдений с 1987 по 1990 гг. в осадках содержание Ni (med) – 0,262 мг/л (от 0,132 до 0,713 мг/л), а в период 2000-2010 гг. – в 5 раз меньше: Ni (med) – 0,052 мг/л (от 0,0024 до 0,7857 мг/л). В этот период, по сравнению с результатами мониторинга с 1995 по 1999 гг., отмечено снижение концентраций более чем в 10 – в 31 км от комбината и в 4 раза – в импактной зоне (7 км).

Концентрации сульфат-ионов в атмосферных выпадениях с 1987 по 1990 гг. в 100 км (Умбозеро) – 2,3 мг/л – med (от 0,8 до 3,0 мг/л). На условно-фоновых территориях в 2000-2010 гг. концентрации в атмосферных выпадениях составляют 0.8 – 1.0 мг/л (от 0,20 до 3,97 мг/л), что соответствует региональному фону – 0.8 мг/л. На условно-фоновых территориях (1995 – 1999 гг.) концентрация сульфат-ионов в дождевых водах – на таком же уровне.

На территориях, подверженных аэротехногенному загрязнению (7 км от комбината), за период мониторинга с 1987 по 1990 гг. в осадках содержание SO_4^{2-} (med) – 5,87 мг/л (от 4,20 до 8,10 мг/л), а в период 2000-2010 гг. относительное изменение концентраций SO_4^{2-} (med) – 4,72 мг/л (от 0,85 до 16,39 мг/л). Причиной подобного различия концентраций сульфат-иона в атмосферных осадках в 7 км от площадки Мончегорск КГМК при значительном сокращении объёмов выбросов SO_2 (с 225 тыс. тонн – среднее за период с 1987 по 1990 год [5] и до 36,7 тыс. тонн с 2000 по 2010 год), возможно, связано с особенностями поступления соединений серы в виде сухих и влажных осадков. Так, в период с 1987 по 1990 год на удалении около 7 км от комбината, где почти 80% елей были представлены сухостойными

особями (количество живых елей на га – 140, сухих – 496) концентрация SO_4^{2-} (med) в осаднениях почти совпадала с содержанием SO_4^{2-} (med) в точке отбора на удалении 4 км, где древостой полностью разрушен: 5,85 мг/л (от 2,8 до 7,2 мг/л). В ельнике в 20 км от комбината – аналогично: 5,85 мг/л (от 1,8 до 8,3 мг/л). Подобное сходство содержаний сульфат-иона в атмосферных осадках на площадках, удаленных от источника выбросов на 4, 7 и 20 км, связано с активизацией трансформации соединений серы из газовой формы в аэрозольную, что подтвердили натурные исследования [8]. Помимо разрушения древостоя в период с 2000 по 2010 год в окрестностях площадки – 7 км – проводились (Мончегорский лесхоз) противопожарные рубки, поэтому изменилась шероховатость поверхности ("плотность" древостоя), что, возможно, способствовало продвижению фронта загрязнения и определило близкие значения концентраций SO_4^{2-} в осадках в периоды наибольших объёмов выбросов SO_2 (1987 – 1990) и при почти шестикратном снижении (2000 – 2010). В целом, на территориях, подверженных аэротехногенному загрязнению, за период 2000-2010гг отмечено снижение концентраций SO_4^{2-} осадках без существенного изменения характера кривой распределения (рис. 2).

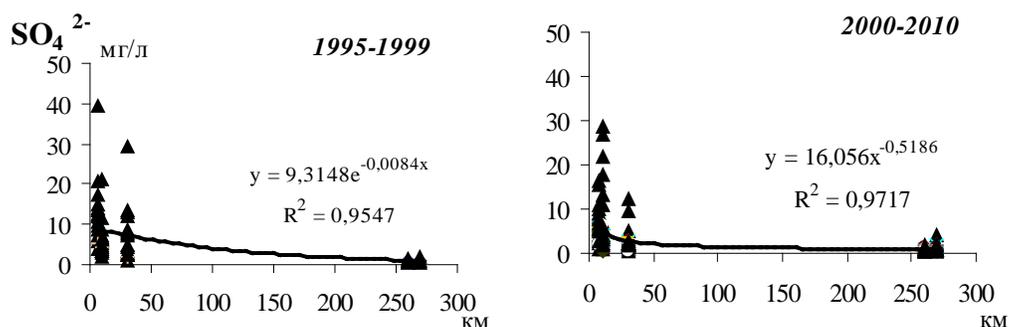


Рисунок 2 – Концентрация SO_4^{2-} в атмосферных выпадениях на разном удалении от источника выбросов

Литература

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2012 году. – Мурманск: Индивидуальный предприниматель Щербаков Максим Леонидович, 2013, – 152 с. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.gov-murman.ru/envcond/2013.pdf>.

2. <http://www.kolagmk.ru/ecology/monitoring>
3. http://issuu.com/nefconordic/docs/barents_hot_spots_ru
4. <http://www.barentsinfo.fi/beac/hotspots/Default.aspx>
5. Pozniakov, V.Ya. The "Severonickel" smelter complex: History of development. //Aerial pollution in Kola Peninsula. Eds. Kozlov M.V., Haukioja E., Yarmishko V.T. Proceedings of the International Workshop. Saint-Petersburg, April 14-16 1992/ – Saint-Petersburg. – 1993. P. 16-19.
6. <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>
7. Reimann, C., Rainwater composition in eight arctic catchments in northern Europe (Finland, Norway and Russia) / C. Reimann, P. Caritat, J. H. Halleraker, T.Volden, M. Äyräs, H. Niskavaara V. A. Chekushin, V. A. Pavlov, //Atmospheric Environment. – V. 31. I. 2. – 1997. – P.159-170.
8. Евтюгина З. А. Природные воды лесных ландшафтов в условиях аэротехногенного загрязнения / З. А. Евтюгина. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2013. – 108 с.

Обработка осадков сточных вод микроволновым излучением

Крашевская А. А., Гапоненков И. А., Федорова О. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра экологии и защиты окружающей среды, e-mail: *aleksadrakrashevskaya@gmail.com*)

Аннотация. В статье рассмотрен альтернативный тепловой обработке осадков сточных вод метод – воздействие микроволнового излучения. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния СВЧ-излучения на осадки сточных вод.

Abstract. The article describes the alternative method of wastewater sludge treatment – microwave irradiation treatment. Results of microwave irradiation effect have been presented.

Ключевые слова: осадки сточных вод, микроволновое излучение, активный ил.

Key words: wastewater sludge, microwave irradiation, activated wastewater sludge.

С каждым годом неуклонно возрастает народонаселение планеты, что неизбежно влечет за собой увеличение объемов водопотребления. Российская Федерация не стала исключением в этой тенденции. Водопотребление страны растет с каждым годом, вне зависимости от сокращения количества водопользователей [1].

Использование водных ресурсов приводит к их загрязнению, вследствие чего появляется необходимость очистки образовавшихся сточных вод. Известные и наиболее распространенные технологии очистки сточных вод влекут за собой образование осадков сточных вод, которые являются потенциально опасными источниками загрязнения окружающей природной среды. Вместе с тем, после необходимой обработки и обеззараживания, осадки могут служить сырьем для приготовления компостов, почвогрунтов и удобрений, которые находят свое применение в сельском и лесном хозяйстве. Кроме того, возможно использование обработанных осадков сточных вод при озеленении городских территорий и рекультивации [2].

Обработка осадков сточных вод позволяет добиться их уплотнения и уменьшения объема, что снижает антропогенную нагрузку на окружающую природную среду при захоронении и утилизации. Однако при этом неизбежно встает вопрос о выборе эффективной и экономически выгодной технологии их обработки.

Наиболее эффективными считаются тепловые методы обработки сточных вод, в частности термическое кондиционирование, основанное на обработке осадков сточных вод высокими температурами (плюс 150-200⁰С) в закрытой емкости (реакторе) в течение 0,5-2 часов. Данный метод обработки позволяет добиться уплотнения осадка до влажности 92-94% (при исходных 99,2-99,7%), и объем становится равным 20-30% от исходного [3]; происходит стерилизация отхода. Но данный вид обработки нельзя отнести к дешевым способам ввиду значительных энергетических затрат на ее реализацию.

Зарубежные исследователи акцентируют свое внимание на тепловой обработке осадков сточных вод микроволновым излучением. Микроволновое или сверхвысокочастотное (СВЧ) излучение действует на структуру осадков сточных вод, вызывая нагрев не только за счет накопления энергии, но и за счет разрыва водородных связей вследствие поляризации молекул по направлению электромагнитного поля, которое создает излучение [4]. В иностранных статьях приводятся положительные результаты исследований различных показателей (осаждаемость, взвешенные вещества и др.) после воздействия микроволнового излучения, указывающих на увеличение уплотнения и уменьшение объема осадков сточных вод при определенных параметрах проведения процесса [5, 6].

Несмотря на возможные перспективы применения обработки осадков сточных вод СВЧ-излучением, отечественных исследований влияния данного метода обработки на свойства осадков немного (в общем доступе). Так, в Калужском филиале Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана разработали безреагентную технологию очистки питьевой воды и осадков сточных вод с использованием СВЧ излучения. В качестве источника излучения использовали генераторный блок и источник питания в импульсном и непрерывном режимах небольшой мощности (0,3 – 0,5 кВт). Результаты показали, что данный способ обработки имеет высокую эффективность даже при небольших мощностях [7].

На основании вышеизложенного был сделан вывод о необходимости расширения исследований для получения более полных сведений об эффективности воздействия микроволнового излучения на осадки сточных вод не только очистных сооружений канализации населенных пунктов, но и

пищевых производств. Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать вывод о целесообразности применения данного способа обработки как альтернативе другим тепловым методам обработки осадков.

В качестве объекта исследований использовали избыточный активный ил сооружений биологической очистки пищевого производства – птицефабрики (ООО «Птицефабрика «Мурманская») с ежедневным забоем 15-20 тыс. птицы. Все исследования проводили на базе научно-исследовательской лаборатории «Технология очистки воды» кафедры экологии и защиты окружающей среды Мурманского государственного технического университета.

Во время проводимых экспериментов контролировались следующие параметры:

- иловый индекс;
- доза ила;
- влажность;
- время капиллярного всасывания.

В ходе проведения опытов пробы избыточного активного ила одинакового объема подвергались нагреву до оптимальной температуры 60 °С, выбранной на основании имеющихся публикаций зарубежных авторов [5, 6, 8]. После нагрева пробы исследовались по перечисленным выше параметрам, результаты обрабатывались традиционными методами математической статистики и представлены ниже в виде диаграмм.

На рисунке 1 указаны среднеарифметические значения дозы ила до и после обработки тепловыми методами. Видимое снижение дозы ила объясняется переходом взвешенных веществ в растворенное и/или коллоидное состояние, вследствие чего масса задерживаемых фильтром "белая лента" веществ уменьшается, причем количество взвесей, переходящих в микродисперсное и растворенное состояние больше при обработке микроволновым излучением, чем при градиентном нагреве при прочих равных условиях.

Иловый индекс, как известно, частично характеризует седиментационные свойства осадков сточных вод. После тепловой обработки двумя способами (объемным и градиентным) иловый индекс проб снижается примерно на 30%, что может свидетельствовать об улучшении способности к осаждению (рисунок 2) в результате такого воздействия. Существенной разницы между способами нагрева в поведении показателя "иловый индекс" не наблюдается.

Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»

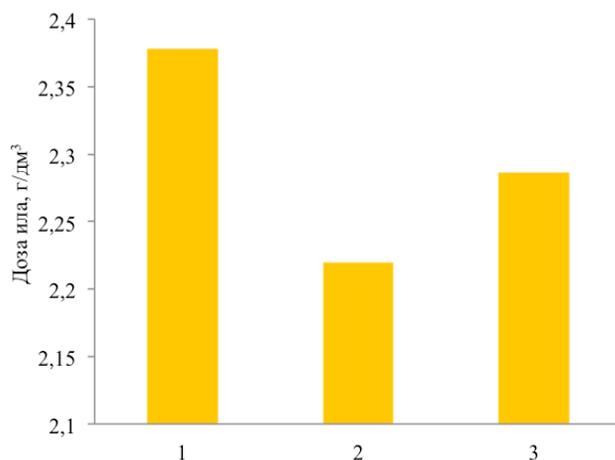


Рисунок 1 – Доза ила проб, обработанных разными тепловыми методами, г/дм³:

- 1 – уплотненный активный ил без тепловой обработки;
- 2 – уплотненный активный ил после СВЧ обработки;
- 3 – уплотненный активный ил после градиентного нагрева

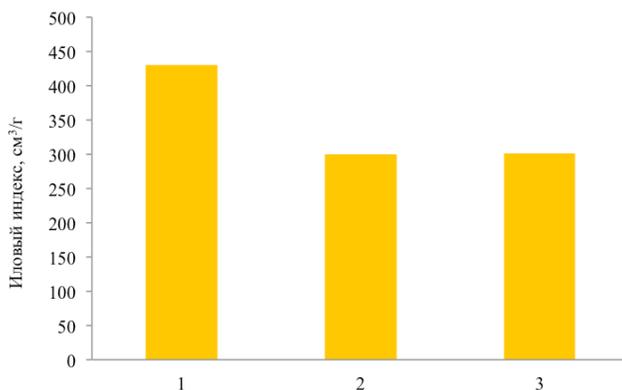


Рисунок 2 – Иловый индекс осадков сточных вод, см³/г :

- 1 – уплотненный активный ил без тепловой обработки;
- 2 – уплотненный активный ил после СВЧ обработки;
- 3 – уплотненный активный ил после градиентного нагрева

Влажность твердой фракции ила – физический показатель, который может характеризовать эффективность дальнейшего процесса обезвоживания активного ила. На рисунке 3 представлены средние значения влажности необработанной пробы и образцов, подвергшихся воздействию тепловой обработки, которые свидетельствуют о том, что тепловая обработка практически не влияет на влажность твердой фракции осадков сточных вод.

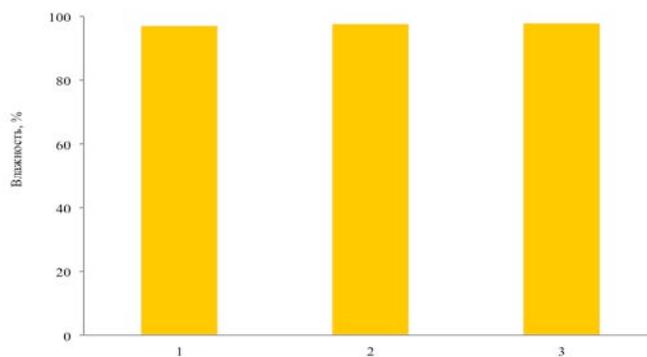


Рисунок 3 – Влажность проб, обработанных разными методами, %:

1 – уплотненный активный ил без тепловой обработки;

2 – уплотненный активный ил после СВЧ обработки;

3 – уплотненный активный ил после градиентного нагрева

Считается, что время капиллярного всасывания (CST) характеризует фильтруемость пробы активного ила. Однако, так как тепловая обработка оказывает значительное влияние на скорость осаждения, то, возможно, увеличение времени всасывания влаги (рисунок 4) обусловлено образованием более плотного осадка в пробоприемнике. Это может служить причиной замедления распространения фронта влаги между измерительными датчиками, а не об увеличении влагоудерживающей способности осадков сточных вод. Поэтому нельзя однозначно судить об ухудшении фильтруемости в результате тепловой обработки.

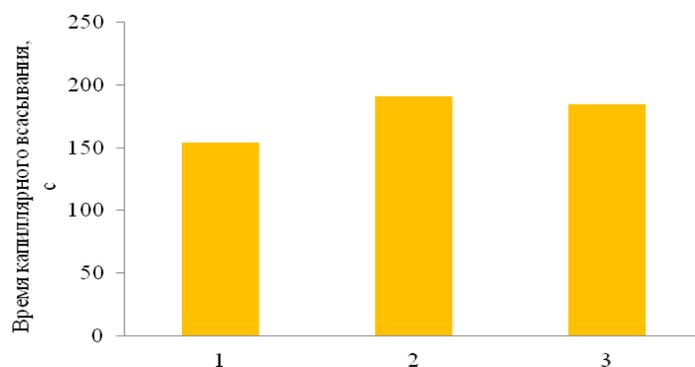


Рисунок 4 – Зависимость средних значений времени капиллярного

всасывания проб, обработанных тепловыми методами:

1 – уплотненный активный ил без тепловой обработки;

2 – уплотненный активный ил после СВЧ обработки;

3 – уплотненный активный ил после градиентного нагрева

Исходя из представленных в статье данных, можно сделать следующий общий вывод: влияние различных способов термической обработки на основные характеристики осадков сточных вод аналогично. Тем не менее, микроволновое излучение имеет ряд существенных преимуществ: данный вид нагрева требует меньших энергозатрат, так как позволяет быстрее достичь необходимой температуры, кроме того, не требует сложного аппаратного оформления; в отличие от традиционного теплового нагрева, обработка СВЧ-излучением уничтожает 50% термостойких микроорганизмов (*Cryptosporidium sp.*, *Giardia sp.* и другие бактерии) [8]. Это позволяет утверждать о целесообразности замены традиционного градиентного нагрева осадков сточных вод обработкой микроволновым излучением.

Литература

- 1 Казанцева Л.К., Тагаева Т.О. Ecology and safety of public health in Russian Federation // Ecology & Safety. Journal of International Scientific Publications. 2013. №7. С. 13-36.
- 2 Рекомендации по утилизации илов городских очистных сооружений / Ф.И. Хакимов [и др.]. М.: Госкомэкологии России, 1999. 54 с.
- 3 Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 3. Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой. 2003. 1024 с.
- 4 Yu Qiang, Hengyi Lei, Zhong Li. Physical and chemical properties of waste-activated sludge after microwave treatment // Water Research. 2010. №44. P.2841-2849.
- 5 Wojciechowska E. Application of microwaves for sewage sludge conditioning // Water research. 2005. №39. P.4749-4754.
- 6 Qi Ying, Khagendra B. Thapa¹, Andrew F.A. Hoadley Application of filtration aids for improving sludge dewatering properties // Chemical Engineering Journal. 2011. №171. P.373-384.
- 7 Капустин В.И. Новая безреагентная технология для очистки питьевой воды и осадков сточных вод // Состояние и охрана окружающей среды в Калуге. 2008. С. 29-31.

8 Kuglarz M., Karakashev D., Angelidaki I. Microwave and thermal pretreatment as methods for increasing the biogas potential of secondary sludge from municipal wastewater treatment plants [Text] // Bioresource Technology. 2013. №134. P. 290-297.

Модели и методы информационного управления экологической безопасностью арктических коммуникаций

Маслобоев А. В. (*г. Анапиты, Институт информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН, лаборатория информационных технологий управления региональным развитием*)

Аннотация. В докладе представлены результаты исследований в области создания и использования информационных моделей и методов сетецентрического управления региональной безопасностью в Арктической зоне России. В качестве сферы приложения разработок рассматривается информационное обеспечение экологической безопасности арктических коммуникаций на примере Северного морского пути.

Abstract. The paper represents research results in the field of development and application of information models and methods for network-centric control of regional security in the Arctic zone of Russia. As an application area for findings of investigation the environmental safety information support of arctic communications by the example of Northern Sea Route is considered.

Ключевые слова: информационное управление, экологическая безопасность, Северный морской путь, арктический регион, моделирование, агентные технологии.

Key words: information control, environmental safety, Northern Sea Route, Arctic region, simulation, agent-based technologies.

В условиях активного геостратегического переустройства мира и борьбы мировых центров силы за контроль над ресурсами (территориальными, природными, кадровыми, информационными и т. д.) проблемы становления новой системы обеспечения региональной безопасности в Арктической зоне Российской Федерации (АЗ РФ) не теряют своей остроты и актуальности.

Безопасное развитие арктических регионов в значительной степени зависит от безопасности функционирования Северного морского пути (СМП) – транспортной артерии, связывающей западное и восточное полушария Земли. Использование СМП для морских перевозок, по сравнению с альтернативным маршрутом (Суэцким каналом), проходящим через южные регионы, имеет ряд преимуществ: сокращение времени доставки грузов, снижении издержек на зарплату экипажам судов и их фрахта, экономия топлива, отсутствие пиратских нападений, но сдерживается из-за суровых природно-климатических условий и высоких рисков возникновения

чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Для ряда арктических регионов СМП является единственным средством жизнеобеспечения и напрямую влияет на их продовольственную безопасность. В связи с этим, обеспечение экологической и транспортной безопасности арктических коммуникаций является актуальной задачей.

Решение данной задачи затрудняется необходимостью оперативной обработки и анализа больших объемов разноплановой информации о влиянии разнородных факторов на состояние функционирования СМП для координации деятельности различных ведомств в этом районе. Комплексный информационный мониторинг гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки на акваториях СМП позволит обеспечить поддержку принятия стратегических и оперативных решений по управлению безопасностью арктических коммуникаций в условиях возникновения разнородных чрезвычайных и кризисных ситуаций природного и техногенного характера.

Для решения этой задачи на территории регионов АЗ РФ будут созданы десять комплексных аварийно-спасательных центров МЧС России с целью обеспечения экологической безопасности СМП при транспортной и хозяйственной деятельности. Пять из этих центров уже введены в эксплуатацию, в том числе один из них в Мурманской области.

В ходе исследований разработаны модели, методы и основанные на них программные средства, обеспечивающие повышение эффективности деятельности субъектов управления региональной безопасностью в АЗ РФ. Эффект достигается за счет реализации комплексной информационно-аналитической поддержки и координации процессов принятия решений на всех уровнях управления региональной безопасностью. В результате обеспечивается возможность сетецентрического (децентрализованного) информационного управления региональной безопасностью в АЗ РФ.

Одним из направлений практического использования предлагаемых разработок является информационное сопровождение функционирования региональных аварийно-спасательных центров в арктических регионах и координация процессов принятия управленческих решений в сфере обеспечения экологической безопасности СМП.

Так, в качестве тестовой задачи рассматривалась наиболее типичная для СМП ситуация, связанная с аварийными разливами нефтепродуктов на его

акватории. Эта ситуация относится к категории техногенных, быстропротекающих чрезвычайных ситуаций и требует оперативного согласованного принятия управленческих решений по формированию планов соответствующих антикризисных мероприятий и их реализации. Для решения подобной задачи нашли применение разработанные в ходе исследований метод координации сетецентрического управления региональной безопасностью [1], основанный на многоуровневой иерархической рекуррентной модели [2], а также метод формирования мультиагентных (виртуальных) моделей организационных структур управления безопасностью [3].

На основе этих разработок моделировался процесс координации принятия решений по ликвидации рассматриваемой кризисной ситуации. Двухуровневая система сетецентрического управления экологической безопасностью СМП представлена сетью компьютеров, выполняющих функции управляющих центров. Система развернута на локальной сети со скоростью передачи данных 100 Мбит/с., состоящей из четырех рабочих станций (Pentium Dual Core 1,8 GHz, 2 Gb RAM; Pentium Core i5 3,1 GHz, 4 Gb RAM; Pentium Core i7 3,6 GHz, 8 Gb RAM; Pentium Dual Core 2,5 GHz, 4 Gb RAM). На каждом компьютере инсталлированы компоненты распределенной агентной платформы и запущены программные агенты, имитирующие работу профильных ведомств, участвующих в процессах локализации чрезвычайных ситуаций рассматриваемого типа. К основным субъектам управления безопасностью, которые представлены программными агентами в виртуальной среде, в данном случае относятся: Бассейновое аварийно-спасательное управление Министерства транспорта РФ, Аварийно-спасательные центры и подразделения МЧС РФ, Управление аварийно-спасательной службы Северного флота Министерства обороны РФ, Гидромет Министерства природных ресурсов и экологии РФ, администрации морских портов арктических регионов, Погранвойска ФСБ РФ и другие. Агенты используются для определения входных параметров моделирования и формирования оперативного контекста анализируемой ситуации. В качестве входных параметров рассматривались время суток, метеоданные (температура воздуха, давление, направление и скорость ветра), тип нефтепродуктов, координаты места разлива, масса разлива, тип судна, наличие возгорания и пострадавших.

Модель реализована с использованием агентной платформы JADE [4] и программного имитатора Netlogo [5], образующих в совокупности среду распределенного агентного моделирования. Для тестовой задачи сгенерированы 15 программных агентов, функционирующих в рамках двухуровневой системы управления безопасностью СМП: 6 из них являются управляющими агентами верхнего уровня (координаторы), остальные агенты представлены подчиненными подразделениями на нижнем уровне. На основе применения метода синтеза виртуальных организационных структур сформировано четыре альтернативных варианта территориальных комиссий по координации управления ликвидацией рассматриваемой чрезвычайной ситуации с учетом оперативного контекста ситуации. Для расчета оптимального количества сил и средств для ликвидации симулированной на модели чрезвычайной ситуации использованы динамические модели, предложенные в работе [6].

Эксперимент показал, что общее время на принятие решений в моделируемой ситуации, включая время на получение информации системой от диспетчера или ЛППР о типе ситуации, время на генерацию оперативного контекста ситуации, время на поиск (доопределение) неизвестных параметров ситуации, а также время на согласование совместных действий и конфигурацию организационных структур управления безопасностью в рамках переговорного процесса между агентами, составило 17,6259 сек. Обычно принятие решений в подобной ситуации требует значительных временных затрат, связанных с формированием территориальных координационных комиссий, ведением переговоров, как минимум, между диспетчерами трех профильных ведомств, согласованием сферы ответственности. В лучшем случае время от поступления сигнала о возникновении чрезвычайной или кризисной ситуации на акватории СМП, до принятия решения, в частности, для рассмотренного примера с аварийным разливом нефтепродуктов, занимает до 4 часов.

Это время можно в значительной мере уменьшить в режиме децентрализованного управления безопасностью СМП, который является естественным для функционирования данного объекта управления, поскольку единой системы организационной управления безопасностью СМП в настоящее время не существует (организационно разнородные ведомства не подчиняются друг другу, преследуют собственные цели и, как следствие, плохо координируются). Эффект достигается за счет использования

разработанной многоуровневой иерархической рекуррентной модели [2] для согласования локальных решений сетцентрического управления безопасностью СМП и агентных технологий [4]. При таком подходе обеспечивается сокращение времени на принятие решений по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, характерных для СМП, на 30-40%.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-07-04290-а).

Литература

1. Маслобоев А.В., Путилов В.А., Сютин А.В. Координация в многоуровневых сетцентрических системах управления региональной безопасностью: подход и формальная модель // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. № 1(95). С. 130-138.
2. Маслобоев А.В., Путилов В.А., Сютин А.В. Многоуровневая рекуррентная модель иерархического управления комплексной безопасностью региона // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 6(94). С. 163-170.
3. Маслобоев А.В. Метод автоматизированного синтеза виртуальных организационных структур для задач управления региональной безопасностью // Программные продукты и системы. 2013. № 4(104). С. 141-149.
4. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems. Second Edition. John Wiley & Sons, 2009. 484 p.
5. Wilensky U., Rand W. An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo. Cambridge, MA: MIT Press. 2015. 504 p.
6. Ямалов И.У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 288 с.

Выделение внеклеточных полимерных веществ из биомассы избыточного активного ила

Мошняцкая Е. Ю., Васильева Ж. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра экологии и защиты окружающей среды, e-mail: zhenyasha-1@mail.ru)

Abstract. This article presents the results of the research of technology for isolation of extracellular polymeric substances from activated sludge biomass. Shows the assessment of the effectiveness of wastewater treatment fish processing plant extracted extracellular polymeric substances.

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследования технологий выделения внеклеточных полимерных веществ из биомассы избыточного активного ила. Приведена оценка эффективности очистки сточных вод рыбоперерабатывающего предприятия выделенными биофлокулянтами.

Ключевые слова: активный ил, биофлокулянты, внеклеточные полимерные вещества, сточные воды.

Key words: activated sludge, bioflocclulants, extracellular polymeric substances, wastewater.

Активный ил – искусственно выращиваемый биоценоз при аэрации антропогенно загрязненных вод, населенный гелепродуцирующими бактериями гетеротрофами, хемотрофами, простейшими и многоклеточными животными, которые трансформируют загрязняющие вещества и очищают сточные воды в результате биосорбции, биохимического окисления, выедания бактерий и простейших [1].

Пространство между микроорганизмами активного ила формируют молекулы внеклеточных полимерных веществ (ВПВ), заключая их в трехмерную матрицу. Способностью к гелеобразованию обладают ВПВ с различной матричной структурой.

Обычно ВПВ образуют высокогидратизированную слизистую матрицу, которая представляет собой губчатоподобный белково- полисахаридный гель с содержанием воды до 98%. Важнейшими компонентами матрицы являются полисахариды, липополисахариды, белки и нуклеиновые кислоты. Преобладают преимущественно заряженные или нейтральные полисахариды и белки при значительном содержании нуклеиновых кислот, липидов и других макромолекул [2].

Внеклеточные полимерные вещества функционально являются флокулирующими агентами, способствующими агломерации свободных дисперсных и коллоидных частиц в хорошо осаждающиеся комплексы. Вследствие этого, биополимеры (белково-полисахаридный гель), выделяемые в среду микроорганизмами активного ила, могут быть использованы для очистки сточных вод [3]. Рядом исследований установлено [4], что увеличению количества выделяемых биологических полимерных веществ из микроорганизмов может способствовать обработка избыточного активного ила ультразвуком.

Внеклеточные биополимеры, экстрагируемые из микроорганизмов избыточного активного ила, способны с минимальными затратами обеспечить существенное снижение концентраций загрязнений, содержащихся в сточной воде [5, 6, 7]. Кроме этого, извлеченные биополимеры являются не токсичным и экологически безопасным продуктом, в отличие от синтетических флокулянтов, которые способствуют вторичному загрязнению очищаемой воды и образующегося в процессе очистки осадка нерастворимыми гидроксидами токсичных металлов и остатками синтетических, полимерных производных.

Известно, что в настоящее время разработано немало методов экстракции внеклеточных полимерных веществ как в России, так и за рубежом. В таблице 1 [2] представлены наиболее известные методы выделения внеклеточных полимерных веществ.

Таблица 1 – Методы экстракции внеклеточных полимерных веществ

Источник ВПВ	Метод экстракции	Продукты экстракции
1	2	3
Активный ил	Центрифугирование, осаждение этанолом	Белки, РНК, углеводы, ДНК
Активный ил	Щелочная экстракция, осаждение этанолом	Углеводы, ДНК
Активный ил	Ионообменная смола, NaOH, термическая обработка	Белки, урсонные кислоты, углеводы, гуминовая кислота

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

Источник ВПВ	Метод экстракции	Продукты экстракции
1	2	3
Активный ил, биопленка	ЭДТА, ионообменная смола, краун-эфир	Белки, уроновые кислоты, углеводы
Активный ил	Термическая обработка, ионообменная смола, NaOH, ультразвук, гомогенизация	Белки, углеводы
Активный ил	Обработка ультразвуком	Белки, углеводы, ДНК
Активный ил	Термическая обработка	Белки, углеводы, липиды
Анаэробный ил, активный ил	Термическая обработка, осаждение ацетоном/этанолом	Белки, углеводы
Активный ил, <i>Klebsiella aerogenes</i>	высокоскоростное центрифугирование, ультразвук, обработка паром, NaOH, ЭДТА	Белки, ДНК, уроновые
Анаэробный ил	Ионообменная смола, термическая обработка NaOH, фенол, осаждение этанолом	Белки, углеводы
Активный ил	Высокоскоростное центрифугирование, термическая обработка со щелочью или кислотой, купажирование, калия дифосфат	Этанол-нерастворимый материал
Активный ил	Центрифугирование, экстракция глутаральдегидом	Белки, углеводы
<i>Escherichia coli</i>	Щелочная экстракция, осаждение этанолом	Белки, углеводы, РНК, ДНК

Количество и качество экстрагированных ВПВ зависят от силы взаимодействия между внеклеточными биополимерами и поверхностью клеток. Чтобы избежать лизиса клеток, а также влияния внутриклеточных компонентов на ход экстракции необходимо подбирать наиболее оптимальные сочетания процедур для достижения эффективной экстракции при наименьшем повреждении клеток и достижения большего выхода биополимеров.

Был проведен патентный и литературный поиск технологий по извлечению внеклеточных полимерных веществ из биомассы избыточного активного ила. Из перечисленных технологий (таблица 1) был выделен ряд наиболее оптимальных методов извлечения биофлокулянтов из биомассы избыточного активного ила, основанных на методах экстракции и осаждения.

На базе кафедры экологии и защиты окружающей среды была проведена работа по апробации актуальных технологий извлечения биофлокулянтов с целью выделения наиболее оптимальных методов, которая привела к необходимости их модификации в целях улучшения эффекта реагентной очистки сточных вод, обрабатываемых биополимерными реагентами.

В результате проведенных исследований выявлены наиболее оптимальные технологии извлечения ВПВ (рисунок 1).

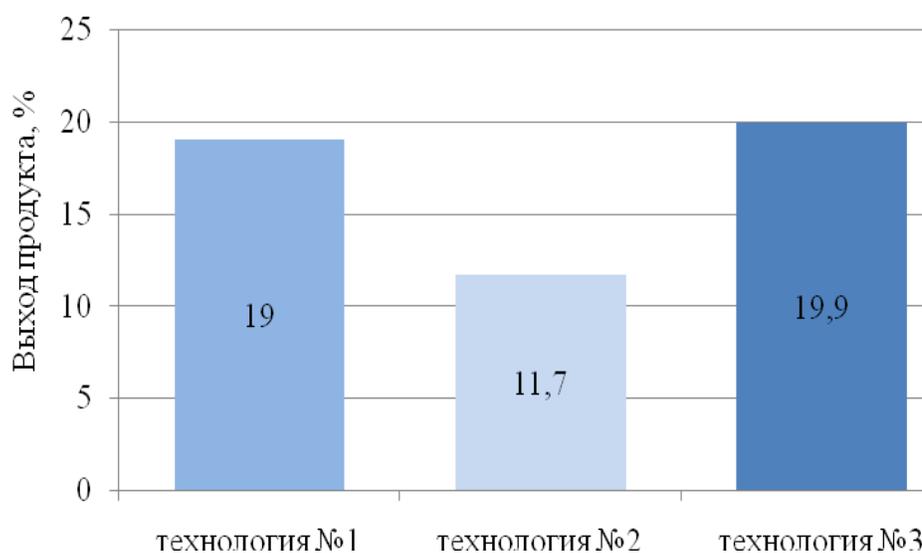


Рисунок 1 – Выход биополимеров (в пересчете на сухое вещество), извлеченных из биомассы активного ила по трем технологиям

Установлены технологические режимы и условия извлечения биополимеров, разработаны технологические схемы, произведена оценка эффективности реагентной очистки сточных вод с помощью выделенных биофлокулянтов из биомассы активного ила (рисунок 2).

Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»

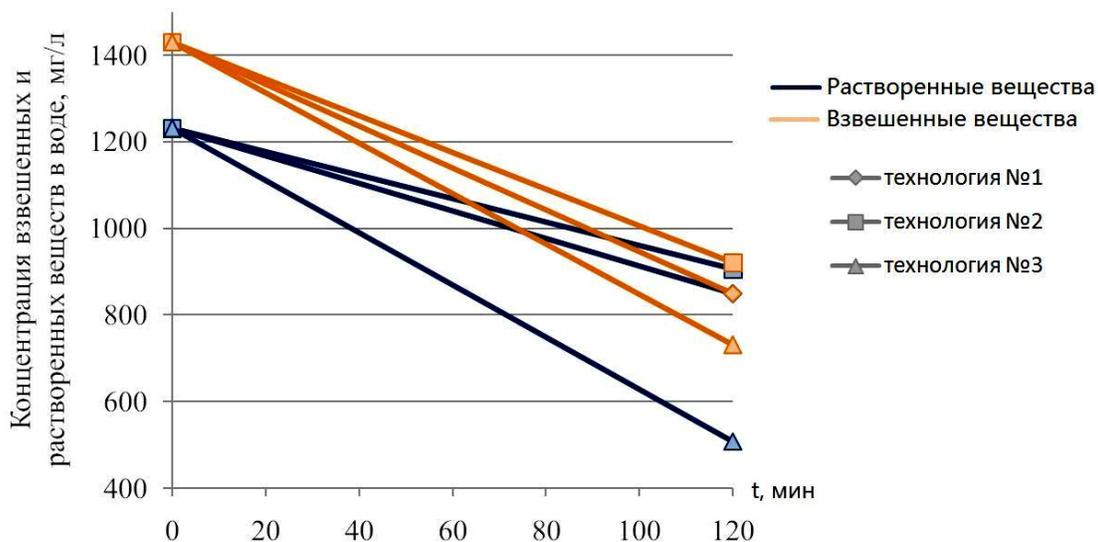


Рисунок 2 – Эффективность очистки сточных вод выделенными биофлокулянтами

На рисунке 2 отмечается заметное снижение содержания взвешенных и растворенных веществ в сточной воде по трем рассматриваемым технологиям.

В условиях ужесточения экологических требований к качеству очищаемой воды актуальным является дальнейший поиск и разработка перспективных технологий выделения ВПВ, изучение их дополнительных параметров и характеристик, использование в качестве биореагентов для очистки сточных вод, а также расширение областей применения извлеченных биофлокулянтов.

Литература

1. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М. : Акварос, 2003. – 512 с.
2. Агрегация микроорганизмов: флокулы, биопленки, микробные гранулы [Текст] / А.С. Сироткин [и др.]. – Казань : АН РТ, 2007. – 160 с.
3. Безотходная технология в промышленности / Б.Н. Ласкорин, Б.В. Громов, А.П. Цыганков и др. – М. : 1986. – 160 с.
4. Заявка 2013126761 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/52. Способ физико-химической очистки сточных вод [Текст] / Васильева Ж.В., Барашева Ю.М., Углова Н.В. ; заявитель и патентообладатель Мурман. госуд. техн. ун-т. – №2013126761/05 ; заявл. 05.06.2013.

5. Ксенофонтов, Б. С. Интенсификация очистки сточных вод химических производств с использованием биофлокулянтов [Текст] / Б. С. Ксенофонтов // Безопасность жизнедеятельности. – 2009 . – № 10. – С. 18-20.
6. Перов, С.Н., Корнеева, О.С. Использование флокулянтов в очистке сточных вод [Текст] / С.Н. Перов, О.С. Корнеева // Экологические системы и приборы. – 2007. – №4. – С. 39-41.
7. Перов, С.Н., Корнеева, О.С. Очистка сточных вод мясокомбинатов с применением биофлокулянта [Текст] / С.Н. Перов, О.С. Корнеева // Мясная индустрия. – 2005. – №9. – С. 36-38.

Приоритетные патенты в области биосенсорного мониторинга

Поливцева Е. И., Гудимов А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,
кафедра экологии и защиты окружающей среды, e-mail: jenua_nd@mail.ru)

Аннотация. Современные методы оценки экологического качества природной среды основаны на биомониторинге и биоиндикации. Возможности для оперативного биологического мониторинга и биоиндикации появились недавно в связи с развитием методов и приборов непрерывной регистрации активности водных животных.

Abstract. Modern methods of assessing the environmental quality of the environment based on biomonitoring and bioindication. Opportunities for operational monitoring of biological and bioindication appeared recently in connection with the development of methods and instruments for continuous recording of the activity of aquatic animals.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, он-лайн биомониторинг, поведенческие реакции, биосенсор, биоиндикация, водные экосистемы.

Key words: bivalves, on-line biomonitoring, behavioral responses, biosensor, bioindication, aquatic ecosystems.

Обеспечение оперативного контроля экологической безопасности хозяйственной деятельности становится современным подходом к биомониторингу водных объектов. Система контроля экологической безопасности водных объектов должна быть настроена на выявление опасных изменений в среде в масштабе реального времени.

Известные лабораторные индикаторы не подходят для целей оперативного биологического контроля. Их запаздывание по отношению к загрязнению обусловлено как временем, затрачиваемым на отбор проб, так и отставанием этих показателей от изменения ситуации.

Возможности для оперативного биологического мониторинга и биоиндикации появились недавно в связи с развитием методов и приборов непрерывной регистрации активности водных животных. Данный метод интенсивно развивается во многих странах.

Непрерывная регистрация уровня активности животных в природных условиях открывает новые возможности для экологического биомониторинга [1].

В 1985 году В.В. Емельяненко и А.Н. Крайнюкова получили патент по «Способу биологической оценки токсичности вод». Двустворчатого моллюска

размещают в резервуаре, через который пропускают контролируемую воду и проводят регистрацию реакции закрывания моллюсками створок. С целью повышения чувствительности способа и расширения диапазона оценки токсичности воды, периодически моллюсков подвергают воздействию электрического поля постоянного тока [2]. В этом же году А.А. Карпенко и А.Н. Тюрин получили патент на «Устройство для исследования двигательной активности биологических объектов». Данное устройство содержало генератор, соединенный с мостом переменного тока, масштабный усилитель и регистратор, отличающийся тем, что, с целью повышения точности исследования, оно было снабжено дифференциальным усилителем и двумя трансформаторами. Параллельно с двигательной активностью устройство может регистрировать такие параметры среды, как соленость, температуру, освещенность (при использовании соответствующих датчиков – датчика солености, температуры, освещенности и др.) [3].

В 1986 г. А.В. Рязановым, А.Н. Крайнюковой и А.Г. Васенко был получен патент «Устройство для биологической оценки токсичности воды». С целью автоматизации процесса оценки токсичности воды и ее достоверности, прибор, регистрирующий движение створок моллюсков, включал последовательно соединенный источник напряжения, сигнальное реле и резисторы, число которых равно количеству моллюсков [4].

Позднее, в 2005 году С.В. Холодкевич запатентовал «Датчик физиологической активности беспозвоночных животных с жестким наружным покровом и система биологического мониторинга окружающей среды на его основе». Данный датчик относится к средствам экологического мониторинга водной среды. Датчик содержит корпус с элементами установки на теле тестируемого беспозвоночного, источник оптического излучения, приемник оптического излучения, передающее и приемное оптические волокна. Система содержит компьютер и один формирователь цифрового сигнала физиологической активности [5].

На основе исследований 1986-2005 гг. А.В. Гудимов представил в патенте 2007 года «Способ биологического мониторинга на основе биоиндикации», в основе которого лежит регистрация функциональных параметров организмов, в частности, двустворчатых моллюсков-биосенсоров

состояния водной среды [6]. В 2009 году А.В. Гудимов получил патент на «Способ оперативной биоиндикации». Данный способ предусматривает проведение он-лайн биомониторинга путем непрерывной регистрации поведенческих и физиологических реакций водных организмов в природных условиях с помощью различных датчиков (сенсоров), измерительных приборов, соединенных с компьютером и сигнальным устройством [7]. В 2010 году А.В. Гудимов запатентовал «Систему оперативного биологического мониторинга и индикации». Способ оперативного (он-лайн) биологического мониторинга и индикации состоит из измерительно – регистрирующего, аналитического и сигнального блоков. Параметры функциональных характеристик организмов – индикаторов вычисляют по сигналам средств измерений, поступающих в аналитический блок, включающий компьютер с программным обеспечением, содержащим базу данных параметров состояния функциональных характеристик различных организмов – индикаторов в норме [8]. В 2011 году А.В. Гудимов получил патент на «Приборный комплекс для регистрации и измерения двигательной активности двустворчатых моллюсков». Приборный комплекс включает измерительные приборы, соединенные с компьютером. При этом в комплексе, состоящим из одного или более датчиков, усилителя, аналого – цифрового преобразователя и компьютера каждый датчик представляет собой тензорезистор, закрепленный на горизонтальном основании внутри защитного корпуса [9].

Биосенсорный мониторинг на основе поведенческих реакций водных животных впервые создает технологические возможности для оперативной оценки качества воды, как в лабораторных, так и полевых условиях, но, несмотря на наличие современных технических устройств, этот метод развивается в России еще крайне медленно.

Литература

1. Гудимов А.В. Оперативный биологический мониторинг – современный подход к контролю экологической безопасности // Нефть и газ арктического шельфа – 2008: Материалы международной конференции. Мурманск, 12 – 14 ноября. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2008. 356 с.
2. Авторское свидетельство № 36259043/28-13 СССР, Способ биологической оценки токсичности воды [Текст] / Емельяненко В.В, Крайнюкова А.Н.;

патентообладатель Всесоюзный научно – исследовательский институт по охране вод.; заявл. 13.07.1983.; опубл. 15.10.1986 г.

3. Авторское свидетельство № 2950567/28-13 СССР, Устройство для исследования двигательной активности биологических объектов [Текст] / Карпенко А.А, Тюрин А.Н.; патентообладатель Институт биологии моря Дальневосточного научного центра АН СССР.; заявл. 03.07.1980.; опубл. 23.05.1985 г.

4. Авторское свидетельство № 2929006/28-13 СССР, Устройство для биологической оценки токсичности вод [Текст] / Рязанов А.В, Крайнюкова А.Н., Васенко А.Г.; патентообладатель Всесоюзный научно – исследовательский институт по охране вод.; заявл. 02.04.1980.; опубл. 07.11.1986 г.

5. Патент на полезную модель № 52190 Российская Федерация, Датчик физиологической активности беспозвоночных с жестким наружным покровом, и система биологического мониторинга окружающей среды на его основе [текст] / Холодкевич С. В., Говердовская Л. Г.; заявл. от 03.10.2005 г.

6. Патент № 2357243 Российская Федерация, Способ биологического мониторинга на основе биоиндикации [Текст] / Гудимов А.В.; патентообладатель Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН.; заявл. 19.10.2007; опубл. 27.05.2009 г.

7. Патент № 2395082 Российская Федерация, Способ оперативной биоиндикации [текст] / Гудимов А. В.; патентообладатель Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук.; заявл. 03.04.2009.; опубл. 20.07.2010 г.

8. Патент № 2437093 Российская Федерация, Система оперативного биологического мониторинга и индикации [Текст] / Гудимов А.В.; патентообладатель Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН; заявл. 11.05.2010.; опубл. 20.12.2011 г.

9. Патент № 2452949 Российская Федерация, Приборный комплекс для непрерывной регистрации и измерения двигательной активности двусторчатых моллюсков [Текст] / Гудимов А.В., Бурдыгин А.И., Нестеров В.П., Митрофанов В.Ф.; патентообладатель Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук.; заявл. 31.01.2011.; опубл. 10.06.2012 г.

Применение гидрботанического способа доочистки сточных вод в северных условиях

Трышкин М. В., Третьякова С. Ю. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра экологии и защиты окружающей среды)

Аннотация. Исследован гидрботанический способ доочистки сточных вод ООО "Птицефабрика Мурманская". Экспериментально определено время контакта сточных вод с высшей растительностью, количество кочек осоки необходимых для снижения загрязнений. По данным полученным в экспериментах рассчитана площадь сооружения необходимая для доочистки стоков птицефабрики.

Abstract. The hydrobotanical way of tertiary treatment sewage Ltd. "Poultry Farm Murmansk." The experimentally determined contact time of wastewater with the highest vegetation, sedge tussocks amount required to reduce pollution. According to the obtained in experiments designed building area required for purification of waste poultry farm.

Ключевые слова: доочистка, сточные воды, биоплато, высшая водная растительность.

Key words: tertiary treatment, wastewater, wetland, lagoon native macrophytes.

Защита водоемов от загрязнений и сохранение водных ресурсов является одной из основных проблем во многих странах. Традиционные системы очистки сточных вод (СВ) требуют высоких затрат энергии и высококвалифицированного труда.

Давно известны способы естественной очистки с использованием высшей водной растительности. Их достоинство заключается в относительной дешевизне строительства и эксплуатации, а также в высоком качестве очищенной воды, но также у них есть и несколько недостатков – это более низкая, чем в искусственных сооружениях, интенсивность окислительных процессов, а так же некоторые ограничения при эксплуатации в условиях с холодным климатом.

В данной статье приводятся результаты экспериментов по доочистке стоков птицефабрики и расчет параметров сооружения доочистки.

Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время предпочтение в мировой практике очистки (доочистки) стоков отдается наиболее дешевым и эффективным технологиям, основанных на природных механизмах самоочищения.

Стоки предприятий некоторых отраслей, населенных пунктов имеют в

своем составе значительные концентрации органических веществ. Соединения азота и фосфора, присутствующие в СВ, являются биогенными элементами – они доступны для усвоения высшей водной растительностью. На этой способности основаны гидрботанические сооружения и проектируются как последняя ступень очистки. Для процесса доочистки используют специально проектируемые биоинженерные сооружения (БИС).

Основным очищающим компонентом в БИС являются специально выращиваемые высшие водные растения (ВВР), которые в процессе фотосинтеза поглощают азот- и фосфорсодержащие вещества. Кроме того, ВВР обогащают воду кислородом, способствуют оседанию взвешенных частиц, накапливают в биомассе тяжелые металлы, преобразуют некоторые токсичные вещества в нетоксичные. В результате в очищенной воде снижается концентрация нежелательных химических элементов, что позволяет обеспечить высокую (порядка 85...99 %) степень доочистки производственных сточных вод до нормативных требований.

Выбор применяемых в БИС растений определяется особенностями климатических условий, свойствами растений, и их способностью к накоплению биогенных веществ в биомассе.

Гидрботанические технологии очистки применяются в основном в регионах с теплым климатом. Результаты использования данной технологии в условиях севера практически отсутствуют.

Авторами (*Третьякова, Завалко, 2004*) было установлено, что из северных видов ВВР лучше всего цели снижения биогенных элементов в сточных водах соответствуют осоковые растения (например, осока водная *Carex sp.*). [1] С целью определения оптимального уровня и времени задержания доочищаемых СВ в сооружении, был поставлен ряд экспериментов на лабораторном сооружении с высаженной водной осокой, в ходе которых изучались динамика роста и степень накопления общего азота и фосфора в биомассе растений, а также зависимость степени очистки СВ от лимитирующих факторов. Результаты экспериментов на СВ показали, что водная осока проявляет способность достаточно легко адаптироваться к стокам, обладает высокой скоростью роста биомассы и значительным уровнем накопления азота и фосфора в сухой массе растений.

На рисунках 1а, 1б представлены качественные составы вод, направляемых на доочистку в эксперименте и после нее соответственно.

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

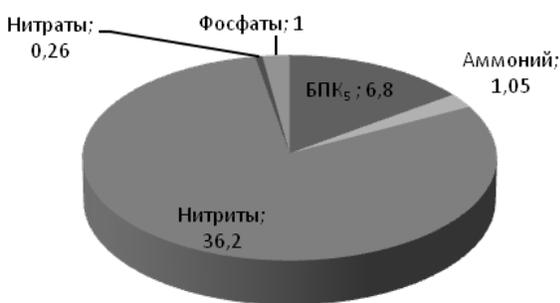


Рисунок 1а – Состав СВ направляемых на доочистку, мг/л

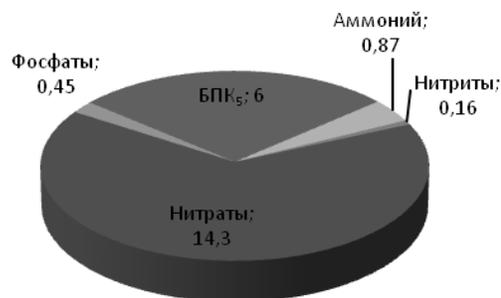


Рисунок 1б – Состав СВ после очистки, мг/л

В процессе эксперимента было определено время контакта сточных вод с водной растительностью, которое составило 3 суток. Было определено изменение содержания азота в биомассе осоки за время эксперимента, как разность конечного и начального содержания азота в биомассе: $0,131 - 0,091 = 0,04$ г.

Рассчитаем массу общего азота изъятую из СВ за время эксперимента по формуле

$$M_{N_{\text{общ}}} = C_{N_{\text{общ}}} \cdot V, \text{ г (1)}$$

где $C_{N_{\text{общ}}}$ – разность начальной и конечной концентрации общего азота в СВ, мг/л;

V – объем сточных вод направляемых на очистку, м³.

$$M_{N_{\text{общ}}} = (9,073 - 3,956) \cdot 0,026 = 0,133 \text{ г.}$$

Зная среднесуточный расход сточных вод птицефабрики и концентрацию общего азота на входе в сооружение и конечную, которой можно добиться в данных сооружениях, можно рассчитать количество азота изымаемого из сточных вод по формуле

$$M_{N_{\text{общ}}} = C_{N_{\text{общ}}} \cdot V_{\text{сут}} \cdot 365 \cdot 10^{-6}, \text{ т (2)}$$

где $C_{N_{\text{общ}}}$ – разность концентраций общего азота, г/м³;

$V_{\text{сут}}$ – суточный объем сточных вод, м³/сут.

$$M_{N_{\text{общ}}} = (9,073 - 3,956) \cdot 973,3 \cdot 365 \cdot 10^{-6} = 1,818 \text{ т.}$$

Их расчетов видно, что данная система за год эксплуатации может извлечь из сточных вод поступающих на очистку 1,818 тонн азота.

Зная экспериментально определенное необходимое время контакта

стоков с водной растительностью можно рассчитать размеры гидробиотанического сооружения.

Площадь сооружения зависит от концентрации загрязняющих веществ, оставшихся в поверхностном или дренажном стоке, и определяется по формуле, предложенном В.Г. Магомедовым [2]

$$S = Q \cdot T_{\text{к.опт.}} / H, \text{ м}^2 \quad (3)$$

где S – площадь биоплато, м;

H – высота столба воды в сооружении, м;

Q – расход воды, поступающей на доочистку, м³/сут;

T_{к.опт.} – оптимальное время контакта потока с ВВР, при котором достигается требуемое снижение концентрации загрязняющих веществ, сут.

Оптимальное время контакта потока с ВВР, при котором достигается требуемое снижение концентрации загрязняющих веществ определено экспериментальным путем и составляет 3 суток.

Глубину сооружения для условий эксплуатации в условиях холодного климата примем равной 1 м. В качестве фильтрующего материала могут использоваться гравий, щебень, песок, песчано-суглинистые грунты с коэффициентом фильтрации не менее 0,1 м/сут. Толщина илистого слоя, укладываемого на фильтрующее основание, должна быть не менее 0,1 м для распределения в ней корней растений. Трубчатый дренаж должен укладываться в грунт основания биоплато так, чтобы верх обратного фильтра дренажной засыпки был на одном уровне с поверхностью основания.

Площадь сооружения по формуле (3) составит

$$S = \frac{973,3 \cdot 3}{1} = 2919,9 \text{ м}^2 = 0,29 \text{ га.}$$

Данные сооружения рекомендуется проектировать с несколькими секциями. Поэтому примем три секции в данном сооружении. Значит площадь зеркала одной секции пруда будет 973 м². Размеры каждой секции пруда будут составлять 11×89 м.

Рассчитаем количество кочек осоки, которое может поместиться на биоплато.

Согласно пособию к ВНТП 01-98 «Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков», плотность посадки кочек осоки составляет 6 штук на 1 м² [2].

Тогда на биоплато с площадью 2919,9 м² можно расположить 17520 штук кочек осоки.

Заключение

В процессе эксперимента были получены результаты, которые позволили произвести расчет параметров гидрботанического сооружения для реального предприятия.

Литература

1. Третьякова, С.Ю. Исследование эффективности процесса доочистки сточных вод гидрботаническим методом в условиях арктических широт / С. Ю. Третьякова, С. Е. Завалко // В сб.: Экология и жизнь –2010: Материалы XIX Международной науч.- практ. конф. (Пенза, 25-26 ноября 2010 г.). – Пенза: ПДЗ, 2010. – с. 40-42.
2. Пособие к ВНТП 01-98 «Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков», Москва 1998; Разработано Научно-исследовательским институтом по сельскохозяйственному использованию сточных вод (НИИССВ) «Прогресс» Министерства сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации.

Современные подходы к управлению качеством атмосферного воздуха в арктической зоне РФ

Хардикова Р. И. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», e-mail: hardikova@gov-murman.ru)

Аннотация. В статье приводится обоснование необходимости разработки системы сводных расчетов для адекватной оценки качества атмосферного воздуха города Мурманска.

Abstract. This text said about necessary development system of pivot calculating for adequate evaluation atmospheric air quality in Murmansk town.

Ключевые слова: сводные расчеты, компьютерный банк данных, предельно-допустимый выброс, природопользователь, фоновая концентрация, допустимый вклад (квота).

Key words: summary calculations, computer database, limits of emission, the polluter, the background concentration, the allowable contribution (quota).

Проблемы экологической безопасности и устойчивого развития российской части Арктики с каждым годом приобретают все большую остроту и актуальность.

Глобальному характеру экологических проблем арктических территорий уделено большое внимание в ряде основополагающих документов, наметивших цели, основные задачи, стратегические приоритеты и механизмы реализации государственной политики Российской Федерации в Арктике – концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу.

Арктическая зона РФ характеризуется такими особенностями, как наличие уникальных экосистем и низкая их устойчивость, которая легко нарушается в результате антропогенного воздействия и практически не восстанавливается.

В условиях чрезвычайно уязвимой арктической окружающей среды особую озабоченность вызывает усиливающаяся антропогенная нагрузка и факторы, обуславливающие потенциальность возникновения экологических и техногенных рисков:

– высокая степень износа значительной части производственной инфраструктуры и необходимость высоких затрат для осуществления

хозяйственной деятельности;

– наличие локальных территорий, где уровни загрязнения окружающей среды существенно превышают допустимые нормы (т.н. «экологические горячие точки»);

– большой объем накопленного экологического ущерба (свалки отходов, загрязненные территории, потенциально опасные объекты).

В Мурманской области сконцентрированы крупнейшие предприятия горнодобывающей промышленности и цветной металлургии России, деятельность которых оказала и оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду, и в частности на атмосферный воздух. Морской, торговый и рыбный порты, базы Северного флота также формируют очаги экологической напряженности различного масштаба.

Атмосферный воздух является самой важной жизнеобеспечивающей природной средой. Результаты экологических исследований, как в России, так и за рубежом, однозначно свидетельствуют о том, что загрязнение приземной атмосферы – самый мощный, постоянно действующий фактор воздействия на человека, пищевую цепь и окружающую среду. «Научная обоснованность, системность и комплексный подход к охране атмосферного воздуха и охране окружающей среды в целом» является одним из основных принципов государственного управления в России в области охраны атмосферного воздуха.

В настоящее время система управления качеством атмосферного воздуха осуществляется в основном на уровне отдельного природопользователя в ходе работ по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и установлению нормативов ПДВ. Так, все предприятия, организации, состоящие на учете в Управлении Росприроднадзора, имеющие стационарные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, обязаны разрабатывать нормативы ПДВ, которые служат ориентиром для оценки негативного воздействия на атмосферный воздух [1].

Также одним из важнейших механизмов государственного управления в области охраны атмосферного воздуха является регламентация воздействия природопользователей на качество атмосферного воздуха с помощью «Разрешения на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух» [2]. Обоснование разрешений на выброс может рассматриваться как

один из важнейших компонентов и одна из основных задач процедуры нормирования выбросов.

Вместе с тем, одним из основных недостатков такой системы является отсутствие полного учета взаимовлияния совокупности промышленных источников и автотранспорта в городах (регионах) на атмосферный воздух, что сдерживает развитие системы управления качеством воздушного бассейна на городском и региональном уровнях.

Исходя из положений Федерального закона «Об охране атмосферного воздуха» [3], для эффективного решения проблемы обеспечения чистоты воздушного бассейна необходим комплексный подход, предусматривающий проведение сводных расчетов загрязнения воздушного бассейна городов (регионов) выбросами промышленности и автотранспорта, разработку и создание систем контроля и управления качеством воздушного бассейна в масштабах района, города, области и т.д.[4].

Сводные расчеты – расчеты приземных концентраций загрязняющих веществ по данным об их выбросах, в которых используется информация о выбросах всех источников загрязнения атмосферы, расположенных на территории рассматриваемого города (региона). Наибольшее распространение получили сводные расчеты с использованием данных о выбросах загрязняющих веществ (ЗВ) от всех объектов (предприятий, автомагистралей и т.д.), расположенных на территории определенного города (региона) или промузла [5].

Сводные расчеты учитывают выбросы как промышленности, так и от автотранспорта. Если автотранспорт, находящийся на производственной территории подлежит учету в рамках проектов ПДВ, то для учета выбросов автотранспорта, движущегося по территории города, используются результаты натурных обследований структуры и интенсивности автотранспортных потоков с подразделением по основным группам автотранспортных средств. Также сводные расчеты загрязнения атмосферы могут быть использованы при решении целого ряда задач расчетного мониторинга.

Расчетный мониторинг представляет собой регулярные работы по определению пространственно-временных характеристик загрязнения атмосферы на основе расчетов по математическим моделям переноса и диффузии атмосферных примесей с использованием данных инвентаризации

параметров источников выбросов, а также климатических и метеорологических характеристик. Необходимость проведения расчетного мониторинга загрязнения воздушного бассейна обусловлена недостатками информации, получаемой при инструментальном мониторинге. Получаемая при инструментальном мониторинге информация неполна в части описания загрязнения атмосферы города всеми поступающими в нее вредными веществами. В первую очередь это касается специфических ЗВ, по которым отсутствуют инструментальные наблюдения, либо наблюдения нерегулярны или недавно начаты, в связи с чем, базирующиеся на них данные статистически не могут быть признаны однозначными. Инструментальным мониторингом в России определяется примерно 50 ЗВ (из общего числа порядка 450). Также, по данным инструментальных замеров, не всегда можно выделить отдельные вредные вещества из общей пробы со сходными химическими характеристиками. При расчетном мониторинге наблюдения можно вести по любому веществу, присутствующему в выбросах и имеющему ПДК [6].

Иначе говоря, по данным только инструментального мониторинга получение реальных фоновых концентраций по всей площади города (региона) и по всем выбрасываемым веществам не представляется возможным. Тем не менее, расчетный мониторинг не заменяет полностью, а существенно дополняет данные инструментального мониторинга, осуществляемого как в рамках Росгидромета, так и ведомственного.

К задачам расчетного мониторинга, в частности, относятся:

- поля концентраций всех загрязняющих веществ на любую дату (ретроспектива, перспектива, существующее положение);
- выявление зон с превышением ПДК;
- определение вклада объекта в уровень загрязнения атмосферы;
- ранжирование предприятий с точки зрения значимости их влияния на атмосферный воздух;
- определение зон влияния групп предприятий;
- подтверждение достаточности мер по снижению выбросов и их эффективности;
- прогнозирование особых, с точки зрения загрязнения атмосферы, ситуаций и их последствий;

– определение степени эффективности природоохранных мероприятий, предотвращение экологического ущерба.[6]

Также сводные расчеты могут использоваться в рамках определения для каждого предприятия города (региона) полей допустимых вкладов (квот) предприятий в формирование уровней приземных концентраций загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями, которые могут создаваться выбросами в атмосферу ИЗА каждого отдельного предприятия.[6]

Практическая значимость системы сводных расчетов заключается в том, что в связи с отсутствием данных о фактических выбросах от автотранспорта, и отсутствием учета фоновых концентраций по всему спектру загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, разработанные до настоящего времени нормативы ПДВ предприятий не отражают реальную картину выбросов в атмосферу.

Исходя из вышеизложенного, разработка системы сводных расчетов для города Мурманска крайне необходима. Имея в распоряжении эту систему, используя все ее возможности и проводя оценку тех или иных строительных решений и мероприятий, можно снизить площадь территорий, где наблюдаются превышения гигиенических нормативов и высокие риски здоровью населения.

Актуальность такого системного подхода обоснована тем, что, во-первых, Мурманская область принадлежит к Арктической зоне РФ, что обуславливает хрупкость компонентов ее окружающей среды по сравнению с другими регионами, а также тем, что город Мурманск является высокоразвитым промышленным узлом и соответственно на его экологическую ситуацию в целом и, в частности, на состояние воздушного бассейна, оказывается повышенное антропогенное воздействие.

Литература

1. Постановление Правительства РФ от 2 марта 2000г. № 183 “О нормативах выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него” (в редакции Постановления Правительства РФ от 14.04.2007 № 229).
2. Административный регламент Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по предоставлению государственной услуги по выдаче

разрешений на выброс вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух от 25.07.2011г.

3. Об охране атмосферного воздуха [Текст] : федер. закон : [принят Гос. Думой 04 мая 1999 г].

4. Методическое пособие по выполнению сводных расчетов загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий и автотранспорта города (региона) и их применению при нормировании выбросов [Текст] : утв. приказом Госкомэкологии России № 66 от 16 февраля 1999 года. – СПб.: НПК "Атмосфера", 1999. – 30 с.

5. Волокдаева, М.В. Использование результатов сводных расчетов при нормировании выбросов загрязняющих веществ в атмосферу // М.В. Волокдаева. – СПб., 2009.

6. Разработка проекта "Рекомендации по использованию сводных расчетов при нормировании выбросов загрязняющих веществ в атмосферу объектами города (населенного пункта) [Текст] : Отчет о НИР : ФГУП "НИИ Атмосфера"; рук. В.Б. Миляев; исполн.: Н.С. Буренин [и др.]. – М., 2008. – 70

О правовом регулировании защиты морской среды Арктики от нефтяных загрязнений

Харченко Э. Ю., Попова Е. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра административного права и таможенного дела, e-mail: elvihar@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы правового регулирования защиты морской среды Арктики от нефтяных загрязнений на примере реализации проекта «Совершенствование системы реагирования на аварийные разливы нефти и нефтепродуктов путем создания банка данных нефти».

Abstract. The article deals with problems of legal regulation to protect the Arctic marine environment from oil pollution on the example of the project "Improvement of the system to respond to spills of oil and oil products through the creation of a data bank of oil".

Ключевые слова: морская среда, нефтяные загрязнения, разливы нефти.

Key words: sea environment, oil contamination, oil spill.

В настоящее время на территории РФ одновременно транспортируются, хранятся и перерабатываются сотни миллионов тонн нефти и нефтепродуктов. Реализация действующего законодательства в данной области в силу ряда объективных и субъективных причин находится на недостаточном уровне, что в результате приводит к катастрофическим последствиям от разливов нефти и нефтепродуктов.

Ликвидация последствий подобных разливов растягивается на годы и требует огромных государственных затрат финансовых и материальных ресурсов, не говоря уже о социально-экономическом и экологическом ущербах. Сложившаяся ситуация усугубляется рядом факторов, характерных в настоящее время для всех потенциально опасных объектов в целом:

– стремительная урбанизация территорий и возрастание опасности и интенсивности общих угроз техногенного характера;

– усиление угрозы природного характера, включая нарастающую динамику изменения климата, которое в первую очередь скажется на зонах вечной мерзлоты, где находится наибольшая часть объектов добычи, переработки и транспортировки нефтепродуктов;

– постоянное увеличение степени физического износа и морального старения сооружений, систем, комплексов и средств, используемых в технологических и производственных процессах, а также систем, комплексов и средств активной и пассивной защиты опасных производственных объектов;

– все возрастающие угрозы совершения террористических актов.

В целом, назрела необходимость принятия и реализации комплекса соответствующих решений, направленных на совершенствование системы планирования и реализации мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обусловленных разливами нефти и нефтепродуктов, в рамках которой должны быть решены задачи совершенствования нормативно-правовой и методической базы, наращивания группировок сил и средств для ликвидации чрезвычайных ситуаций, обусловленных разливами нефти и нефтепродуктов, усиления надзора и контроля за выполнением организациями требований действующего законодательства в данной области, поскольку речь идет о реальной угрозе непоправимого вреда населению, территориям и в целом – национальной безопасности.

В Мурманской области система ликвидации аварийных разливов нефти уже сейчас характеризуется старением судов и специального оборудования, удаленностью базирования аварийных сил, отсутствием современных средств обнаружения, контроля, прогноза поведения аварийных разливов нефти, дефицитом средств для защиты и очистки побережья. В условиях растущих объемов перевозимой нефти и нефтепродуктов не только в акватории Кольского залива и Баренцева моря, но и по Северному морскому пути, риски аварий многократно увеличиваются. Кроме того, для указанного региона характерна низкая температура воды, и в этих условиях нефтяное загрязнение остается в воде длительное время.

В Мурманской области был реализован проект «Совершенствование системы реагирования на аварийные разливы нефти и нефтепродуктов путем создания банка данных нефти».

Проект был нацелен на формирование механизма оперативного взаимодействия международных сил реагирования при аварийных разливах российской нефти в акватории северных морей стран программного региона с учетом прогнозирования поведения нефти на основе лабораторных исследований.

Российскую Федерацию в проекте представляют организации из Мурманской области: ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Мурманской области» Росстандарта, Северный филиал ФГУП «Балтийское бассейновое аварийно-спасательное управление», ФГБУ «Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», ООО «Стурвик Консалт» и Министерство экономического развития; Норвегию – Норвежская береговая администрация, Тромс и Финнмарк; Финляндию – Университет Оулу/Центр северных природоохранных технологий и Финский экологический институт.

В основе этого проекта лежат лабораторные исследования: физико-химических свойств проб нефти разного типа при попадании в морскую воду; поведения нефтяного пятна в зависимости от метеоусловий; взаимодействия химических диспергентов с разными типами нефти.

Проект осуществлялся в рамках Соглашения, между Правительством Мурманской области и компанией «Статойл АСА» (Норвегия). Механизм взаимодействия таков: «Мурманское бассейновое аварийно-спасательное управление» (МБАСУ) МБАСУ сообщает о разливе нефти в ФБУ «Мурманский ЦСМ» (лабораторию). Она оперативно передает данные по характеристикам нефти в «Гидромет». Там вводят данные в компьютер, который даёт прогноз поведения нефтяного пятна с учетом метеоусловий. И уже тогда в МБАСУ принимается решение о наиболее эффективном способе ликвидации аварии. Будет ли это механический способ или, например, химический, с помощью диспергентов.

Таким образом, в Российской Федерации практически внедрена инновационная технология, которая позволит в случае аварийного разлива российской нефти при ее транспортировке вдоль северного побережья Европы и по Северному морскому пути в кратчайшие сроки спрогнозировать поведение нефтяного пятна, принять правильное и экономически обоснованное решение и выбрать оптимальный вариант реагирования.

Деятельность лаборатории постоянно приостанавливалась из-за многочисленных правовых пробелов российского законодательства в данной сфере.

Для проведения исследований надо отбирать по 20 литров нефти с

мурманских терминалов и проводить анализ содержимого каждого уходящего из порта танкера. А нефтяные компании добровольно не предоставляют пробы и не оплачивают работу. Обязать их это делать никто не может, так как на законодательном уровне проблема в России не решена. Нефтяные компании опасались, что при таком отборе проб конкуренты получат данные, содержащие коммерческую тайну, о составе нефти.

Технология создания банка данных нефти успешно применяется в Норвегии, США, Канаде при соответствующем нормативном правовом регулировании со стороны государства. При этом финансирование исследований возложено на непосредственных участников процесса: владельцев и перевозчиков нефти.

В 1990 году было принято международное Соглашение по ликвидации разливов нефти, к которому впоследствии присоединилась Россия. Ответственность за его выполнение возложена на Министерство транспорта РФ. Реализация Соглашения предполагает, в том числе, наличие данных о составе и свойствах нефти, транспортируемой по акваториям российских (в частности, северных) морей. Приказом Минтранса России от 06 апреля 2009 года № 53 утверждено Положение о функциональной подсистеме организации работ по предупреждению ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в море с судов и объектов независимо от их ведомственной и национальной принадлежности.

С точки зрения правового регулирования Арктика беззащитна, т.к. международные соглашения не носят обязательного характера : Нуукская декларация об окружающей среде и развитии в Арктике 1993 года, Соглашение о сотрудничестве в авиационном и морском поиске и спасании в Арктике 2011 года, Соглашение о сотрудничестве в сфере готовности и реагирования на загрязнение нефтью моря в Арктике 2013 года. Следует отметить, что данными соглашениями регулируются вопросы сотрудничества арктических государств только в тех случаях, когда инцидент, связанный с морскими нефтяными загрязнениями, уже произошел.

Созданием нормативно-правового акта, обязательного к применению озабочен Комитете по безопасности на море и комитете по защите морской среды ИМО. Предполагается создать Международный Кодекс по безопасности

судов, плавающих в полярных водах (Полярный кодекс). Особое положение в нем будут занимать нормы относительно защиты морской среды полярных регионов и предотвращения разливов нефти.

Национальное российское законодательство не содержит нормативно-правовых актов, непосредственно регулирующих данную область.

Промежуточным этапом в решении сложнейшей задачи – обеспечении безопасности при добыче и транспортировке нефти по морям Российской Федерации – является вступивший в силу 1 июля 2013 года в Российской Федерации Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «О континентальном шельфе Российской Федерации» и Федеральный закон «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации» №287-ФЗ, предусматривающий выполнение мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов с помощью одного из следующих способов: банковской гарантии, договора страхования или документа, подтверждающего создание резервного фон.

В 2015 году крупнейшие нефтяные компании РФ «Лукойл», «Газпром нефть», «Сургутнефтегаз», «Башнефть» и «Татнефть» направили обращение к Президенту РФ, в котором они просят устранить «излишнее» экологическое регулирование в отрасли ради «сохранения инвестиционной активности и приемлемой рентабельности промпредприятий». Суть обращения: существует целый ряд неналоговых обременений (платежи, сборы, штрафы) в отрасли, сокращение которых может существенно улучшить экономическую ситуацию в нефтяной промышленности.

Свои пожелания нефтяные компании разделили на четыре группы. В первые две входят отказ от избыточных требований, которые приводят к материальным издержкам, а также временное смягчение либо отсрочка вступления в силу ряда жестких требований, в основном из области платежей за природопользование и экологию, которые «являются чрезмерными в условиях текущей экономической ситуации». Третья и четвертая группы предусматривают устранение противоречий в законодательстве. В первую очередь речь идет о снижении на период кризиса (до 2018 года) коэффициентов расчета штрафов за сверхнормативное сжигание попутного

нефтяного газа (ПНГ) и учете в налоговой составляющей инвестиций для внедрения технологий по утилизации ПНГ. Также нефтяные компании против вступления в силу закона о создании ликвидационных фондов, предусматривающих заморозку средств на счетах для ликвидации возможного экологического ущерба от деятельности уже в 2016 году, и предлагают отложить это как минимум до 2018 года.

В ответ на это экологические организации России отправили президенту открытое письмо с просьбой не допустить ослабления экологического законодательства, которого добиваются пять ведущих нефтяных компаний страны, а, напротив, рассмотреть меры по его ужесточению. Письмо подписали представители 53 организаций из 24 регионов страны – от Приморского края до Калининградской области и Кавказа., в числе которых «Беллона», Гринпис, Экологическая Вахта по Северному Кавказу, Международный Социально-экологический Союз и другие (инф. с сайта Bellona).

Экологи уверены, что компании хотят компенсировать возможное уменьшение прибыли за счет разрушения природы. Они обращают внимание президента на то, что действующее природоохранное законодательство в нефтяной отрасли не избыточно, а, напротив, полно пробелов, и предлагают ряд конкретных мер для повышения его эффективности.

Также Всемирный фонд дикой природы запускает кампанию «Время думать иначе: Арктическая нефть подождет». Главная цель кампании – добиться временной заморозки разработок новых нефтяных месторождений в морских водах Арктики. Региону грозит опасность из-за отсутствия у добывающих компаний эффективных технологий, средств и сил для быстрого реагирования и ликвидации последствий нефтеразливов в ледовых условиях.

«Парадоксально, но замедление приростов потребления нефти и падение цен на нефть дают человечеству уникальный шанс подумать о своем энергетическом будущем, обсудить совместно «по-человечески» глобальную стратегию развития. И надо спасти Арктику – одну из последних нетронутых больших экосистем планеты Земля, – говорит Леонид Григорьев, профессор, руководитель Департамента мировой экономики НИУ Высшей школы экономики.

В сложившейся ситуации WWF призывает отложить на 10 лет сроки освоения шельфовых месторождений нефти в Арктике в рамках лицензионных

соглашений, уже выданных компаниям «Газпром» и «Роснефть», а также исключить из инвестиционных программ этих компаний арктические проекты.

Таким образом, представляется, что важнейшим механизмом защиты является правовой, и нормативно-правовая база защиты морской среды Арктики от нефтяных загрязнений должна обеспечить:

– законодательное разграничение функций и полномочий федеральных органов государственной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и юридических лиц в части планирования и реализации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;

– устранение излишних административных барьеров в деятельности организаций и кардинальное упрощение процедур разработки, согласования и утверждения планирующих документов в области предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;

– определение четкого порядка подготовки, аттестации и привлечения аварийно-спасательных формирований (в том числе сил и средств постоянной готовности) к локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов, оценки их достаточности и готовности к проведению указанных работ, а также порядка привлечения сил и средств к ликвидации чрезвычайных ситуаций, обусловленных разливами нефти и нефтепродуктов;

– определение и разделение ответственности за возникновение разливов нефти и нефтепродуктов и их экономические, социальные и экологические последствия;

– установление порядка финансового и материального обеспечения мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;

– установление процедуры межведомственной координации действий контрольно-надзорных органов, усиление надзора и контроля за выполнением ими требований нормативных правовых документов в области предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.

Одновременно с разрешением проблем правового регулирования необходимо решить ряд других не менее важных задач, а именно:

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

– создать в РФ комплексной системы предупреждения разливов нефти и нефтепродуктов и реагирования на чрезвычайные ситуации, обусловленных разливами нефти и нефтепродуктов;

– повышать эффективности международного сотрудничества, включающее: организацию обмена информацией об угрозах возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных разливами нефти и нефтепродуктов трансграничного уровня с компетентными органами иностранных государств и международными организациями; организацию работ по мониторингу окружающей среды и обстановки на объектах, осуществляющих деятельность с нефтью и нефтепродуктами на сопредельных территориях; проведение совместных учений, тренировок, других учебно-методических мероприятий с привлечением компетентных органов иностранных государств и международных организаций.

Коллоидно-химические свойства ферментативных белковых гидролизатов из отходов рыбопереработки

Широнина А. Ю.¹, Деркач С. Р.¹, Новиков В. Ю.²

¹ (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра химии)

² (г. Мурманск, ФГБУН ПИНРО)

Аннотация. В работе изучены коллоидно-химические свойства ферментативных белковых гидролизатов, полученных из отходов переработки рыбного сырья

Annotation. Colloid-chemical properties of enzyme protein hydrolysates obtained from fish processing waste have been studied.

Ключевые слова: белковые гидролизаты, коллоидно-химические свойства, ферментативный гидролиз.

Key words: protein hydrolysates, colloid-chemical properties, enzyme hydrolysis.

Одним из наиболее перспективных направлений комплексного использования морских биоресурсов является переработка отходов рыбной промышленности с целью получения из них полезных продуктов. В настоящее время большой интерес представляет производство из отходов рыбопереработки ферментативных белковых гидролизатов, богатых незаменимыми аминокислотами, витаминами и микроэлементами [1].

Важной задачей совершенствования технологии получения белковых рыбных гидролизатов является направленное регулирование процесса ферментативного гидролиза, который оказывает существенное влияние на их коллоидно-химические свойства [2-4].

Целью работы являлось исследование коллоидно-химических свойств ферментативных белковых гидролизатов, полученных при разных технологиях внесения ферментного препарата в реакционную смесь [5].

Для проведения процесса гидролиза использовали измельченное белоксодержащее сырье (отходы переработки трески) и ферментный препарат, выделенный из гепатопанкреаса камчатского краба. Гидролиз сырья проводили при следующих условиях: рН = 7,5, Т = 50 °С, концентрация ферментного препарата – 6 г на 1 кг сырья. Ферментный препарат вводили в реакционную смесь двумя способами: однократно в начале процесса гидролиза в концентрации 6 г на кг сырья (традиционный способ получения ферментного препарата) [3] и порционно каждые полчаса в течение 3 часов в той же концентрации.

Кинетические параметры (максимальную скорость гидролиза и константу скорости) процесса изучали по изменению концентрации аминного азота в реакционной среде, которую определяли методом формольного титрования.

Электрофорез осуществляли при температуре 15°C, напряжении 600 В, силе тока 50 мА, мощности 30 Вт. Вязкостные свойства гидролизатов изучали методом капиллярной и ротационной вискозиметрии при $T = 23^{\circ}\text{C}$. Аминокислотный анализ и определение содержания свободных аминокислот в гидролизате выполняли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Содержание микроэлементов в тканях исследуемого сырья определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Размер частиц гидролизатов и их распределение по размерам в водных дисперсиях определяли методом квазиупругого рассеяния света. Морфологию поверхности частиц изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа с полевой эмиссией. Содержание сухих веществ в растворе гидролизата определяли рефрактометрическим методом. Реологические характеристики эмульсий измеряли при сдвиговых деформациях на реометре Physica MCR302 (Anton Paar) с использованием измерительной ячейки "конус-плоскость".

Изучены коллоидно-химические свойства ферментативных белковых гидролизатов, произведенных из отходов рыбопереработки. Обнаружено изменение свойств гидролизатов, полученных при многократном введении фермента по сравнению с гидролизатами, полученными при традиционном способе однократного введения фермента в реакционную смесь. Отмечено увеличение количества свободных аминокислот примерно в 2 раза, увеличение содержания низкомолекулярных белковых фракций, а также возрастание дисперсности водных растворов (золей) гидролизатов и изменение морфологии поверхности частиц белка, подверженного гидролизу. Методами ротационной вискозиметрии установлено уменьшение на два порядка вязкости реакционной смеси в первые 30 минут протекания реакции протеолиза, что указывает на резкое снижение содержания высокомолекулярных белковых фракций на начальной стадии гидролиза. Показано, что белковые гидролизаты, полученные по усовершенствованной технологии, обладают высоким стабилизирующим действием в эмульсионных системах. Установлена корреляция между устойчивостью эмульсий типа масло-в-воде и поверхностными термодинамическими параметрами водных растворов гидролизатов.

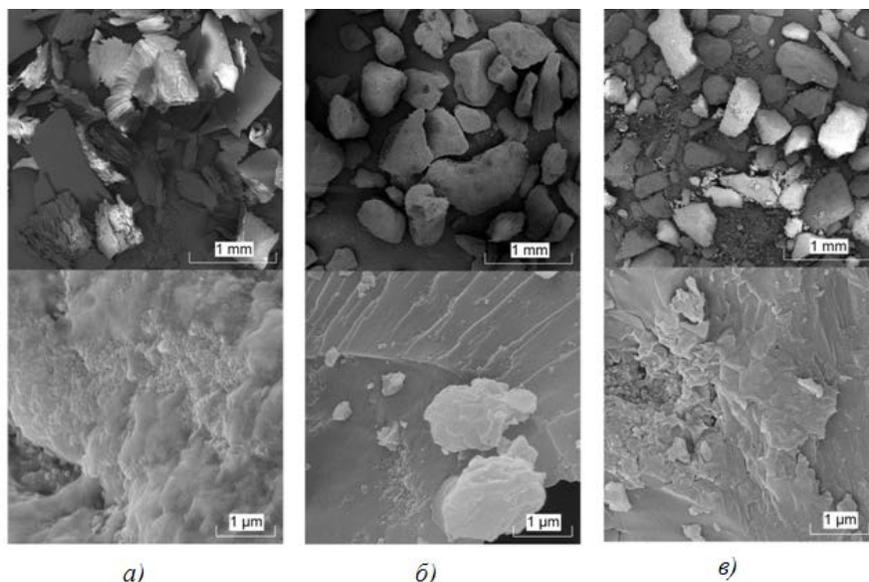


Рисунок 1 – СЭМ-фотографии структуры микрочастиц:

- а) негидролизованного рыбного сырьё;
- б) гидролизата, полученного по традиционной технологии;
- в) гидролизата, полученного по модифицированной технологии

Литература

1. Неклюдов, А. Д. Свойства и применение белковых гидролизатов / А. Д. Неклюдов, А. Н. Иванкин, А. В. Бердугина // Прикладная биохимия и микробиология. – 2000.- Т. 36.- №5. – С. 525-534.
2. Мухин, В. А. Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов: получение, свойства и практическое использование / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков ; Поляр. науч.-исслед. ин-т рыб. хоз-ва и океанографии. – Мурманск : ПИНРО, 2001. – 97 с.
3. Мухин, В. А. Ферментативный белковый гидролизат из отходов промысла исландского гребешка *Chlamys islandica* / В. А. Мухин, В. Ю. Новиков, Л. С. Рыжикова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2001. – №3. – С. 338-343.
4. Кучина, Ю. А. Ферментативный белковый гидролизат из путассу, полученный электрохимическим методом / Ю. А. Кучина, С. Ю. Дубровин, И. Н. Коновалова // Рыб. хоз-во. – 2009. – № 4. – С. 115-116.
5. Кинетические закономерности ферментативного гидролиза белков тканей гидробионтов: эффект способа внесения фермента / В.Ю. Новиков, С.Р. Деркач, А.Ю. Широина, В.А. Мухин // Вестник МГТУ : Труды Мурман. гос. техн. ун-та. – Мурманск. 2015. – Т. 18, №1

Применение осадков сточных вод и компостов в различных областях сельского хозяйства

Яшкина А. А., Федорова О. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра экологии и защиты окружающей среды, e-mail: anna_yashkina@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается применение в области сельского хозяйства осадков сточных вод и компостов на их основе, для повышения плодородия земель.

Abstract. The wastewater sludge and composts application in agriculture for improvement of soil productive capacity is examined in this article.

Ключевые слова: осадки сточных вод, почва, компост.

Key words: wastewater sludge, soil, compost.

Антропогенная активность в урбанизированном мире сопровождается появлением разнообразных отходов. В ходе многоступенчатой обработки сточных вод образуется осадок сточных вод на иловых площадках (ОСВ). Вблизи городов на территориях очистных сооружений при накоплении ОСВ возникают потенциальные источники загрязнения окружающей среды, что приводит к отчуждению больших площадей земли. Также стоит отметить, что на территориях складирования отходов происходит преобразование почвенного слоя в искусственное почвенное образование, в котором почвенные процессы либо переходят в иную форму, либо происходит полная деградация данных процессов из-за токсичности размещаемых отходов.

С другой стороны, ОСВ содержат в себе большое количество основных биогенных элементов и органических веществ, что позволяет рассматривать их в качестве источника нетрадиционных органоминеральных удобрений, способствующих поддержанию устойчивого почвенного плодородия. Это особенно актуально для пригородных зон больших городов, наиболее привлекательных для ведения сельского хозяйства.

В результате очистки сточных вод образуются различные типы осадков, которые по своим удобрительным качествам могут отличаться друг от друга. Большое содержание ценных элементов питания в ОСВ подтверждает работы различных авторов [1]. В работе Будыкиной Т.А. исследованный ил с

городских очистных сооружений содержал в % на сырой вес : N общий – 0,8; P₂O₅-0,9; K₂O- 0,4; нитратный азот – 6,4 мг/100 г; аммиачный азот- 457 мг/100 г; подвижный фосфор – 542 мг/100 г сухой массы.

В ходе утилизации осадков сточных вод с применением метода компостирования, получают компосты, которые в дальнейшем могут быть использованы в различных областях сельского хозяйства. Готовый компост является сыпучим материалом, внешне похожим на почву, имеющим приятный землистый запах. Он содержит макро- и микроэлементы, необходимые для роста и развития растений, полезную микрофлору и вещества, повышающие плодородие почв.

При использовании осадков сточных вод, компостов на их основе в качестве удобрения или почвогрунтов в почвах увеличивается содержание органического вещества, азота, фосфора, других макро – и микроэлементов. При внесении осадков снижается кислотность почв, увеличивается их влагоемкость, что особенно важно для почв легкого гранулометрического состава, улучшаются тепловой, водный и воздушный режимы почв, возрастает их биологическая активность.

Нами был проведен эксперимент по компостированию ОСВ с различными наполнителями. Характеристика компостов, полученных в результате проведенного эксперимента, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Агрохимические показатели готового компоста

Показатель	Компост с добавлением биомассы макрофитов	Компост с добавлением пивной дробины
Влажность, %	62	63
Зольность, %	30	20
Органическое вещество, %	35	39
Общий азот, %	3,2	3,7
Общий фосфор, %	1,1	0,95

Также было установлено благоприятное влияние внесения полученных нетрадиционных органоминеральных удобрений на качество почвы путем фитотестирования.

Стоит отметить, что на данный момент существует ряд ограничений, сдерживающих применение ОСВ и удобрений на их основе в сельском

хозяйстве: прежде всего – наличие в них тяжелых металлов и патогенных микроорганизмов [2]. Тяжелые металлы относятся к загрязняющим веществам, которые с трудом удаляются. Регулярное внесение в почву с ОСВ ионов тяжелых металлов недопустимо, поскольку возрастает опасность их биотрансформации и накопления в пищевых цепях с возможным попаданием в организм человека.

Поэтому, в последнее время, ОСВ применяются в основном в виде компостов – совместно с наполнителями. А именно, в случае использования осадков сточных вод муниципальных образований предпочтительным является их предварительное компостирование, приводящее к существенному снижению содержания токсичных соединений, патогенных микроорганизмов и стабилизации органического вещества [1].

Заключение

Использование компостов в качестве удобрения имеет множество позитивных последствий: возврат в почвы питательных веществ и сокращение использование химических удобрений. Исследования осадков хозяйственно-бытовых и близких по составу городских и производственных сточных вод, а также полученного на их основе компостов подтвердили их высокую удобрительную ценность и позволили рекомендовать эти продукты для удобрения почв под лесопосадки, посадки декоративных кустарников, технические культуры, при соблюдении соответствующих агротехнических мероприятий.

Литература

1. Агеев В.В. Системы удобрения в севооборотах юга России / В. В. Агеев, А. И. Подколзин. – Ставрополь: ГОУ Ставропольская ГСХА, 2001. – 352 с.
2. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2012. – 14 с.

ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ

Энергосбережение в системе воздухообеспечения на основе применения регулируемого электропривода

Авдюнин Е. Г.^{1,2}, Шурыгин А. М.¹, Малышев В. С.², Шурыгин М. Н.¹

¹ (г. Иваново, Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина)

² (г. Мурманск ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра энергетики и транспорта)

Аннотация. Проведен анализ работы компрессорной станции (КС) крупного предприятия. В результате энергетического обследования выявлены основные недостатки работы основного и вспомогательного оборудования. Предложено провести реконструкцию существующей схемы пневмоснабжения предприятия с установкой нового компрессорного оборудования с регулируемым электроприводом с контуром фазовой синхронизации. Предложена функциональная схема регулирования скорости вращения трехфазного синхронного двигателя, которая позволяет управлять производительностью компрессора в зависимости от изменения нагрузки.

Abstract. An analysis of the compressor station of large enterprises. As a result, energy audits identified the main shortcomings of the main and auxiliary equipment of the compressor station. Suggested that a reconstruction of the existing schemes Pnevmosnabzheniya-venture with the installation of new compressor equipment with adjustable electric drive. We propose a functional diagram of speed control of three-phase synchronous motor-tion, which allows you to manage the performance of the compressor depending on the load changes.

Система пневмоснабжения (СПС) предприятия организована по централизованному принципу и включает в себя:

- генерирующую часть в виде центральной компрессорной станции с 3-мя турбо-компрессорами ЦК-135;
- транспортно-распределительную сеть в виде магистральных и распределительных воздухопроводов с запорной арматурой;
- потребителей сжатого воздуха.

СПС относится к значимым энергопотребителям в масштабе предприятия. Электроприводы турбокомпрессоров работают в длительном режиме и относятся к самым мощным электропотребителям предприятия. Наряду с электроэнергией, потребляемой электроприводами, для охлаждения турбокомпрессорных агрегатов (ТКА) используется техническая вода, на перекачку которой расходуется свыше 50 МВтч электроэнергии в год.

Приборный учёт выработки, отпуска и потребления сжатого воздуха в целом не налажен, что затрудняет оценку эффективности работы СПС, осуществление нормирования и определение фактических результатов оптимизации энергопотребления. Распределительный баланс сжатого воздуха составляется ежемесячно расчётным способом.

Преимущественные направления использования сжатого воздуха в основной технологии и во вспомогательных производствах: работа устройств пневмоавтоматики; вытеснение и барботаж растворов, эрлифты; распылители, эжекторы; продувка оборудования, проверка герметичности; покрасочные камеры; дробеструйная обработка; пневмоинструмент, станочное оборудование.

Для соответствия требованиям со стороны пневмоавтоматики сжатый воздух проходит осушку в установках А 1000У-02 и СГ 0230. Для снижения точки росы в связи с наружной прокладкой некоторых участков воздухопроводов осушается весь поток сжатого воздуха из КС, несмотря на то, что для многих потребителей этого не требуется.

Давление воздуха на выходе из КС поддерживается на уровне 8 кгс/см^2 , что обеспечивает 6 кгс/см^2 у потребителей. Для ряда потребителей требуется давление 3 кгс/см^2 , поэтому часть воздуха редуцируется, что связано с дополнительными потерями энергии.

В условиях сниженного технологического потребления сжатого воздуха представляется неоптимальной существующая централизованная структура СПС. При протяжённых и разветвлённых воздухораспределительных сетях потери энергии на преодоление аэродинамического сопротивления и на утечки в совокупности достигают 40%. В этих условиях для сокращения технологических потерь сжатого воздуха при его передаче целесообразно выполнить децентрализацию пневмоснабжения с сохранением распределительной сети как резервной. При любом варианте децентрализации требуется обновление воздухопроводов, отработавших ресурс, обеспечение работоспособной запорной арматурой и оснащение приборами учёта сжатого воздуха. Локальные системы пневмоснабжения (ЛСПС) могут не содержать осушителей воздуха, если это не требуется по требованиям к его параметрам со стороны потребителей. Локальные системы организуются для отдельных корпусов (зданий) или их групп с минимизацией распределительной сети.

Обслуживание компрессорного и вспомогательного оборудования может осуществляться как цехами, так и централизованной службой на базе персонала существующей КС.

Основу системы должны составлять современные надёжные компрессоры с экономичным регулированием производительности. Этим требованиям отвечают современные компрессоры, позволяющие реализовать в полностью автоматическом режиме наиболее энергоэффективный способ регулирования, предполагающий сочетание включения/отключения компрессора и непрерывного регулирования производительности изменением частоты вращения средствами регулируемого электропривода. Все прочие способы регулирования компрессоров существенно уступают ему в экономичности [1]. Современные полупроводниковые преобразователи как основа регулируемого электропривода оснащаются опционально или штатно объектно-ориентированными микропроцессорными платами, выполняющими функции программируемого логического контроллера (ПЛК) и регулятора давления. При выборе компрессоров следует отдавать предпочтение агрегатам с воздушным охлаждением. Установке компрессорного оборудования должна предшествовать проектная проработка, предусматривающая, среди прочего, подачу на вход и для охлаждения компрессоров чистого воздуха с улицы, утилизацию тепла охлаждающего воздуха, соблюдение температурного режима в помещении и требований изготовителя компрессоров к условиям размещения и эксплуатации. В процессе эксплуатации необходимо вести учёт наработки компрессоров для косвенной оценки выработки сжатого воздуха и для определения времени выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию (микропроцессорные системы управления современных компрессоров, как правило, предусматривают такую функцию).

Для учёта выработки сжатого воздуха, нормирования, объективной оценки технического состояния компрессоров и энергоэффективности генерации сжатого воздуха следует организовать на постоянной основе сопоставление выработки воздуха и энергопотребления [1,2]. По мере накопления информации необходимо ввести нормирование выработки и потребления сжатого воздуха, например, на основе метода регрессионного анализа.

Таким образом, рекомендуется модернизировать систему пневмоснабжения предприятия, осуществив ряд мероприятий:

1. замещение в технологических процессах сжатого воздуха как наиболее затратного энергоносителя альтернативными энергоносителями и технологиями;

2. снижение мощности установленного компрессорного оборудования для приведения её в соответствие с фактическим потреблением производствами и исключения затратного режима сброса избыточного воздуха в атмосферу;

3. децентрализацию воздухообеспечения для снижения потерь при передаче и распределении воздуха, предусмотрев создание локальных систем на уровне цехов, зданий, корпусов;

4. замену компрессоров на современные, работающие в автоматическом режиме, использующие энергоэффективный способ регулирования производительности, имеющие воздушное охлаждение с утилизацией теплоты охлаждающего воздуха.

Комплекс требований к приводным устройствам компрессорных установок может обеспечиваться применением микропроцессорных импульсно-фазовых электроприводов (МИФЭП) с контуром фазовой синхронизации, которые характеризуются минимальным количеством датчиков в системе управления, использованием аппаратных способов формирования и обработки частотных сигналов и при этом основаны на принципе сравнения задаваемого и регулируемого углов поворота ротора приводного двигателя [3]. Такой принцип построения системы позволяет понизить уровень требований к производительности применяемого в контуре фазовой синхронизации вычислительного устройства и при этом обеспечить высокую точность стабилизации угловой скорости приводного двигателя, а минимальное количество используемых в электроприводе функциональных компонентов обуславливает возможность создания надежных и относительно недорогих приводных устройств для компрессорного оборудования.

Обобщенная функциональная схема МИФЭП, в которой объектом регулирования является трехфазный синхронный двигатель (СД), а в качестве датчика положения ротора применяется синусно-косинусный вращающийся трансформатор (СКВТ), представлена на рис. 1.

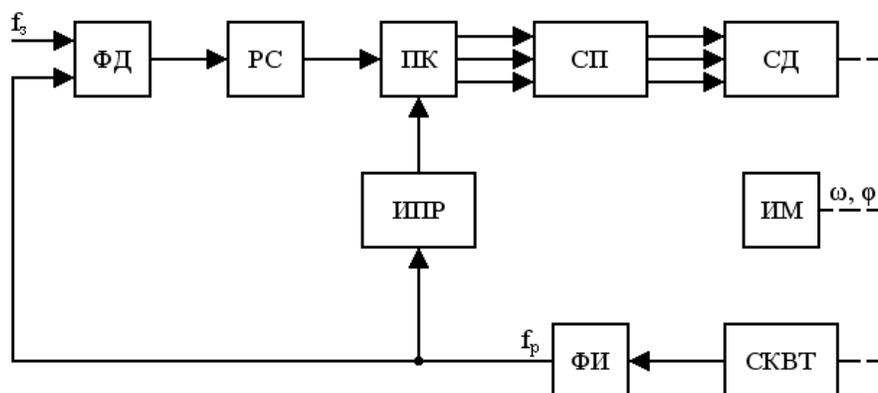


Рисунок 1 – Обобщенная функциональная схема МИФЭП

В изображенной на рис. 1 системе ротор приводного СД соединяется с исполнительным механизмом (ИМ) компрессорной установки. Для получения информации о параметрах движения (угловой скорости ω и положении φ вала приводного двигателя) используется СКВТ, работающий в фазовом режиме, ротор которого жестко соединяется с валом СД. Выходной аналоговый сигнал датчика преобразуется в однополярный импульсный сигнал обратной связи частоты f_p аппаратными средствами формирователя импульсов (ФИ). Импульсный сигнал задания частоты f_3 также вырабатывается аппаратным способом и стабилизирован кварцевым генератором. Последовательности импульсов сигналов задания и обратной связи поступают на соответствующие входы фазового дискриминатора (ФД), который реализуется совместным применением как аппаратных, так и программных средств. ФД выявляет фазовое рассогласование сравниваемых импульсных (частотных) сигналов аппаратным способом и выполняет программную обработку полученного сигнала, обеспечивающую защиту от опрокидывания регулирования в динамических режимах при нарушении последовательности появления импульсов задания и обратной связи. Выходной сигнал ФД используется в электроприводе для формирования закона управления приводным двигателем с применением программного регулятора скорости (РС). Информация о положении ротора СКВТ выявляется аппаратными средствами измерителя положения ротора (ИПР), выходной сигнал которого совместно с выходным сигналом РС поступают на соответствующие входы программного преобразователя координат (ПК). Формирование фазных напряжений двигателя осуществляется силовым преобразователем (СП), законы управления ключами которого определяются выходными сигналами ПК.

Характерной особенностью МИФЭП является разделение функций между аппаратными и программными средствами. Основное количество операций над последовательностями импульсов, используемыми для задания угловой скорости и измерения положения ротора, выполняется логическими элементами. Реализация алгоритма управления, его адаптация к исполнительному механизму, диагностика состояния электропривода и организация взаимодействия с локальной системой управления выполняются программными средствами. Представленные принципы построения МИФЭП затрудняют применение в контуре фазовой синхронизации микроконтроллеров класса Motor Control, поскольку в стандартном наборе элементов, размещенном на кристалле, отсутствуют устройства, необходимые для обработки частотных сигналов. Поэтому основным средством технической реализации системы управления МИФЭП является конфигурируемая система на кристалле (CSoC), которая, в отличие от микроконтроллеров со строго заданным набором функциональных компонентов, предоставляет возможность создания уникального набора периферийных устройств, необходимых пользователю.

Экономический эффект от предлагаемой модернизации достигается за счёт снижения присоединённой электрической мощности компрессорного оборудования [2]. Дополнительное высвобождение мощности в размере не менее 6 кВт будет получено в результате замены пневмоавтоматики на электронные и электромеханические устройства с малым электропотреблением. При этом уменьшится годовое потребление сжатого воздуха на 1785 тыс. м³.

Выводы

В результате энергетического обследования выявлены основные недостатки работы основного и вспомогательного оборудования КС. В условиях сниженного технологического потребления сжатого воздуха представляется неоптимальной существующая централизованная структура СПС. При протяжённых и разветвлённых воздухораспределительных сетях потери энергии на преодоление аэродинамического сопротивления и на утечки в совокупности достигают 40%.

Предложено провести реконструкцию существующей схемы пневмоснабжения предприятия с установкой нового компрессорного оборудования с регулируемым электроприводом. Предложена функциональная

схема регулирования скорости вращения трехфазного синхронного двигателя, которая позволяет управлять производительностью компрессора, в зависимости от изменения нагрузки. Основным средством технической реализации системы управления МИФЭП является конфигурируемая система на кристалле (CSoC), которая, в отличие от микроконтроллеров со строго заданным набором функциональных компонентов, предоставляет возможность создания уникального набора периферийных устройств, необходимых пользователю.

Проведена предварительная экономическая оценка предлагаемой реконструкции системы пневмоснабжения предприятия.

Литература

1. Михайлов, А.К. Лопастные насосы /А.К. Михайлов, В.В. Молющенко. – М.; Машиностроение, 1977. – 288 с.
2. Авдюнин, Е.Г. Инструкция по организации работ по рациональному использованию энергии в целлюлозно-бумажной промышленности / Е.Г. Авдюнин, А.Т. Севальнев, Ю.Ф. Битеряков – М.; Министерство лесной промышленности СССР, 1989. – 210 с.
3. Трахтенберг, Р. М. Импульсные астатические системы электропривода с дискретным управлением / Р. М. Трахтенберг. – М.: Энергоиздат, 1982. – 168 с.

Повышение эффективности системы воздухоснабжения на основе применения электроприводов с контуром фазовой синхронизации

Авдюнин Е. Г.^{1,2}, Шурыгин А. М.¹, Малышев В. С.², Шурыгин М. Н.¹

¹ (г. Иваново, Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина)

² (г. Мурманск ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра энергетики и транспорта)

Аннотация. Проведен анализ работы компрессорной станции (КС) крупного предприятия. В результате энергетического обследования выявлены основные недостатки работы основного и вспомогательного оборудования КС. Предложено провести реконструкцию существующей схемы пневмоснабжения предприятия с установкой нового компрессорного оборудования с регулируемым электроприводом. Предложена функциональная схема регулирования скорости вращения трехфазного синхронного двигателя, которая позволяет управлять производительностью компрессора в зависимости от изменения нагрузки.

Abstract. An analysis of the compressor station of large enterprises. As a result, energy audits identified the main shortcomings of the main and auxiliary equipment of the compressor station. Suggested that a reconstruction of the existing schemes Pnevmosnabzheniya-venture with the installation of new compressor equipment with adjustable electric drive. We propose a functional diagram of speed control of three-phase synchronous motor-tion, which allows you to manage the performance of the compressor depending on the load changes.

1. Введение

Система пневмоснабжения (СПС) предприятия организована по централизованному принципу и включает в себя:

- генерирующую часть в виде центральной компрессорной станции (КС) с 3-мя турбо-компрессорами ЦК-135;
- транспортно-распределительную сеть в виде магистральных и распределительных воздухопроводов с запорной арматурой;
- потребителей сжатого воздуха.

СПС относится к значимым энергопотребителям в масштабе предприятия. Электроприводы турбокомпрессоров работают в длительном режиме и относятся к самым мощным электропотребителям предприятия. Наряду с электроэнергией, потребляемой электроприводами, для охлаждения турбокомпрессорных агрегатов (ТКА) используется техническая вода, на перекачку которой расходуется свыше 50 МВтч электроэнергии в год.

Приборный учёт выработки, отпуска и потребления сжатого воздуха в целом не налажен, что затрудняет оценку эффективности работы СПС, осуществление нормирования и определение фактических результатов оптимизации энергопотребления. Распределительный баланс сжатого воздуха составляется ежемесячно расчётным способом.

Преимущественные направления использования сжатого воздуха в основной технологии и во вспомогательных производствах:

- работа устройств пневмоавтоматики;
- вытеснение и барботаж растворов, эрлифты;
- распылители, эжекторы;
- продувка оборудования, проверка герметичности;
- покрасочные камеры;
- дробеструйная обработка;
- пневмоинструмент, станочное оборудование.

Для соответствия требованиям со стороны пневмоавтоматики сжатый воздух проходит осушку в установках А 1000У-02 и СГ 0230. Для снижения точки росы в связи с наружной прокладкой некоторых участков воздухопроводов осушается весь поток сжатого воздуха из КС, несмотря на то, что для многих потребителей этого не требуется.

Давление воздуха на выходе из КС поддерживается на уровне 8 кгс/см^2 , что обеспечивает 6 кгс/см^2 у потребителей. Для ряда потребителей требуется давление 3 кгс/см^2 , поэтому часть воздуха редуцируется, что связано с дополнительными потерями энергии.

В условиях сниженного технологического потребления сжатого воздуха представляется неоптимальной существующая централизованная структура СПС. При протяжённых и разветвлённых воздухораспределительных сетях потери энергии на преодоление аэродинамического сопротивления и на утечки в совокупности достигают 40%. При существующем расположении КС оказываются удалёнными от неё как крупные потребители сжатого воздуха, так и самые незначительные. В этих условиях для сокращения технологических потерь сжатого воздуха при его передаче целесообразно выполнить децентрализацию пневмоснабжения с сохранением распределительной сети как резервной. При любом варианте децентрализации требуется обновление

воздуховодов, отработавших ресурс, обеспечение работоспособной запорной арматурой и оснащение приборами учёта сжатого воздуха. Локальные системы пневмоснабжения (ЛСПС) могут не содержать осушителей воздуха, если это не требуется по требованиям к его параметрам со стороны потребителей и если отсутствуют (или теплоизолированы) наружные участки воздуховодов. Локальные системы организуются для отдельных корпусов (зданий) или их групп с минимизацией распределительной сети. Обслуживание компрессорного и вспомогательного оборудования может осуществляться как цехами, так и централизованной службой на базе персонала существующей КС.

2. Разработка мероприятий по энергосбережению

Основу ЛСПС должны составлять современные надёжные компрессоры с экономичным регулированием производительности. Этим требованиям отвечают современные компрессоры, позволяющие реализовать в полностью автоматическом режиме наиболее энергоэффективный способ регулирования, предполагающий сочетание включения/отключения компрессора и непрерывного регулирования производительности изменением частоты вращения средствами регулируемого электропривода. Все прочие способы регулирования компрессоров существенно уступают ему в экономичности. Современные полупроводниковые преобразователи как основа регулируемого электропривода оснащаются опционально или штатно объектно-ориентированными микропроцессорными платами, выполняющими функции программируемого логического контроллера (ПЛК) и регулятора давления. Благодаря этому без затруднений создаётся локальная система автоматического поддержания давления для группы компрессоров. При выборе компрессоров следует отдавать предпочтение агрегатам с воздушным охлаждением. Установке компрессорного оборудования должна предшествовать проектная проработка, предусматривающая, среди прочего, подачу на вход и для охлаждения компрессоров чистого воздуха с улицы, утилизацию тепла охлаждающего воздуха, соблюдение температурного режима в помещении и требований изготовителя компрессоров к условиям размещения и эксплуатации. В процессе эксплуатации необходимо вести учёт наработки компрессоров для косвенной оценки выработки сжатого воздуха и для определения времени выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию (микропроцессорные системы управления современных

компрессоров, как правило, предусматривают такую функцию).

Для учёта выработки сжатого воздуха, нормирования, объективной оценки технического состояния компрессоров и энергоэффективности генерации сжатого воздуха следует организовать на постоянной основе сопоставление выработки воздуха и энергопотребления [1,2]. Для этого должны быть установлены приборы учёта сжатого воздуха и электросчётчики. По мере накопления информации необходимо ввести нормирование выработки и потребления сжатого воздуха, например, на основе метода регрессионного анализа.

Таким образом, рекомендуется модернизировать систему пневмоснабжения предприятия, осуществив:

1. замещение в технологических процессах основного и вспомогательного производств сжатого воздуха как наиболее затратного энергоносителя альтернативными энергоносителями и технологиями;

2. снижение мощности установленного компрессорного оборудования для приведения её в соответствие с фактическим потреблением производствами и исключения затратного режима сброса избыточного воздуха в атмосферу;

3. децентрализацию воздухоснабжения для снижения потерь при передаче и распределении воздуха, предусмотрев создание локальных систем пневмоснабжения на уровне цехов, зданий, корпусов;

4. замену компрессоров на современные, работающие в автоматическом режиме, использующие энергоэффективный способ регулирования производительности, сочетающим включение/отключение с регулированием частоты вращения двигателя, имеющего воздушное охлаждение с утилизацией теплоты охлаждающего воздуха.

Комплекс требований к приводным устройствам компрессорных установок может обеспечиваться применением микропроцессорных импульсно-фазовых электроприводов (МИФЭП) с контуром фазовой синхронизации, которые характеризуются минимальным количеством датчиков в системе управления, использованием аппаратных способов формирования и обработки частотных сигналов и при этом основаны на принципе сравнения задаваемого и регулируемого углов поворота ротора приводного двигателя [3]. Такой принцип построения системы позволяет понизить уровень требований к производительности применяемого в контуре фазовой синхронизации

вычислительного устройства и при этом обеспечить высокую точность стабилизации угловой скорости приводного двигателя, а минимальное количество используемых в электроприводе функциональных компонентов обуславливает возможность создания надежных и относительно недорогих приводных устройств для компрессорного оборудования.

Обобщенная функциональная схема МИФЭП, в которой объектом регулирования является трехфазный синхронный двигатель (СД), а в качестве датчика положения ротора применяется синусно-косинусный вращающийся трансформатор (СКВТ), представлена на рис. 1.

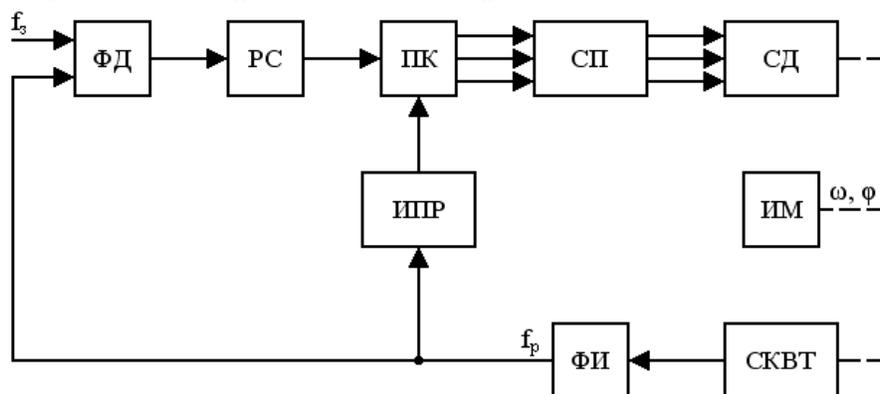


Рисунок 1 – Обобщенная функциональная схема МИФЭП

В изображенной на рис. 1 системе ротор приводного СД соединяется с исполнительным механизмом (ИМ) компрессорной установки. Для получения информации о параметрах движения (угловой скорости ω и положении φ вала приводного двигателя) используется СКВТ, работающий в фазовом режиме, ротор которого жестко соединяется с валом СД. Выходной аналоговый сигнал датчика преобразуется в однополярный импульсный сигнал обратной связи частоты f_p аппаратными средствами формирователя импульсов (ФИ). Импульсный сигнал задания частоты f_3 также вырабатывается аппаратным способом и стабилизирован кварцевым генератором. Последовательности импульсов сигналов задания и обратной связи поступают на соответствующие входы фазового дискриминатора (ФД), который реализуется совместным применением как аппаратных, так и программных средств. ФД выявляет фазовое рассогласование сравниваемых импульсных (частотных) сигналов аппаратным способом и выполняет программную обработку полученного сигнала, обеспечивающую защиту от опрокидывания регулирования в динамических режимах при нарушении последовательности появления

импульсов задания и обратной связи. Выходной сигнал ФД используется в электроприводе для формирования закона управления приводным двигателем с применением программного регулятора скорости (РС). Информация о положении ротора СКВТ выявляется аппаратными средствами измерителя положения ротора (ИПР), выходной сигнал которого совместно с выходным сигналом РС поступают на соответствующие входы программного преобразователя координат (ПК). Формирование фазных напряжений двигателя осуществляется силовым преобразователем (СП), законы управления ключами которого определяются выходными сигналами ПК.

Характерной особенностью МИФЭП является разделение функций между аппаратными и программными средствами. Основное количество операций над последовательностями импульсов, используемыми для задания угловой скорости и измерения положения ротора, выполняется логическими элементами. Реализация алгоритма управления, его адаптация к исполнительному механизму, диагностика состояния электропривода и организация взаимодействия с локальной системой управления выполняются программными средствами. Представленные принципы построения МИФЭП затрудняют применение в контуре фазовой синхронизации микроконтроллеров класса Motor Control, поскольку в стандартном наборе элементов, размещенном на кристалле, отсутствуют устройства, необходимые для обработки частотных сигналов. Поэтому основным средством технической реализации системы управления МИФЭП является конфигурируемая система на кристалле (CSoC), которая, в отличие от микроконтроллеров со строго заданным набором функциональных компонентов, предоставляет возможность создания уникального набора периферийных устройств, необходимых пользователю.

Экономический эффект от предлагаемой модернизации достигается за счёт снижения присоединённой электрической мощности компрессорного оборудования [2]. Дополнительное высвобождение мощности в размере не менее 6 кВт будет получено в результате замены пневмоавтоматики на электронные и электромеханические устройства с малым электропотреблением. При этом уменьшится годовое потребление сжатого воздуха на 1785 тыс. м³.

3. Заключение

В результате энергетического обследования выявлены основные недостатки работы основного и вспомогательного оборудования КС. В условиях сниженного технологического потребления сжатого воздуха представляется неоптимальной существующая централизованная структура СПС. При протяжённых и разветвлённых воздухораспределительных сетях потери энергии на преодоление аэродинамического сопротивления и на утечки в совокупности достигают 40%.

Предложено провести реконструкцию существующей схемы пневмоснабжения предприятия с установкой нового компрессорного оборудования с регулируемым электроприводом. Предложена функциональная схема регулирования скорости вращения трехфазного синхронного двигателя, которая позволяет управлять производительностью компрессора, в зависимости от изменения нагрузки. Основным средством технической реализации системы управления МИФЭП является конфигурируемая система на кристалле (CSoC), которая, в отличие от микроконтроллеров со строго заданным набором функциональных компонентов, предоставляет возможность создания уникального набора периферийных устройств, необходимых пользователю.

Проведена предварительная экономическая оценка предлагаемой реконструкции системы пневмоснабжения предприятия.

Литература

1. Михайлов, А.К. Лопастные насосы /А.К. Михайлов, В.В. Молюшенков. – М.; Машиностроение, 1977. – 288 с.
2. Авдюнин, Е.Г. Инструкция по организации работ по рациональному использованию энергии в целлюлозно-бумажной промышленности / Е.Г. Авдюнин, А.Т. Севальнев, Ю.Ф. Битеряков – М.; Министерство лесной промышленности СССР, 1989. – 210 с.
3. Трахтенберг, Р. М. Импульсные астатические системы электропривода с дискретным управлением / Р. М. Трахтенберг. – М.: Энергоиздат, 1982. – 168 с.

Инвентаризация выбросов отработавших газов от дизельных двигателей

Баринов А. С., Малышев В. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,
кафедра энергетики и транспорта)

Аннотация. В современных условиях загрязнение воздуха создает не только серьезную экологическую проблему для жителей крупных мегаполисов, а также средних и даже небольших городов и поселков, но и вызывает глобальные климатические изменения. Общеизвестно, что транспорт является одним из основных источников выбросов загрязнений в атмосферу. В данной статье приведены результаты инвентаризации выбросов от транспортных средств, работающих на дизельном топливе.

Abstract. In modern conditions, air pollution not only creates a serious environmental problem for the inhabitants of large cities, as well as medium-sized and even small towns and villages, but also causes global climate change. It is generally accepted that transport is a major source of emissions of pollutants into the atmosphere. This article will be considered an inventory of emissions from vehicles that use diesel fuel

Ключевые слова: инвентаризация выбросов, экологический стандарт, классификация транспортных средств, оценка эмиссии.

Key words: the inventory of emissions, the environmental standard, the classification of vehicles, the estimation of emission.

Главными задачами исследований по инвентаризации выбросов отработавших газов дизельных двигателей является получение максимально достоверной информации о качественно-количественном составе различных компонентов в отработавших газах, получение сведений об их воздействии на окружающую среду и здоровье человека, анализ возможности контроля этого воздействия.

Для уменьшения выбросов вредных веществ от автотранспорта большинство стран приняли экологические стандарты, которые регулируют максимально допустимые уровни выбросов вредных веществ в выхлопных газах автомобилей. Особое внимание сейчас уделяется сокращению выбросов РМ (а также NO_x) автомобилями с дизельными двигателями.

Первый экологический стандарт Евро-1 был принят в странах Европы еще в 1992 г. и распространился потом на многие другие страны мира. Европейские экологические стандарты (нормы «Евро») регламентируют

содержание в выхлопе автомобилей углеводородов, оксидов азота, угарного газа и твердых частиц. Различаются нормы для дизельных и бензиновых моторов, а также для легковых, легких коммерческих автомобилей разной массы, грузовиков и автобусов. Европейские стандарты выбросов определяют допустимые уровни выбросов выхлопных газов для новых автомобилей, продаваемых в странах-членах ЕС.

Россия приняла европейские стандарты выбросов, которые применяются как к производимым в стране, так и к импортным автомобилям. Нормы выбросов автотранспорта в России регулируется положениями Технического регламента № 609 «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ» (таблица 1).

Таблица 1 – Стандарты выбросов твердых частиц (PM) легковыми автомобилями, грамм/километр

Стандарт	Дата ввода в ЕС	Дата ввода в России
Евро-1	Июль 1992	-
Евро-2	Январь 1996	Апрель 2006
Евро-3	Январь 2000	Январь 2008
Евро-4	Январь 2005	Январь 2013
Евро-5	Сентябрь 2009	Январь 2014*

Для оценки объема фактических выбросов ВС необходимо, в первую очередь, определить численность реально эксплуатируемых в регионе автомобилей с дизельными двигателями. И, если информацию о грузовых транспортных средствах и автобусах, включающую их количество, технические характеристики, режимы работы и условия эксплуатации, получить несложно, пользуясь данными транспортных предприятий, региональной статистики, Автостата, то информация о легковых автомобилях и микроавтобусах с дизельными двигателями практически отсутствует. Для определения численности эксплуатируемого в регионе автопарка нами были проведены дополнительные исследования, включающие видеосъемки на узловых транспортных магистралях города, обследования парковок в центрах тяготения (у крупных торговых и развлекательных центров, в спальнях районах, центральных улицах города), анализ информации об обращениях на станции технического осмотра, а также результатов анкетирования владельцев

транспортных средств. Полученные данные подтвердили значительное расхождение между численностью зарегистрированных и реально используемых легковых автомобилей. Анализ статистической информации о зарегистрированных в Мурманской области транспортных средствах послужил основой для проведения их дополнительной классификации по экологическим классам и возрасту.

В результате обработки статистической информации нами было установлено, что в Мурманской области зарегистрировано более 2700 грузовых транспортных средств, с полной массой до 3500кг; более 3900 грузовых транспортных средств, с полной массой более 3500 кг и более 250 автобусов, работающих на дизельном топливе. Каждая категория транспортных средств дополнительно была разделена на подкатегории в зависимости от их назначения. Для грузовых автомобилей дополнительно была выполнена классификация в зависимости от полной массы, а для автобусов – в зависимости от габаритной длины. Кроме того, каждая подкатегория была разделена на группы в соответствии с экологическим стандартом.

Методология для расчетов выбросов отработавших газов.

Для проведения расчетов использовалась «Методика инвентаризации загрязняющих веществ НИИАТ 2008». Данная методика разделяет автотранспортные средства, составляющие автомобильный парк в регионе на *расчетные типы*, определяемые назначением автомобиля, его техническими и экологическими характеристиками, видом и классом используемого топлива. Для определения расчетного типа автотранспортные средства по своему назначению и технически допустимой максимальной (полной) массе разделяются на следующие типы:

- легковые автомобили;
- грузовые автомобили и автобусы полной массой до 3500 кг;
- грузовые автомобили полной массой более 3500 кг;
- автобусы полной массой более 3500 кг.

Легковые автомобили делятся, в свою очередь, на подтипы в зависимости от рабочего объема двигателя, грузовые – в зависимости от полной массы, автобусы – в зависимости от класса автобуса по габаритной длине.

Расчёт выброса загрязняющих веществ АТС в атмосферу может

осуществляться по упрощенной или детализированной расчётной схеме. Упрощенная расчётная схема используется при инвентаризации выброса загрязняющих веществ АТС в атмосферный воздух при наличии данных о топливопотреблении в регионе, структуре и численности эксплуатируемого парка. Детализированная расчётная схема предусматривает возможность расчётной оценки выбросов нетрадиционных загрязняющих веществ: акролеина, 1,3-бутадиена, толуола, ксилолов, стирола, ацетальдегида, бензола, формальдегида, бензапирена.

Результаты проведенной инвентаризации на примере твердых частиц:

По результатам проведенной инвентаризации были получены данные о выбросах твердых частиц каждой подгруппой транспортных средств за год. При этом объемы выбросов привязывались к пробегу. Инвентаризация проводилась с учетом времени прогрева, который вносит весомый вклад в общий объем выбросов от отработавших газов.

В результате проведенной инвентаризации было установлено, что выбросы твердых частиц от легковых автомобилей за год превышают 14 тонн. Результаты инвентаризации приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты инвентаризации выбросов твердых частиц от дизельных двигателей в Мурманской области

Класс ТС	Количество (более), шт	Выбросы твердых частиц (более), т/год
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Легковые	14000	14
Евро – 0	1300	6
Евро – 1	0	0
Евро – 2	1400	2
Евро – 3	5500	5
Евро – 4	1500	0,5
Евро – 5	4500	0,5
Грузовые (до 3500кг)	2700	7
Евро – 0	200	3
Евро – 1	0	0
Евро – 2	200	1
Евро – 4	250	0,5

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

Класс ТС	Количество (более), шт	Выбросы твердых частиц (более), т/год
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Евро – 5	800	0,1
Грузовые (свыше 3500)	3900	54
Евро – 0	1600	47
Евро – 1	20	1
Евро – 2	600	2
Евро – 3	950	2,5
Евро – 4	350	0,3
Евро – 5	250	0,2
Автобусы	250	9
Евро – 0	130	8,5
Евро – 1	4	0,1
Евро – 2	40	0,4
Евро – 3	50	0,1
Евро – 4	10	0
Евро – 5	2	0

Дальнейшие исследования по инвентаризации выбросов будут заключаться в проведения измерений эмиссии ВС от конкретных групп АТС, а также в разработке комплекса мер по снижению выбросов ВС и других токсичных составляющих выхлопных газов, что позволит улучшить экологическую ситуацию на дорогах города.

Литература

1. Б.И. Базаров, С.А. Калаулов, А.Х. Васидов. Особенности перевода дизелей на питание сжатым природным газом. АвтоГазоЗаправочный Комплекс+Альтернативное топливо. Международный научно-технический журнал. 2011г. ISSN 2073-8323. (Scopus).
2. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте: Введены в действие 14.03.2008. – Ростов н/Д: Феникс, 2008.-125 с.
3. Расчетная инструкция по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортом средствами атмосферный воздух. НИИАТ. 2008г

Применение различных источников света для облучения растений

Блаженкова А. А. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра энергетики и транспорта, e-mail:vorbei@yandex.ru)

Аннотация. Предложено сравнение различных источников фитоактивного освещения для облучения растений, рассмотрены требования, которым они должны соответствовать, выявлены их достоинства и недостатки.

Abstract. Proposed the comparison of different sources phytoactive light for irradiation of plants, considered the requirements that they must match, identified their advantages and disadvantages.

Ключевые слова: растения, источники света, облучательные установки, фотосинтез, спектр электромагнитного излучения.

Key words: plants, lights, irradiation facilities, photosynthesis, the spectrum of electromagnetic radiation.

Для выращивания растений при искусственном освещении используются электрические источники света, разработанные специально для стимуляции роста растений за счет излучения волн электромагнитного спектра, благоприятных для фотосинтеза. Источники фитоактивного освещения используются при полном отсутствии естественного света или при его недостатке. Например, зимой, когда продолжительности светового дня недостаточно для роста растений, искусственное освещение позволяет увеличить продолжительность их светового облучения. [1]

Искусственный свет должен обеспечивать тот спектр электромагнитного излучения, который растения в природе получают от солнца, или хотя бы такой спектр, который удовлетворял бы потребности выращиваемых растений.

В зависимости от вида выращиваемого растения, его стадии развития (прорастание, рост, цветение или созревание плодов), а также текущего фотопериода, требуется особый спектр, световая отдача и цветовая температура источника света. [2]

К источникам света, которые применяются в облучательных установках для растений, предъявляется ряд требований, важнейшими из которых являются: соответственный спектральный состав излучения, создаваемая облученность, пространственная структура светового поля, продолжительность суточного облучения.

В качестве источников света можно использовать люминесцентные и светодиодные источники света. Люминесцентные источники света подразделяются на газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления бывают двух типов: люминесцентные лампы низкого давления (ЛЛ) и натриевые лампы низкого давления (НЛНД). Газоразрядные лампы высокого давления подразделяются на: натриевые лампы высокого давления (НЛВД), дуговые ртутные люминесцентные (ДРЛ) лампы, металлогалогенные лампы (МГЛ).[2]

Люминесцентная лампа – газоразрядный источник света, в котором электрический разряд в парах ртути создаёт ультрафиолетовое излучение, которое преобразуется в видимый свет с помощью люминофора. Люминесцентные лампы низкого давления имеют ряд достоинств: возможность получения источников излучения разного спектрального состава, большой срок службы, большая светоотдача. Стандартные люминесцентные лампы можно применять для выращивания овощей, трав или рассады. Стандартные лампы производят в два раза больше световой энергии на единицу электрической мощности, чем лампы накаливания и имеют ресурс непрерывной работы порядка 20000 часов. Иногда в качестве фитоламп используют менее эффективные, но дешевые люминесцентные лампы холодной цветовой температуры.

Высокоэффективные люминесцентные лампы производят вдвое больше световой энергии, чем стандартные лампы. Специальная форма светильника с очень тонким профилем особенно выгодна при использовании в боксах с ограниченной высотой. Высокоэффективные люминесцентные лампы выдают порядка 5000 Люкс на 54 Вт мощности и выпускаются с теплым цветовым оттенком (2700 К) и холодным (6500 К). Ресурс работы таких ламп составляет около 10000 часов.[1]

Но люминесцентные лампы имеют и ряд недостатков: химическая опасность, неравномерный, линейчатый спектр, неприятный для глаз и вызывающий искажения цвета освещённых предметов, малая единичная мощность, что приводит к громоздким рамным конструкциям, большому числу дросселей, стартеров, экранов.

Компактные люминесцентные лампы – это уменьшенные копии люминесцентных ламп, которые используют как при выращивании рассады дома так и в больших теплицах. Компактные люминесцентные лампы

используются со специальными рефлекторами, которые направляют свет на растения, точно так же как и ГР-лампы. Выпускаются в вариантах: теплый/красный (2700 К), дневной свет (5000 К) и холодный/синий (6500 К) цветовых оттенках. Ресурс работы компактных люминесцентных фитоламп составляет около 10000 часов. [2]

Натриевая газоразрядная лампа – электрический источник света, светящимся телом которого служит газовый разряд в парах натрия. Поэтому преобладающим в спектре таких ламп является резонансное излучение натрия; лампы дают яркий оранжево-жёлтый свет. Эта специфическая особенность НЛ (монохроматичность излучения) вызывает при освещении ими неудовлетворительное качество цветопередачи. Натриевые лампы высокого давления используются во второй (репродуктивной) фазе роста, поскольку их излучение имеет красноватый оттенок. Красный спектр способствует цветению и образованию плодов. Растения используют красно-оранжевую часть спектра НЛВД-ламп в репродуктивных целях, что позволяет получать более высокие урожаи трав, овощей, фруктов или цветов. [3]

Натриевые лампы высокого давления имеют продолжительный срок службы и в шесть раз большую светоотдачу на 1 Вт электроэнергии чем стандартная лампа накаливания. Ввиду высокой эффективности натриевых ламп их используют в качестве дополнительной подсветки в теплицах, где необходимую им часть синего спектра растения получают из естественного освещения. Натриевые лампы высокого давления излучают много тепла, что может вызвать вытягивание стеблей, хотя при должном контроле температуры воздуха эта проблема не так актуальна. [4]

Натриевые лампы низкого давления отличаются рядом особенностей. Во-первых, пары натрия весьма агрессивны по отношению к обычному стеклу. Из-за этого внутренняя колба обычно выполняется из боросиликатных стёкол. Во-вторых, эффективность НЛНД сильно зависит от температуры окружающей среды. Для обеспечения приемлемого температурного режима колбы последняя помещается во внешнюю стеклянную колбу, играющую роль «термоса». [1]

Металлогалогенные лампы – компактный, мощный и эффективный источник света (ИС), находящий широкое применение в осветительных и светосигнальных приборах различного назначения. Металлогалогенные лампы

иногда используют в первой (вегетативной) фазе роста растений, поскольку такие лампы излучают достаточное количество синего света, а синий свет способствует росту зелёной массы на первых стадиях развития растений; в то же время МГ-лампы имеют пик излучения в районе жёлтого цвета. [1]

Иногда в обоих периодах применяются МГ-лампы с добавлением красного спектра или НЛВД-лампы с добавлением синего спектра. Комбинация синей металлогалогенной и красной натриевой лампы высокого давления, как утверждают производители, является идеальной по спектральному составу и крайне эффективной для растениеводства, хотя на самом деле представляет собой компромисс между двумя ситуациями. Лампы такого типа стоят дороже, а служат меньше. Из-за небольшого размера ламп охватываемая световым пятном площадь оказывается значительно меньше той, что получается при использовании стандартных ГР-ламп. [3]

В последнее время на рынке появились источники фитоактивного освещения на основе светодиодов. Путем сочетания диодов разных цветов получают светильники эффективные как на стадии вегетации, так и в репродуктивный период. Последние разработки в светодиодной отрасли позволили производить недорогие, яркие, с большим сроком службы источники фитосвета. Большим преимуществом светодиодных источников является возможность получения монохроматического излучения в фитоактивной части спектра. Привлекательность светодиодов для выращивания растений в помещениях обусловлена многими факторами. Среди них: низкая электрическая мощность, отсутствие балласта, низкое тепловыделение, что позволяет устанавливать светодиоды вплотную к растениям без риска повредить их. Также необходимо отметить, что использование светодиодов снижает испарение, приводя к удлинению периодов между поливами. Мощность светодиодов, получаемых по старой технологии, составляла сотые доли ватта, что не позволяло эффективно заменять ими ГР-лампы. Современные усовершенствованные светодиоды обладают мощностью, исчисляемой десятками и даже сотнями ватт, что делает их достойной альтернативой ГР-лампам. [4]

Мощность и эффективность фитосветодиодов продолжает расти. Светодиоды предыдущего поколения были мощностью 1 Вт. Сейчас в фитосветильниках широко используются светодиоды мощностью 3 Вт и 5 Вт.

Однако светодиоды имеют свои недостатки: меньшая по сравнению с натриевыми лампами высокого давления светоотдача, высокая стоимость. Таким образом, это ограничивает область применения светодиодов – для областей, где требуется высокий уровень освещенности (десятки тысяч люкс). [5]

В данной статье было проведено сравнение различных источников света для облучения растений, выявлены их достоинства и недостатки. Из вышесказанного можно сделать вывод, что каждый из представленных типов источника света может найти свое применение во многих областях растениеводства. Можно отметить, что в результате технического прогресса, светодиоды – один из наиболее простых и результативных источников света.

Литература

1. Леман В.М. Курс светокультуры растений. М., 1976.- С. 60-93, 206с.
2. Судаченко В.Н. Механизация и автоматизация работ в защищенном грунте. Колос., 1982.- 240 с.
3. Молчанов А.Г. Энергосберегающее оптическое облучение промышленных теплиц. – Аргус., 2013 – С.27-45.
4. Айзенберг Ю.Б. Справочная книга по светотехнике / Ю.Б. Айзенберг. – М.: Энергоатомиздат, 1995.- 528с.
5. Максимов Н.А. Применение искусственного света для ускорения роста растений./Н.А.Максимов// Научные конференции ТСХА. Доклады. – 1945. – Вып.1. – С.14-16.

Задержка движения, как показатель оценки функционирования УДС

Гусев Е. С., Малышев В. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедры энергетика и транспорт, e-mail: osht115@yandex.ru)

Аннотация. В настоящее время остро стоит проблема управления транспортными потоками, особенно в больших городах. Для совершенствования оптимизации дорожного движения необходим показатель целевой функции, который обеспечит высокую точность оценки существующей сети и оценку после модернизации.

Abstract. Currently there is an acute problem of traffic management, especially in large cities. To improve the optimization of traffic necessary indicator of the objective function, which will provide highly accurate evaluation of the existing network and evaluation after the upgrade.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, экономические показатели, экологические показатели, безопасность дорожного движения, транспортные сети.

Key words: the road network, economic indicators, environmental indicators, road safety, transport network.

К современным дорожным сетям предъявляются все более жесткие требования, включающие обеспечение безопасности дорожного движения, «сглаживание» транспортных потоков и экологическую безопасность. Современная практика, однако, характеризуется повышением аварийности, загрязнением окружающей среды, увеличением шума, а также ростом себестоимости перевозки пассажиров и груза. Таким образом, актуальной задачей становится совершенствование городской транспортной инфраструктуры для решения накопившихся проблем организации дорожного движения.

Для качественного анализа улично-дорожной сети (далее УДС) необходимо учитывать не только возможность оптимизации дорожного движения, но и его воздействие на экологию исследуемого участка, а также следует учитывать и экономическую эффективность проводимых работ.

В связи с чем возникает необходимость выбора показателя, позволяющего учесть, возможно, более широкий спектр требований, другими словами целевую функцию оптимизации.

Стоит отметить, что УДС представляет собой систему, в которой особую роль играют перекрестки и участки с пересечением потоков, как только

транспортных, так и пешеходных и транспортных. Следовательно, для нормального функционирования УДС необходимо проводить ее исследования с последующей оптимизацией в конфликтных точках.

Для более точного анализа существующей ситуации на исследуемых участках, необходимо подробно рассмотреть основные параметры дорожного движения.

К ним, в первую очередь, следует отнести:

- скорость движения;
- пропускная способность улицы;
- интенсивность движения;
- задержка движения.

Вышеперечисленные параметры тесно связаны между собой и при изменении одного изменяются другие, как в положительную сторону (к примеру, увеличивая пропускную способность дороги, мы увеличиваем интенсивность движения), так и в отрицательную сторону (с увеличением скорости движения, снижается интенсивность, из-за перенасыщения потока).

При проведении оптимизации УДС дополнительным фактором являются экологические показатели, так как признано, что автомобильный транспорт является одним из главных источников загрязнения в городе.

На экологические показатели оказывают влияние:

- интенсивность движения;
- состав транспортного потока;
- задержка движения.

Особую роль в нормальной работе УДС играют экономические показатели.

К таким показателям можно отнести:

- простой ТС (задержка движения);
- состав транспортного потока;
- интенсивность движения;
- скорость потока.

Пренебрегая расчетами показателей экономической эффективности, можно не только снизить пользу проводимой оптимизации, но и увеличить сроки окупаемости оборудования, установленного при внедрении предложенных мер.



Рисунок 1 – Взаимосвязь параметров воздействующих на УДС

Из представленного выше анализа видно, что существенное влияние на функционирование УДС оказывает задержка транспортных средств в потоке.

Данный показатель может использоваться как для анализа существующей схемы движения, так и для оценки эффективности принятых мер.

Стоит отметить, что значение показателя «задержка движения» можно оценить как теоретически, используя различные параметры организации движения (цикл работы светофора, интенсивность движения и т.д.), так и практически, непосредственно на местах исследования УДС.

Выбор показателя «задержка движения» в качестве целевой функции позволит, таким образом, повысить качество выполненных расчетных исследований и существенно снизить трудоемкость проведения оптимизационных исследований.

Литература

1. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения/ Г.И. Клинковштейн. - М.: Транспорт, 2005. 192 с.
2. Щецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков. Статья. Опубликовано в журнале "Автоматика и телемеханика", № 11, 2003, с. 3-46.
3. Живоглядов В.Г. Теория движения транспортных и пешеходных потоков. - Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.- Кавк. регион», 2005.- 1082 с.

Учебно-исследовательский стенд для измерения расходов рабочих сред и исследования процессов теплообмена

Зимнухов Е. Н. (*г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра энергетики и транспорта, e-mail: zimn60@rambler.ru*)

Аннотация. Целью публикации является обучение студентов современным методам измерения расхода жидкостей и газов, а также применению этих методов и приборов для учёта тепловой энергии при эксплуатации систем энергообеспечения и теплоснабжения.

Abstract. The purpose of the publication is to educate students to modern methods of flow measurement of liquids and gases, as well as the application of these methods and devices for recording of thermal energy in the operation of power supply systems and heating systems.

Ключевые слова: расходомеры объёмные, ротационные, гидродинамические, ультразвуковые, мерные диафрагмы, расходы теплоносителей

1. Цель создания стенда

1.1 Обучение студентов современным методам измерения расхода жидкостей и газов

1.2 Обучение студентов применению этих методов и приборов для учёта тепловой энергии при эксплуатации систем энергообеспечения и теплоснабжения.

1.3. Сокращение времени проведения теплотехнического эксперимента и как следствие экономия тепла и воды.

2. Краткий обзор существующих методов измерения расхода жидкости и газа.

Существуют способы измерения расхода жидкости и газов .

2.1 Объёмный способ

Жидкость или газ поступает в мерную ёмкость за определённый промежуток времени. Объём жидкости и время наполнения емкости переводятся в секунднй или часовой ($\text{м}^3/\text{с}$, $\text{м}^3/\text{час}$). расход

Преимущества:

1. Этот метод наиболее точный
2. Объёмный метод применяется для тарировки других типов расходомеров, например гидродинамических и ротационных счётчиков.

Недостатки: требует не менее 3-х человек, значительное время для эксперимента и перевода количества измеренной жидкости в расход её в час.

На морских судах установлены специальные мерные топливные устройства. Есть возможность произвести замер расхода топлива на 1-2 режимах. Трудности возникают при переключении вентилей и сложностью согласовать время отсечки. Используется моряками крайне редко.

Для проведения научно-исследовательских работ и быстроизменяющихся неустановившихся достаточно сложен.

2.2. Ротационные расходомеры.

Широко распространены как в коммунальном хозяйстве, так и в технике.

Преимущества: прибор работает в режиме постоянного измерения. Имеет накопительную шкалу.

Недостатки: шестерёнчатый механизм требует предварительной очистки и фильтрации жидкости. В случае сильной вибрации в измеряемой среде не долговечен. Для определения часового расхода в эксперименте требуется слаженная команда минимум 2 человека.

2.3. Расходомеры на гидродинамическом принципе работы.

Используется свойство жидкости изменять статическое давление при изменении площади сечения. Перепад давления измеряется пьезометрами и дифференциальными манометрами (водяными, ртутными). При значительных избыточных давлениях среды (например в транспортной системе газопроводов избыточное давление свыше $P=4$ мПа) применяются дифференциальные датчики давления типа ДД. Они позволяют измерять незначительный перепад давления 0,25...6,3 кПа с точностью до 0,5% на фоне избыточного давления в 40 кг/см^2 .

В качестве сужающих устройств применяются стандартные устройства в соответствии с Правилами Госстандарта РД 50-213-80.

2.3.1 Мерные диафрагмы,

2.3.2 Сужающие устройства, Сопла Вентури, Сопла Лавалья, простые сопла.

Преимущества :

1 Измерение расхода жидкости (газа) производится в течении 1 минуты по перепаду давления в дифференциальном манометре 1 человеком. Не требует специальной подготовки.

2. Точность измерения достигает 0,5% при тщательной тарировке прибора.

3. Приборы широко применяются в нефтегазовой промышленности и в научно-исследовательских работах

4. Долговечная конструкция, не требующая квалифицированного обслуживания

Недостатки:

1. Дорогостоящая оснастка для обработки импульса в электронный вид.

2.4 Ультразвуковые расходомеры

В качестве современных расходомеров можно с уверенностью назвать лидером расходомеры, работающие на принципе ультразвукового способа измерения скорости. При достаточно хорошей точности измерения (рекламируют погрешность измерения 1%) прибор имеет электронную, накопительную карту памяти.

2.4.1 Общее описание

MULTICAL® 402 представляет собой статический ультразвуковой счетчик для измерения тепловой энергии, энергии охлаждения или комбинированного измерения тепловой энергии и энергии охлаждения. Счетчик предназначен для измерения энергии в любых закрытых системах

MULTICAL® 402 использует ультразвуковой принцип измерения, специализированные интегральные схемы и микропроцессорную технологию.

Вычисление объемного расхода производится методом измерения разности времени прохождения ультразвуковых сигналов, посылаемых в двух направлениях, и обеспечивает высокую точность и долговременную стабильность измерений. Два ультразвуковых приемопередатчика посылают друг другу сигналы одновременно, по направлению потока и против него. Сигнал, движущийся в направлении потока, достигает противоположного датчика первым, и по разности во времени получения двух сигналов вычисляется скорость потока и затем объемный расход.

Показ значений накопленного итога потребленной тепловой энергии и/или энергии охлаждения может производиться в кВтч, МВтч, ГДж или Гкал, в виде семи значащих цифр и указания единицы измерения. Дисплей может отображать расход теплоносителя нарастающим итогом, счетчик часов эксплуатации, текущие значения температуры и мгновенные значения расхода и мощности

3. В лаборатории теплотехники кафедры Энергетики и транспорта Мурманского МГТУ имеется лабораторная установка, позволяющая определить количество переданного и полученного тепла через теплообменник «труба в трубе». Измерение расхода теплоносителя (горячей воды) и холодной воды осуществляется объёмным способом. Эксперимент достаточно сложен. Измерение расхода требует длительного времени и не позволяет в течении 1 занятия провести серию замеров, что необходимо для понимания сути

процессов теплообмена, зависящих от скорости потока как теплоносителя, так и холодной воды, а также направления движения этих потоков.

Для проведения учебно исследовательской работы целесообразно объединить все расходомеры в одну цепь, Они все вместе одновременно будут контролировать один и тот же расход и один и тот же тепловой поток.

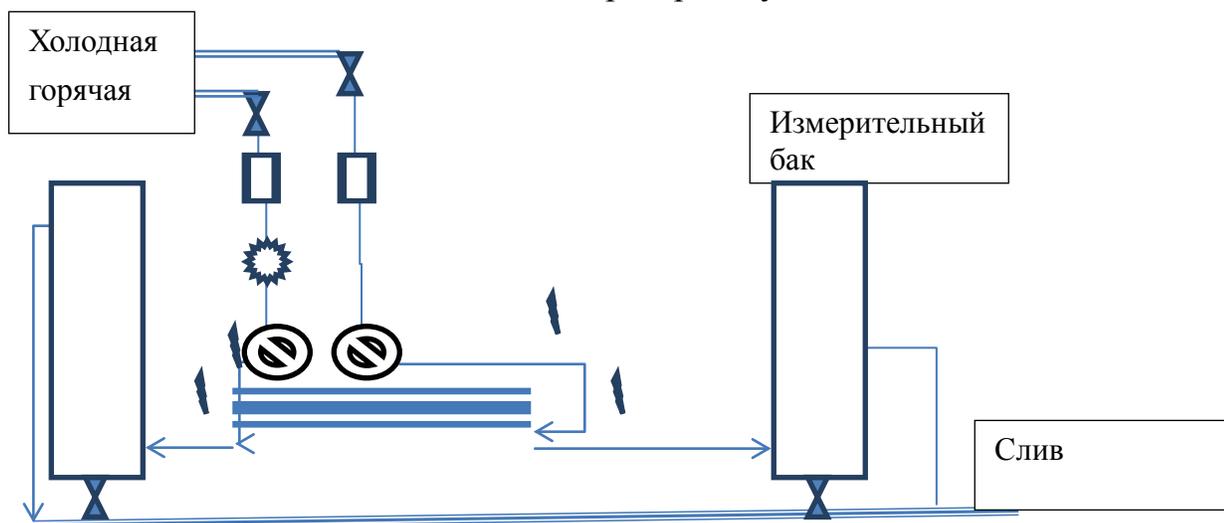
Это даст возможность сравнить преимущества и недостатки различных типов расходомеров и технических решений по измерению тепловых потоков.

Предусмотрена возможность подсоединения других расходомеров и ускоренная тарировка или поверка их характеристик.

Такие стенды отсутствуют на рынке. Индивидуальный заказ под выполнение комплексной задачи оценивается не менее 500000 рублей.

Предлагается комплексное переоборудование имеющейся лабораторной установки и превращение её из учебной, в комплексный учебно-исследовательский стенд, который позволит на более высоком уровне готовить специалистов всех профилей

Схема лабораторной установки



-  Расходомер мгновенного действия гидродинамического типа MULTICAL® 402 представляет собой статический ультразвуковой счетчик для измерения тепловой энергии, энергии охлаждения или комбинированного измерения тепловой энергии и энергии охлаждения. Счетчик предназначен для измерения энергии в любых закрытых системах.
-  Расходомер ротационного типа
-  Теплообменник «Труба в трубе»
-  вентиль
-  термометр

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

Выше представленная лабораторная установка позволит одновременно разными способами производить измерение как расхода воды, так и тепловой энергии, проводить их сравнение. Это даст возможность студенту аналитически оценивать преимущества тех или иных технических решений при решении теплотехнических задач.

Исследование причин аварийного повреждения котлов КВГ-3Д

Мальшев В. С., Зимнухов Е. Н., Пантилеев С. П. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра энергетики и транспорта)

Аннотация. Проведён анализ причин выхода из строя обмуровки котлов КВГ-3Д. Описаны сравнительные испытания двух типов теплоизоляционного прокладочного материала, использование одного из которых привело к срыву ходовых испытаний главной энергетической (двигательной) установки авианосца проекта 11430 «Викрамадитья» («Vikramaditya»).

Abstract. The analysis of the causes of failure of boilers boiler setting KBR-3D. Described comparative tests of two types of insulating cushioning material, one of which resulted in the failure to sea trials of the main power (motor) installation of an aircraft carrier project 11430 Vikramaditya ("Vikramaditya").

Ключевые слова: паровые мазутные котлы с наддувом; обмуровка котла; прочностные теплотехнические свойства теплоизоляционного картона; газотурбинный наддув котлов; аэродинамическое сопротивление газоходов котлов; испытания на прочность и плотность.

Введение

25 августа 2012 года на совещании Межведомственной комиссии представители ОАО «ПО «Севмаш» и ОАО «СКБК» представили информацию о техническом состоянии котлов энергетической установки корабля проекта 11430. Согласно п.2.3 раздела 1 Протокола № 27 «Межведомственного совещания по ремонту и переоборудованию ТАВКр «Адмирал Горшков» в авианосец проекта 11430» от 25.08.2012 года, комиссией было принято решение (цитата) «по завершению летной части программы испытаний выполнить межбазовый переход корабля в г. Северодвинск для проведения ремонта котлов КВГ-3Д и устранения выявленных в ходе испытаний отказов и неисправностей». Комиссия, на основании информации ОАО «СКБК» (п.2 раздела 3 Протокола) о способах устранения дефектов котлов КВГ-3Д, поручила ОАО «СКБК» совместно с ОАО «Балтийский завод» (цитата) «составить перечень материалов для капитального ремонта котлов ...». Пунктом 7 раздела 3 Протокола комиссия предписала ОАО «СКБК» «подготовить обоснование необходимости применения для футеровки асбестосодержащего картона».

С 03 июля 2013 года по 20 сентября 2013 корабль проекта 11430 завершал программу заводских ходовых испытаний и корабельной практики индийского экипажа. Корабль находился в Белом и Баренцевом морях. Проверялись скоростные и маневренные характеристики авианосца, авиационно-технические средства, радиоэлектронное вооружение. В это же время были проведены приемо-передаточные испытания – индийскому заказчику (ВМС Индии) были предъявлены работы корабельных систем и оборудования. Во время испытаний в Баренцевом море была также выполнена одна из главных задач – проведена корабельная практика индийского экипажа, в количестве 875 человек (источник – пресс-служба ОАО «ПО «Севмаш», <http://portnews.ru/news/167792/>). 16 ноября 2013 года корабль проекта 11430, переименованный в авианосец «VIKRAMADITYA», был передан индийскому заказчику.

Первое Заявление о страховой выплате поступило от страхователя 12 марта 2013 года. Размер убытка, согласно этому заявлению, составил 661.363.829,47 руб. с учетом НДС. К Заявлению была приложена Плановая калькуляция на указанную сумму и Пояснительная записка к плановой калькуляции. 26 июня 2013 года страхователь передал страховщику пакет документов с новым расчетом размера убытка. По новой Плановой калькуляции, убыток составил уже 3.096.914.850,84 руб. без НДС.

Срыв ходовых испытаний и триллионные рублёвые иски страховщиков заставили вновь перейти на десятилетиями безотказно отработавший теплоизоляционный прокладочный асбестовый картон КАОН-1 (ГОСТ 2850-95) вместо необоснованно навязанного заказчиком картона огнеупорного теплоизоляционного стекловолнистого марки МКРКЛ-450 (ТУ 1593-003-05802307-98).

Какие свойства картона марки МКРКЛ-450 привели к срыву испытаний?

Физико – химические свойства картона МКРКЛ-450

Размеры рулона	Длина	Ширина	Толщина, мм	10000	600	20±5
Температура применения	°С (max)			1300		
Кажущаяся плотность, не более	кг/м ³			450		
Теплопроводность при температуре 600 ⁰ С ± 250С	Вт/м·К			0,13		
Изменение массы при прокаливании	%			2,0		
Химический состав AL2O3 Cr ₂ O ₃	%			48 2/4		

На первый взгляд хорошие характеристики. Однако в паспорте нет важных для прокладочного материала параметров: предела прочности, характеристики газопроницаемости, нет также сведений о том, как этот картон реагирует на динамические нагрузки.

Все эти неуказанные свойства должны были быть определены перед применением и если они в комплексе лучше таких же свойств применяемого ранее картона КАОН-1, то только тогда можно было бы его применить.

Эти дополнительные исследования были проведены авторами на кафедре «Энергетики и транспорта».

По нашему мнению, главной причиной разрушения кладки являются совершенно неудовлетворительные механические свойства картона МКРКЛ-450. Для доказательства этого утверждения нами были проведены дополнительные исследования по сравнительной оценке механических свойств картонов МКРКЛ-450 и КАОН-1. Важнейшей характеристикой картонов является их прочность на сжатие.

Исследования проводились в лаборатории сопротивления материалов Мурманского государственного технического университета в соответствии с требованиями ГОСТ 17177-94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний» на прессе статическом универсальном ПСУ-50 (рис.1).



Рисунок 1 – Пресс статический универсальный ПСУ-50

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

Результаты исследований представлены ниже в таблицах 1-4.

Таблица 1 – Журнал испытаний для картона КАОН-1, $\delta=10$ мм

№ опыта	Толщина образца до испытаний, мм					Р. кгс	$\sigma_{10} = P/(l b)$, кгс/см ²	Толщина образца после испытаний, мм					Прим.
	1	2	3	4	Ср.			1	2	3	4	Ср.	
1	9,8	10	9,4	9,9	9,78	600	24	9,7	9,6	9,7	9,8	9,70	*
2	10,2	10,2	10,2	10	10,15	650	26	9,7	9,8	9,7	9,8	9,75	*
3	10,1	10,2	10,1	10	10,10	640	25,6	9,8	9,6	9,7	9,6	9,68	*
4	10	10,2	10	10	10,05	610	24,4	9,7	9,8	9,7	9,8	9,75	*
5	10	9,8	10,1	10	9,98	600	24	9,8	9,6	9,7	9,7	9,70	*
Средн					10,01	620	24,8					9,72	

№ опыта	Р. кгс	$\sigma = P/(l b)$, кгс/см ²	Толщина образца после испытаний, мм					Прим.
			1	2	3	4	Ср.	
1	20000	800	7,4	7,3	7,4	7,3	7,35	**
2	20000	800	7,2	7,3	7,2	7,3	7,25	**
3	20000	800	7,3	7,3	7,4	7,3	7,33	**
4	20000	800	7,4	7,3	7,4	7,3	7,35	**
5	20000	800	7,4	7,3	7,4	7,3	7,35	**
Средн.	20000	800					7,33	

ПРИМЕЧАНИЕ: * – большая часть остаточной деформации пришлось на деформацию треугольного рифления на одной из сторон картона КАОН-1. Средняя остаточная деформация 0,29мм;

** – картон уплотнился, поверхности стали гладкими и твёрдыми.

Таблица 2 – Журнал испытаний для картона КАОН-1, $\delta=10$ мм

№ опыта	Толщина образца, мм					Р. кгс	R= P/(l b), кгс/см ²	Деформация, мм	Прим.
	1	2	3	4	Ср.				
1	50,2	50,5	50,3	50,2	50,30	20000	800	15	*
2	50,1	50,0	50,2	50,1	50,10	20000	800	15	*
3	50,2	50,3	50,2	50,2	50,23	20000	800	14,5	*
4	50,3	50,5	50,5	50,4	50,43	20000	800	15	*
5	50,2	50,4	50,3	50,2	50,28	20000	800	14,5	*
Средн.					50,27	20000	800	14,8	

ПРИМЕЧАНИЕ: * – картон уплотнился, поверхности контакта с плитами стали гладкими и твёрдыми, пластины плотно склеились друг с другом. Разрушение структуры картона при максимальной нагрузке пресса (20000кгс) не обнаружено.

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

Таблица 3 – Журнал испытаний для картона МКРКЛ-450, $\delta=10$ мм

№ опыта	Толщина образца до испытаний, мм					Р. Кгс	$\sigma_{10}=P/(l b)$, кгс/см ²	Толщина образца после испытаний, мм					Прим.
	1	2	3	4	Ср.			1	2	3	4	Ср.	
1	9,9	10	9,9	9,9	9,93	300	12,00	9,3	9,3	9,2	9,3	9,28	*
2	10	10,1	10,1	10	10,05	330	13,20	9,2	9,1	9,2	9,3	9,20	*
3	10,1	10,1	10,1	10	10,08	300	12,00	9,1	9,0	9,1	9,1	9,08	*
4	10	10,1	10	10	10,03	310	12,40	9,2	9,1	9,2	9,1	9,15	*
5	10	9,9	10,1	10	10,00	300	12,00	9,2	9,2	9,1	9,2	9,18	*
Средн					10,02	308	12,32					9,18	
№ опыта	Р. Кгс		$\sigma=P/(l b)$, кгс/см ²		Толщина образца после испытаний, мм					Прим.			
	1	2	1	2	3	4	Ср.						
1	2000		80						-	**			
2	2000		80						-	**			
3	2000		80						--	**			
4	2000		80						-	**			
5	2000		80						-	**			
Средн			80						-				

ПРИМЕЧАНИЕ: * – большая часть остаточной деформации пришлась на выравнивание поверхностей сторон картона. Средняя остаточная деформация 0,84мм;

** – картон разрушился, превратился в пылевидную массу.

Таблица 4 – Журнал испытаний для картона МКРКЛ-450, $\delta=10$ мм

№ опыта	Толщина образца, мм					Р. кгс	R= $P/(l b)$, кгс/см ²	Деформация при разрушении, мм	Примечание
	1	2	3	4	Средн.				
1	50,1	50,4	50,3	50,2	50,25	1450	58	10,30	*
2	50,2	50,3	50,2	50,2	50,23	1400	56	10,50	*
3	50,5	50,5	50,3	50,3	50,40	1500	60	11,00	*
4	50,2	50,1	50,3	50,2	50,20	1450	58	12,00	*
5	50,3	50,4	50,3	50,2	50,30	1400	56	11,60	*
Средн.					50,28	1440	58	11,08	

ПРИМЕЧАНИЕ: * – картон разрушился, превратился в несвязанные между собой волокна, находящиеся в пылевидной массе.

Основные выводы по результатам испытаний картонов на прочность.

По результатам испытаний на прочность выявлено:

– образцы асбокартона КАОН-1 ($\delta=10\text{мм}$) при обжатии по одному и в стопке из пяти пластин вплоть до усилия в 20000кгс (20 т) не претерпели каких либо внешних и внутренних изменений (рис. 2, 3). Они стали плотнее и твёрже, стопки из пяти пластин под максимальной нагрузкой превратились в монолитную массу с постоянством квадратного поперечного сечения;

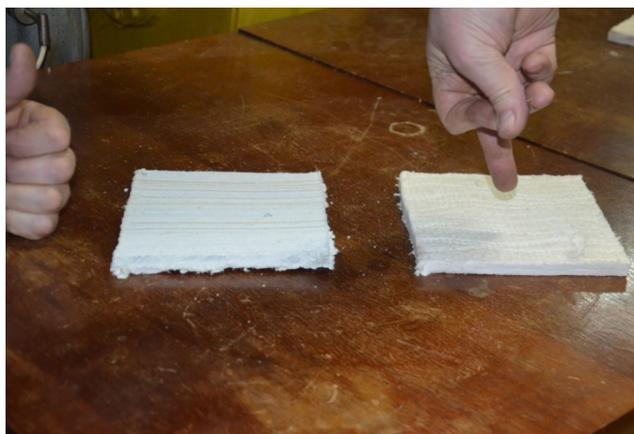


Рисунок 2 – Образцы асбокартона КАОН-1 до и после испытания на стенде ПСУ-50



Рисунок 3 – Картон КАОН-1 (стопка из 5 штук) до и после испытаний на стенде ПСУ-50

– после снятия нагрузки (10% и 20000кгс) измерения показали, что длина и ширина образцов изменилась не более, чем на 1%. Толщина образцов восстановилась на 97% при нагрузке в 620 кгс (причем большая часть остаточной деформации пришлась на деформацию треугольного рифления на

одной из сторон картона) и на 73% при нагрузке в 20000 кгс (20 т);

– видимых различий внутренней структуры пластин КАОН-1 до и после помещения под пресс не обнаружено (рис.4).

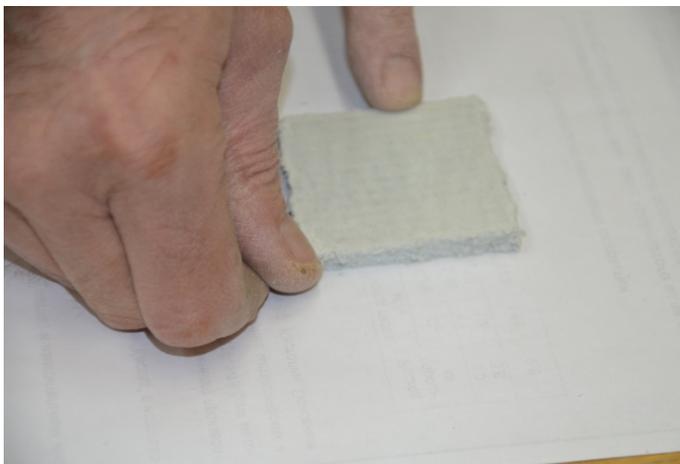


Рисунок 4 – Состояние испытуемой пластины картона КАОН-1 после снятия нагрузки в 20т.

– остаточная деформация картона МКРКЛ-450 более чем в 3 раза выше, чем картона КАОН-1 (в процентном выражении к начальной толщине);

– при обжатии внутренняя структура картона МКРКЛ-450 нарушается, материал расслаивается и превращается в пылевидную массу при нагрузке в 1400 кгс (рис.5);



Рисунок 5 – Состояние картона МКРКЛ-450 после нагружения в 1.4 т.

– после снятия нагрузки материал МКРКЛ-450 полностью в исходное состояние не возвращается. Чем выше нагрузка, тем в большей степени он разрушается.

– при многократных повторных нагружениях внутренние волокнистые структуры МКРКЛ-450 выкрашиваются и выпадают из образцов в виде пылевидной массы (рис.6);

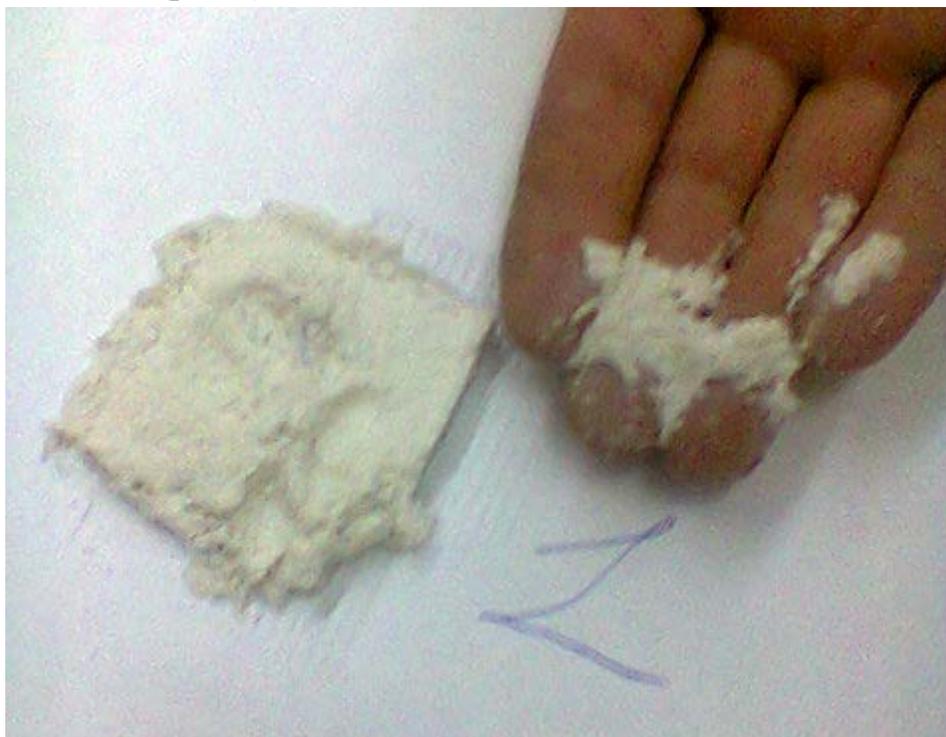


Рисунок 6 – Образцы картона МКРКЛ-450 после нагружения в 1,5 т)

– по качественной сравнительной характеристике картон КАОН-1 превосходит картона МКРКЛ-450 по прочностным параметрам в 14 раз. Картон КАОН-1 сохраняет свою структуру при этих нагрузках, что говорит о его высокой уплотняющей способности. Тогда как картон МКРКЛ-450 при нагрузках более чем на порядок ниже уже превращается в пылевидную массу.

Механические характеристики сказываются прежде всего на уплотняющих свойствах используемых картонов. Нами была предложена и реализована экспериментальная установка, имитирующая работу уплотнения в котлах КВГ-3Д.

Экспериментальная установка для определения уплотняющих свойств картонов.

Шамотный кирпич ЩА размером 160x160x100 с центральным отверстием крепится к металлической плите, имитирующую стенку котла, металлическим болтом диаметром 12 мм (рис. 11). Главным элементом установки является разработанный расходомер (рис.7). Общий вид установки

представлен на рис.8. Важным условием для проведения испытаний является установления момента затяжки болта, крепящего кирпич через уплотнение к металлической стенке котла.



Рисунок 7 – Монтаж экспериментальной установки для оценки уплотняющей способности картонов в лаборатории МГТУ.



Рисунок 8 – Расходомер ТИЗИМ 68 для измерения скоростей и расходов

ГАЗОВ.

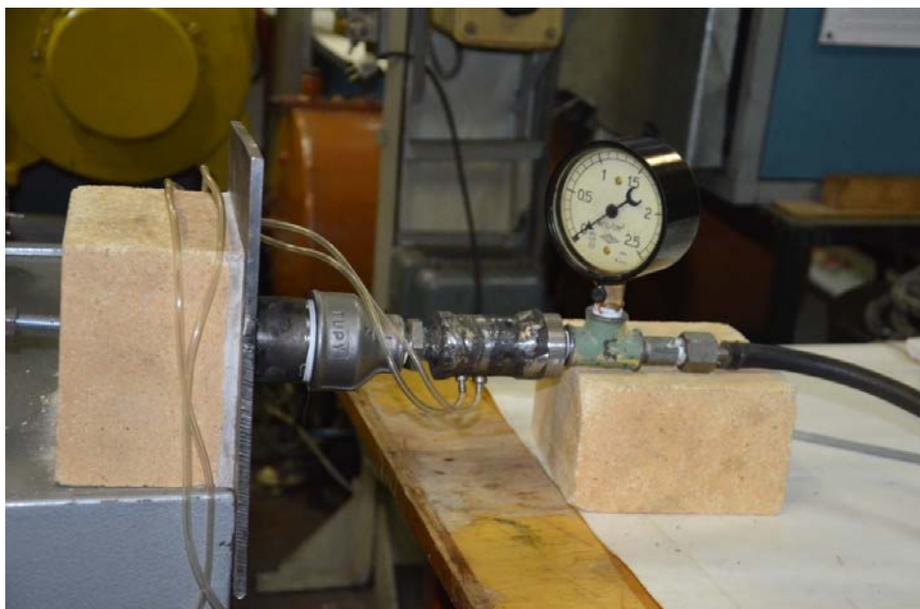


Рисунок 9 – Основная часть собранной установки для сравнения уплотняющей способности картонов КАОН-1 и МКРКЛ-450.

Рассмотрим затяжку болтов, крепящих кирпичи.

На практике затяжку болтовых соединений проводят вручную без манометрических ключей, что может привести и к предельным нагрузкам на картон, когда он потеряет способность восстанавливать свою толщину из-за нарушения связей между волокнами и разрушения самих волокон (превращение их в пыль).

Болтовое соединение М12 может создать осевое усилие до 5000кгс. При этом усилие начнёт разрушаться материал кирпича и под ним материал картона. Без манометрических ключей обжатие этих соединений неизбежно приведёт или к разрушению или к неполному обжатию картона. То и другое приведёт к увеличению его газопроницаемости.

Необходимо также учитывать разность в коэффициентах термического расширения стали болтов и материала шамотных кирпичей. У шамотных изделий коэффициент линейного температурного расширения находится в пределах $0,0000052— 0,0000058 \text{ град}^{-1}$, для стали 45 в интервале от 20 до $t=700^{\circ}\text{C}$ он составляет $0,0000119 - 0,0000152 \text{ град}^{-1}$. На рабочей длине болта $l_{\text{б}}=50\text{мм}$ кирпича – $l_{\text{к}}=35\text{мм}$ расстояние между стенкой корпуса и дном кирпича увеличится на $\Delta l=(\lambda_{\text{б}} l_{\text{б}} - \lambda_{\text{к}} l_{\text{к}}) t=(50 \cdot 15,2 - 35 \cdot 5,8) \cdot 10^{-6} \cdot 700=0,4\text{мм}$. Это от допустимой 10% деформации при толщине картона 10мм составит

40%. Если же остаточные деформации уже появились, то эти 0,4мм будут каналом для прохода воздуха при ослабленном болтовом соединении. Следует иметь в виду, что затяжка болтов дополнительно ослабляется вследствие сначала локальных, а затем полных разрушений кирпичной кладки.

Непосредственной математической зависимости газопроницаемости материала от его пористости пока не установлено, поскольку газопроницаемость материала зависит не только от его пористости, но и от геометрии пор. Так что рассчитать проницаемость с достаточной степенью точности практически не удастся. Поэтому пользуются либо эмпирическими уравнениями, выведенными применительно к конкретной структуре пористого материала, либо определяют проницаемость экспериментально в каждом конкретном случае, что мы и предлагаем выполнить. Тем не менее, установлены некоторые закономерности, качественно характеризующие газопроницаемость пористых тел. Например, известно, что при прочих равных условиях проницаемость материала увеличивается с увеличением его пористости и размера пор. Причем эта закономерность характерна для всех типов структур, но отчетливо она проявляется в керамике зернистого и тем более волокнистого строения.

При высокой газопроницаемости картон будет пропускать через себя воздух, поступающий через зазоры в болтовом соединении. А при вибрации и скачках давления картон будет проминаться, разрушаться и выдуваться из под кирпича, прогрессивно увеличивая протечки. Достаточно хотя бы под одним кирпичом допустить прорыв воздуха, как под сопряжёнными с ним кирпичами начнётся процесс выдувания материала прокладки. При наличии двух или более кирпичей без прокладок они под действием вибрации и изменяющихся сил от давления воздуха и газов кирпичи начнут соударяться друг с другом с соседними кирпичами, разрушаясь при этом и увеличивая щели для прохода воздуха. Разрушение будет иметь характер цепной реакции.

Для подтверждения этих заключений необходимо провести экспериментальное исследование соединения кирпича на прокладке, находящегося под перепадами давления воздуха, соответствующего аэродинамическому расчёту котла в конкретном месте газохода.

Проведём ориентирочное определение потери давления в газоходах. Сопротивление поперечно омываемых пучков труб:

$$\Delta h = \zeta w_p^2 \rho / 2$$

Приведённая скорость для котлов с наддувом:

$$w_{пр} = w_p P / 1,033$$

Средняя температура газов в конвективном пучке и пароперегревателе:

$$t_{ср1} = 0,5 (t_{3т} + t_{3пп}) = 0,5(1852 + 800) = 1326^\circ\text{C}.$$

Средний расход газов через конвективный пучок и пароперегреватель:

$$V_{ср1} = BV_{г} (t_{ср1} + 273) / 273 = 2,4 \cdot 13,23(1326 + 273) / 273 = 186 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{Площадь живого сечения } F_{жс} = 6 \text{ м}^2.$$

Скорость расчётная $w_p = V_{ср1} / F_{жс} = 186 / 6 = 31 \text{ м/с}$, что почти втрое выше чем в обычных котлах.

Приведённая скорость для давления наддува

$$w_{пр} = w_p P / 1,033 = 31 \cdot 3 / 1,033 = 90 \text{ м/с}.$$

При том, что сопротивление поперечно омываемых пучков труб зависит от скорости в квадрате и плотности в первой степени, можно сравнить с пучком котлов работающих под разрежением при равных температурах. Сопротивление увеличится от скорости в $(90/18)^2 = 25$, раза от плотности в $(2,65/1) = 2,65$ раза, итого – 66,25раз. У котлов с такой геометрией пучков потеря давления в них 200...300мм.в.ст. В нашем случае потеря может составить: $13250 \text{ мм.в.ст} = 13,25 \text{ м.в.ст.} = 1,325 \text{ кгс/см}^2$.

Приведенные значения потерь являются ориентировочными, их действительные значения для конвективных пучков можно получить из аэродинамического расчёта котла. Мы посчитали реальным увеличение перепада давлений до 0,1МПа (1 кгс/см^2).

Величины скорости и максимального массового расхода в подкритической зоне через отверстие, с учетом сжатия струи можно определять по формулам:

$$v = \varphi \sqrt{\frac{2}{k-1} \frac{p_0}{\rho_0} \left[1 - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

$$Q_m = \mu \omega_0 \sqrt{\frac{2k}{k-1} p_0 \rho_0 \left[\left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

Потери на трение воздуха учитывают коэффициентом расхода μ , который с достаточной точностью можно вычислить по формулам для

несжимаемой жидкости ($\mu = 0,1...0,6$).

При высоких скоростях течения газа через сопротивления процесс сжатия считается адиабатическим с показателем адиабаты $k = 1,4$. В практических расчетах показатель адиабаты заменяют на показатель политропы (обычно принимают $n = 1,3...1,35$), что позволяет учесть потери, обусловленные трением воздуха, и возможный теплообмен.

где $\omega_0 = \pi(d_0^2 - d_6^2) = \pi(0,014^2 - 0,012^2)/4 = 40,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ - площадь сечения отверстия.

Для определения плотности воздуха при любых условиях можно пользоваться формулой:

$$\rho = \rho_0 T_1 \cdot P / (T_2 \cdot P_0) = 1,29 \cdot 293 \cdot 0,3 / (443 \cdot 0,1) = 2,56 \text{ кг/м}^3,$$

где: $\rho_0 = 1,29 \text{ кг/м}^3$ - Плотность при нормальных условиях;

$P_0 = 760 \text{ мм ртутного столба} = 0,1 \text{ МПа}$,

$P = 0,3 \text{ МПа}$ - заданное давление в МПа,

$T_1 = 293^\circ\text{C}$,

$T_2 = 443^\circ\text{C}$ – заданная абсолютная температура.

Отношение $p/p_0 = 0,2/0,3 = 0,667$ называется степенью расширения газа.

Расчетные величины изменения расходов воздуха приведены на рис.10.

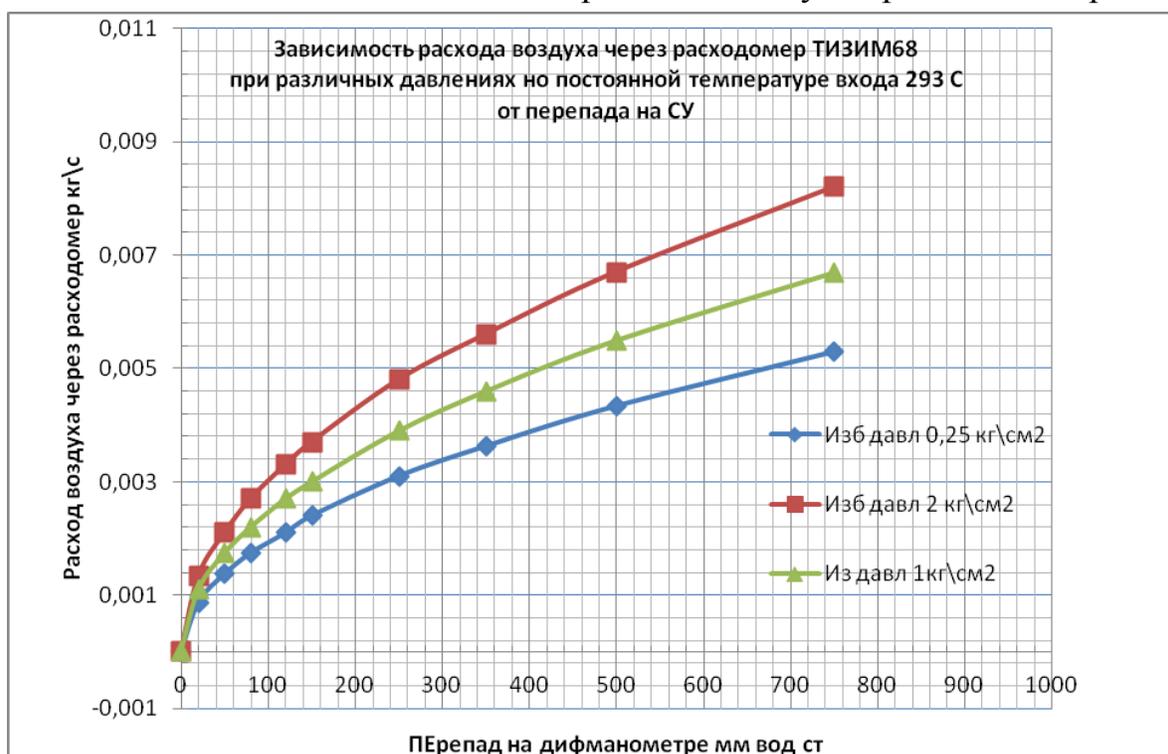


Рисунок10 – Расчетные диаграммы для определения расхода

газа через уплотнения.

Экспериментальное исследование газопроницаемости картонов

Нами было проведено экспериментальное исследование с целью сравнительной оценки газопроницаемости исследуемых картонов.

Основные результаты исследований представлены ниже в таблицах 5-7.

Таблица 5 – Результаты измерений протечки воздуха через уплотнение при использовании картона КАОН-1

Параметры	Размерн.	Время замеров					
		12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45
Затяжка болта крепления, (разгрузка)	кгм	2	2	2	2	(1мм)	(2мм)
Давление воздуха перед СУ	кг/см ²	1	1	1	1	1	1
Перепад давления на СУ	мм вод ст	7	7	7	7	30	60
корость воздуха	м/с	5,84	5,84	5,84	5,84	15,2	23,38
Расход воздуха	кг/с	0,005	0,005	0,005	0,005	0,013	0,02
Относительный расход воздуха к минимальному при уплотнении асбестом	%	0	0	0	0	160	280

Таблица 6 – Результаты измерения протечек воздуха через уплотнение при использовании картона МКРКЛ-450

Параметры	Размерность	Время замеров					
		9:50	9:53	10:00	10:30	11:00	11:05
Затяжка болта крепления, (разгрузка)	кг м	2	2	2	2	1мм	2мм
Давление воздуха перед СУ	кг/см ²	1	1	1	1	1	1
Перепад давления на СУ	мм вод ст	65	80	80	80	190	285
Скорость воздуха	м/с		25,7	25,7	25,7	40,9	
Расход воздуха	кг/с	23 0,02	0,022	0,022	0,022	0,035	0,042
Относительный расход воздуха к минимальному при уплотнении асбестом	%	300	340	340	340	600	700

Таблица 7 – Результаты продувки соединения при разрушенном картоне МКРКЛ-450

Параметры	Размерность	Время замеров				
		11:55	12:00	12:05	12:10	12:15
Затяжка болта крепления	кг м	нет	нет	нет	нет	нет
Давление воздуха перед СУ	кг/см ²		0,1	0,2	0,3	0,4
Перепад давления на СУ	мм вод ст		470	950	1240	1500
Скорость воздуха	м/с		85	115	126	132
Расход воздуха	кг/с		0,054	0,074	0,105	0,117
Относительный расход воздуха к минимальному при уплотнении асбестом			980	1380	2000	2240

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о крайне низких уплотняющих свойствах картона МКРКЛ-450. При его использовании даже изначально пропуск воздуха более чем в 10 раз выше, чем при использовании картона КАОН-1. Более того, выяснилось, что через картон МКРКЛ-450 буквально прорывается воздух при относительно небольшом росте давления воздуха (чуть выше 1 бар). Как известно, на практике давление может достигать 3 бар, что однозначно будет приводить к прорыву воздуха, быстрому разрушению и буквально к выдуванию материала картона МКРКЛ-450.

Выполненные измерения показывают, что возникающий прорыв воздуха в топку даже через 10 болтовых соединений приводит к снижению коэффициента избытка воздуха до единицы. При наличии протечек через остальные болты, а также через уплотнения лючков, воздуха для нормального горения будет не хватать, что и привело в итоге к потере производительности котла. Топливо будет догорать уже за топкой и конвективным пучком, куда прорывается дополнительный воздух, прошедший через болтовые отверстия разрушенных кирпичей. Эффектом «догорания» может быть объяснен наблюдавшийся рост температур газов за экономайзером.

Собственно разрушение кирпичной кладки может быть объяснено следующим образом. Если уплотнение крепёжного болта негерметично, то воздух поступает по стержню в топочное пространство. При этом происходит охлаждение кирпича в районе отверстия и болта. Такой расход через узкую щель между болтом и кирпичом позволяет интенсивно охлаждать кромки кирпича в зоне высоких температур, создавая высокие температурные

напряжения. Возникает циклическая механическая нагрузка в местах крепления болта к кирпичу за счёт поочерёдного увеличения или уменьшения длины. Кроме этого, при протечке воздуха через щель в топку интенсивно циклически охлаждаются кромки кирпича, что также способствует развитию усталостных разрушений. Таким образом, совместное действие механических и температурных напряжений приводит к возникновению усталостных трещин.

В пользу данной версии говорит тот факт, что в самой топке, несмотря на высокую температуру (до 1800°С) разрушений кирпичной кладки практически не наблюдалось. В топке перепад давления между воздушным и топочным пространством не превышает 100 Па, что не позволяет воздуху проходить через неплотности между болтом и кирпичом и приводить к разрушению кладки от возникающих температурных напряжений.

Перечисленные свойства картона МКРКЛ-450 и отклонения от технологических требований привели к первоначальному перегреву кирпичной кладки (высокое термическое сопротивление) и болтов, нештатному прожатию картона с остаточной деформацией, нарушению структуры картона, ослаблению посадки кирпича, появлению дополнительных степеней свободы кирпича, перегреву мертеля и его выкрашиванию, выпадению кирпичей.

Выводы

Своевременно не проверенные прочностные и уплотняющие свойства картона МКРКЛ-450 при замене асбокартона КАОН-1 повлекли при испытаниях авианосца к деформации обмуровки, появлению трещин и щелей в мертеле между кирпичам и в пробках закрывающих крепёжные болты. Динамические нагрузки от газового потока вследствие низких прочностных характеристик картона усилили разрушение мертеля. Перепад давления на отверстиях под крепёжные болты и низкие уплотняющая способность картона привёл к выдуванию разрушаемого мертеля и самого картона. Появилась свобода движения кирпичей и они под действием газового потока, ударяясь друг об друга кирпичи начали разрушаться и выпадать. В результате, во-первых воздух стал поступать в газоходы за топкой, уменьшая его поступление в топку, что снизило производительность котла. Для поддержания нагрузки автоматика стала добавлять топливо, но оно в топке не смогло

полностью сгореть из-за уменьшенной подачи воздуха. Топливо с газами далее попадает в газоходы, где есть требуемый воздух и сгорает, чем увеличивая температуру уходящих газов, что и отмечено в актах. Уменьшению подачи воздуха в топку также способствовал и его нагрев от стенок газоходов, на которых нарушена теплоизоляция вследствие ей выдувания и разрушения кирпичной кладки.

Итак, установка прокладки из картона МКРКЛ-450 привели к срыву испытаний авианосца, дорогостоящему ремонту по их обратной замене на проверенный десятилетней практикой картон КАОН-1.

Оценка эффективности светодиодных ламп, применяемых для организации светокультуры растений

Мертенс Я. Р., Цикота В. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», e-mail: onilla_dx@mail.ru, vera.tsikota@yandex.ru)

Аннотация. Рассмотрены особенности применения светодиодного освещения при выращивании растений в теплицах. Также изложены основные преимущества и недостатки светодиодов, их влияние на рост и развитие растений.

Abstract. The features of the application of LED lighting for growing plants in greenhouses are considered. Also the advantages and disadvantages of LEDs, their influence on plant growth and development of plants are outlined.

Ключевые слова: эффективность, светодиодная лампа, светокультура

Key words: efficiency, LED lamp, photoculture

Дополнительное (искусственное) освещение и досвечивание рассады являются одними из важнейших мероприятий для ее успешного выращивания наряду с созданием благоприятных параметров питательной среды и микроклимата в теплице. Слабая интенсивность естественного освещения, непродолжительность светового дня (см. рисунок 1), что характерно для районов Крайнего Севера, делают использование искусственного освещения жизненно необходимым условием.

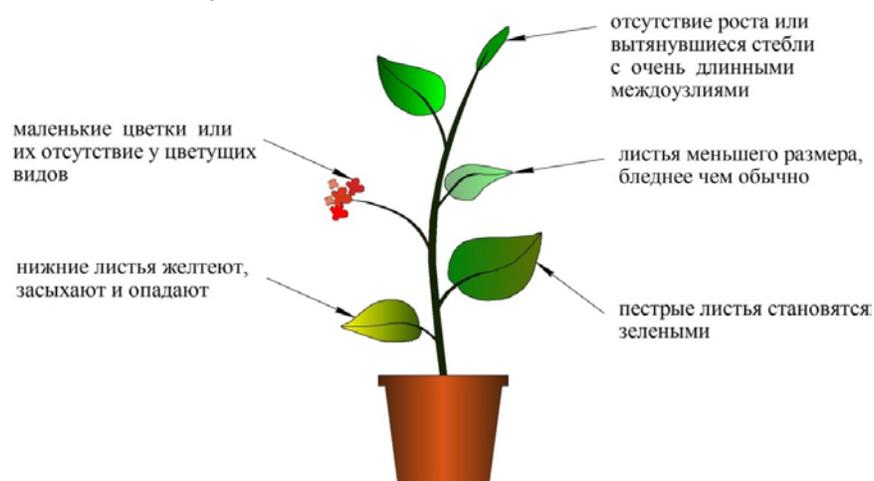


Рисунок 1 – Признаки недостатка света у растения

В качестве источников искусственного освещения в тепличных хозяйствах применяют электрические лампы, основными факторами при выборе которых являются: спектральный диапазон излучения, световая

отдача, количество выделяемой тепловой энергии, мощность, срок службы.[1] Спектральный диапазон излучения лампы должен находиться в пределах $\approx 300-700$ нм (см. рисунок 2) для правильного протекания физиологических процессов на разных стадиях развития растения.

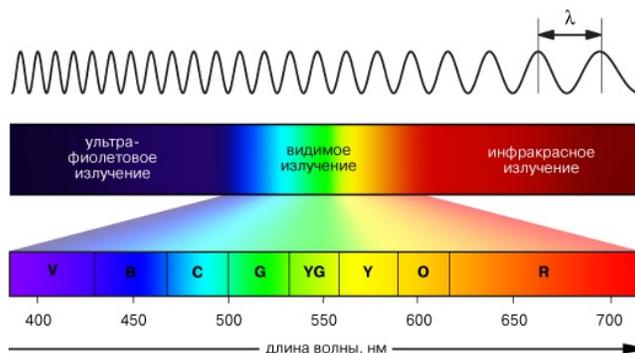


Рисунок 2 – Диапазон электромагнитного спектра

Световая отдача, в свою очередь, показывает, насколько эффективно в лампе преобразовывается электрическая энергия в энергию излучения. Излучение большого количества тепла от лампы негативно сказывается на развитии растения – приводит к излишне ускоренному темпу роста и созреванию рассады.[2] Мощность и срок службы показывают эффективность лампы с экономической точки зрения: сколько электроэнергии потребляет и как часто необходима замена на новую. Несмотря на то, что для использования в системе облучения растений могут использоваться различные типы ламп, соответствующие основным требованиям, например, металлогалогенные, люминесцентные лампы, натриевые лампы высокого давления и др., наиболее эффективными являются светодиодные лампы.

Полупроводниковое освещение, в основе которого лежит использование светодиодов, потенциально является одним из наибольших достижений в тепличном освещении за последние десятилетия. Светодиоды имеют очень большой потенциал, как единственный или как дополнительный источник осветительных систем в тепличной промышленности. Их маленький размер, долговечность, большой срок службы, управление спектральным диапазоном, относительно небольшая температура излучающих поверхностей делает их идеальными для использования в осветительной схеме теплиц. Эти преимущества вместе с новейшими разработками в использовании длин волн, световой поток светодиодов и эффективность преобразования энергии ставят нас на грань революции в тепличном освещении. Светодиоды могут быть предназначены для излучения широкого диапазона (белого) света или узкого

спектра (цветного) диапазонов световых волн. Они могут производиться для излучения фотонов тех цветов, которые соответствуют пикам абсорбции необходимых растительных пигментов, таких как красные и дальнекрасные поглощающие формы фитохрома, или красных и голубых пиков спектров действия фотосинтеза листьев. В светодиодной панели (светильнике) также можно комбинировать светодиоды с разными цветовыми спектрами – такое освещение универсально для всех этапов жизненного цикла растения. [3]

Светодиоды имеют множество преимуществ как источник освещения в теплицах, но есть некоторые сложности, которые замедляют их внедрение в сельскохозяйственную промышленность. Основной их недостаток – это стоимость. Применение в осветительных системах досвечивания требует большого количества отдельных высокомоощных светодиодных устройств и их внедрение в управляемые осветительные системы. Но как и на другие развивающиеся технологии, спрос на светодиоды растет, накапливаются результаты исследований, и со временем стоимость светодиодного освещения для теплиц будет уменьшаться.

Преимущества светодиодного освещения, такие как возможность обеспечения высокой интенсивности света с низким лучистым теплом, регулирование длин волн, что позволяет оптимизировать фотосинтетическую эффективность, эксплуатационные возможности, которые могут значительно уменьшить энергопотребление. Оптимистичный прогноз для полупроводникового освещения вместе с их преимуществами над другими типами ламп делает светодиоды главным кандидатом для использования в тепличном освещении.

Литература

1. McCree K. J. The action spectrum, absorplance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agric. Meteoroi.* 1972. V. 9. P. 192.
2. Нишпорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности. Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. М.: Наука, 1972. – с. 511.
3. Леман В.М. Культура растений при электрическом свете. М.: Колос, 1971.-320с.

Комплексный подход для применения водо-угольного топлива (ВУТ) в муниципальных котельных Мурманской области

Пантилеев С. П., Шмуль А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра энергетики и транспорта e-mail: serpanti@rambler.ru)

Аннотация. Рассмотрен комплекс вопросов, решение которых позволит перевести отопительные мазутные котельные на ВУТ. Предложены схемы подогрева ВУТ в конденсационных утилизаторах тепла продуктов сгорания. Рассмотрены вопросы энергосбережения и экологии при применении ВУТ.

Abstract. Considered a range of issues that will help translate the heating oil-fired boilers at the CWF. Schemes heating CWF in condensing heat exchanger combustion products. The issues of energy conservation and ecology in the application of CWF.

Ключевые слова: Паровые мазутные котлы; форсунки для ВУТ; перегретые жидкости; низкокалорийные топлива; циклонные предтопки котлов; конденсационные утилизаторы тепла; энергосбережение.

Введение

Советский Союз имел большой практический опыт применения водо-угольного топлива в котельных и ТЭЦ. Так в 80-е годы прошлого века был создан крупнейший в мире комплекс по приготовлению в г. Белово Кемеровской области ВУТ и сжиганию его на ТЭЦ-5 в Новосибирске. До 2 млн.т. в год ВУТ транспортировалось для этой цели по трубопроводу протяжённостью 262 км. Через 20 лет водо-угольное топливо опять стало топливом будущего.

За это время в Китае построено и переведено на сжигание ВУТ около 2 млн. кВт теплогенерирующих мощностей и это направление продолжает там развиваться.

Немного об опыте внедрения ВУТ в Мурманской области.

21 и 28 ноября 2008 г. на котельной МУП ЖКХ «Ёнское» было проведено сжигание ВУТ, которое подтвердило основные расчётные параметры сжигания ВУТ.

4 марта 2009 года в пос. Ёнский состоялось совещание, на котором обсуждались шаги по полноценному использованию ВУТ в пос. Ёнский и расширению технологии на Мурманскую область. В совещании приняли

участие вице-губернатор Мурманской области Вячеслав Акатьев, министр территориального развития, строительства и ЖКХ Мурманской области Виталий Меженин, Генеральный Директор ЗАО «Амальтеа» (Москва, организатор проекта) Сергей Мосин.

И вот финальное сообщение в местной печати: «Июль 12, 2011. Цех приготовления ВУТ, построенный ЗАО «Амальтеа» в 2007 году и запущенный в 2008 году, пойдёт в металлолом. Уже начались работы по разбору здания цеха».

На этом попытки внедрения ВУТ в Мурманской области не закончились. Правительством Мурманской области и министром энергетики и жилищно-коммунального хозяйства в феврале 2014 года был объявлен конкурс на разработку «Технического задания на выполнение научно-исследовательских работ по разработке технико-экономического обоснования реконструкции системы централизованного теплоснабжения н.п. Ёнский Ковдорского района путем использования пилотного комплекса приготовления и сжигания водоугольного топлива».

В ТЗ предлагается провести:

1. Анализ существующей системы теплоснабжения, состояния комплекса приготовления и сжигания ВУТ с выдачей обоснованного заключения о его дальнейшем использовании, оценкой затрат и необходимых к проведению мероприятиях.

2. Разработка технико-экономического обоснования реконструкции системы централизованного теплоснабжения путем использования ВУТ в качестве основного вида топлива.

Рекомендации для котельной посёлка Ёнский

Котельная располагается в промышленной части посёлка Ёнский. Здание котельной построено в 70-х годах прошлого века. В связи с запланированным в конце

70-х годов расширением посёлка, в здании котельной было предусмотрено место для шести паровых котлов. Из-за несостоявшегося расширения посёлка в настоящее время потребности на отопление и ГВС могут быть покрыты летом одним паровым котлом ДКВР-6,5-13, а зимой – одним паровым котлом ДЕ-25-14.

Встаёт вопрос: что там реконструировать?

Паровой котёл ДЕ-25-14, призванный обеспечивать теплоснабжение в

зимний период чисто мазутный, и перевод его на ВУТ без основательной реконструкции как топки, так и конвективного пучка для обеспечения удаления из них золы невозможен.

Необходимо установить котлы, которые приспособлены для работы на ВУТ, т. е. обеспечены системой золоудаления из топки и конвективного пучка, экономайзера, воздухоподогревателя (он для работы на ВУТ крайне необходим). Необходимо устанавливать конденсационный подогреватель, так как без него смысл энергосбережения теряется. Ведь в ВУТ содержится до 45% воды, это значит в продуктах сгорания 1 кг топлива содержится 1 кг водяных, при их 70% конденсации получим экономию в 13,4% от теплотворной способности $Q^p_n=13\text{МДж/кг}$.

ВУТ, как низкокалорийное топливо требует особого подхода для организации топочного процесса: повышения температуры в топке, что можно получить при организации неэкранированного циклонного предтопка, повышения температуры воздуха и топлива. Отношение площади поверхностей, отражающих тепло внутри топки, к объему топки в газо – мазутных котлах, как правило, мало для обеспечения требуемой температуры. В результате режим работы котла недостаточно устойчив.

Для эффективного распыла ВУТ в механической форсунке необходимо превратить его в перегретую жидкость (при давлении 2МПа до температуры 169°C).

Приготовление ВУТ должно проводиться на основе низкосольных антрацитов ($A^p=4,1\pm 0,5\%$), а также смесей с высокорекрационными низкосольными углями. Это может быть: Донецкий Г-Кг (газовый, концентрат повышенного качества) с $A^p=11,3\%$, $W^p=13\%$, $V^r=39\%$ и $Q^p_n=24,45\text{МДж/кг}$; Берёзовский бурый уголь Б2-Р (бурый рядовой) с $A^p=4,7\%$, $W^p=33\%$, $V^r=48\%$ и $Q^p_n=16,2\text{МДж/кг}$; Назаровский (бурый рядовой) с $A^p=7,3\%$, $W^p=39\%$, $V^r=48\%$ и $Q^p_n=13,02\text{МДж/кг}$.

Низкая зольность применяемого топлива и применение циклонного предтопка уменьшит вынос зольных частиц через газовый тракт котла и потребует меньшую мощность золоуловителей.

Немаловажный аспект – это использование мелкодисперсной сухой золы из золоуловителей для реализации строительным организациям или для

организации собственного производства продукции из неё (цементно-блочные изделия).

Только весь этот комплекс мер может привести к положительному результату при использовании ВУТ.

К настоящему времени технология приготовления и использования ВУТ достигла уровня промышленного внедрения. Вместе с тем большое количество воды, наличие минеральных компонентов в частицах крупностью до 100–350 мкм и сравнительно невысокая низшая теплота сгорания (12–17 МДж/кг) требуют определенных условий для надежного воспламенения, устойчивого и эффективного горения ВУТ в топках.

СКБ ПроЭнергоМаш совместно с СибЭкоТехника разработало котельную установку на базе парового котла ДКВр 10- 3, предназначенную для вихревого сжигания ВУТ. Стабилизация горения в вихревой топке обеспечивается тем, что горячие продукты горения направляются в корень факела и этим обеспечивают его надежное воспламенение при сравнительно низкой температуре. Для стабилизации горения ВУТ применяется подогрев дутья и используются механизмы внутренней стабилизации горения, характерные для вихревых топок (рисунок 1).

Тонкораспыленное топливо, подаваемое совместно с первичным воздухом через специальную горелку ВУТ, воспламеняется и горит по двухступенчатой схеме, смешиваясь в вихревой топке с потоком вторичного воздуха (рисунок 2).

При нормальном режиме работы отложения золы в топке незначительны и не влияют на работу котла.

Внутри топки за счет перемешивания создаются благоприятные условия для глубокого выжигания летучих, коксового остатка и уноса, подавляется эмиссия вредных веществ и стабилизируется топочный процесс. Газы и частицы уноса, образующиеся при сгорании топлива, движутся в виде вихревого факела. Зола, как более тяжёлая составляющая отбивается к стенкам предтопка и скатывается вниз, чем уменьшается унос.

Для обеспечения круглогодичной тепловой нагрузки в посёлке Ёнском при использовании ВУТ необходимо установить котельную установку на базе

двух паровых котлов ДКВр 10- ЗСКБ, разработанных ПроЭнергоМаш совместно с СибЭкоТехника. Дополнительно необходим их оборудовать воздухоподогревателями подогревателями ВУТ, выходные секции которых должны использовать теплоту конденсации водяных паров в продуктах сгорания. Конденсат, получаемый от утилизационных подогревателей необходимо направлять на приготовление ВУТ.

Процесс приготовления ВУТ необходимо проводить по мокрому типу используя современные кавитационные аппараты, что уменьшит пылевыведение и обеспечит качественный размол угля.

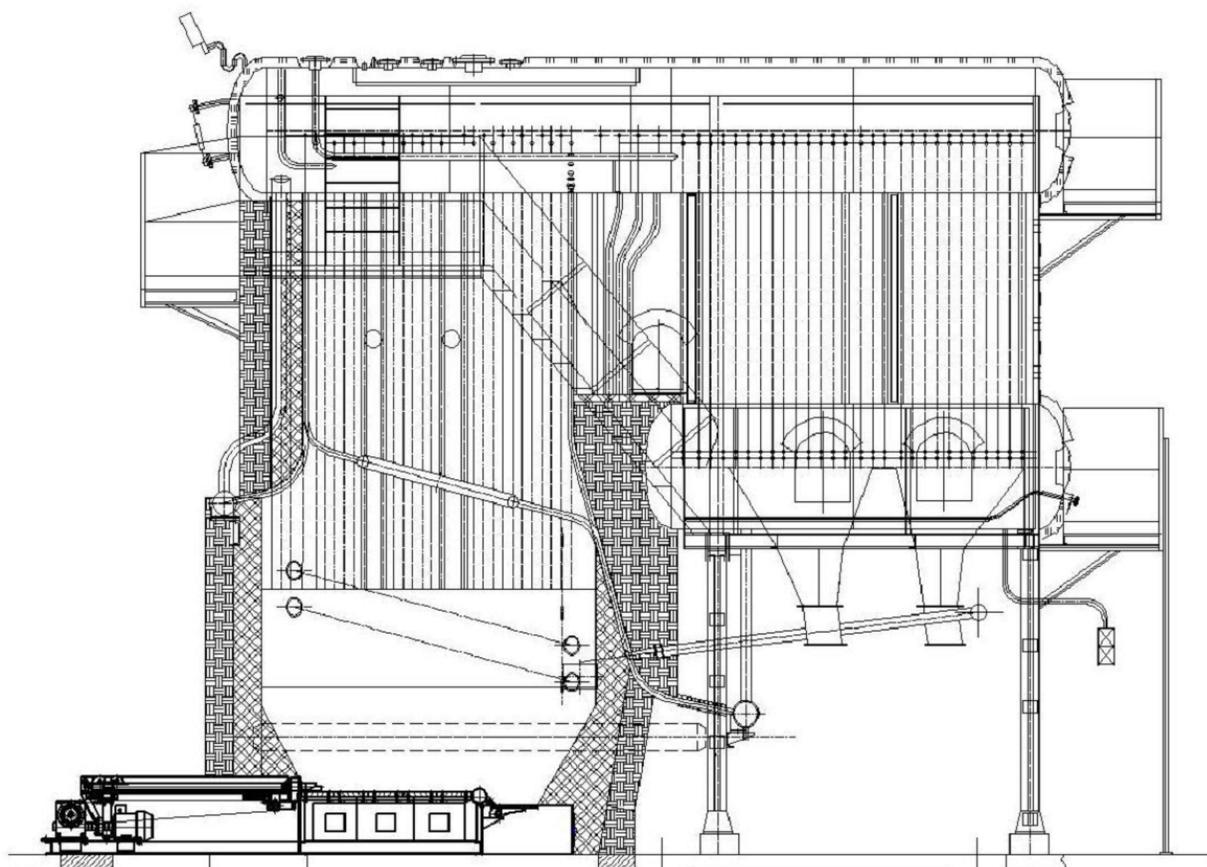


Рисунок 1 – Общий вид реконструированного котла

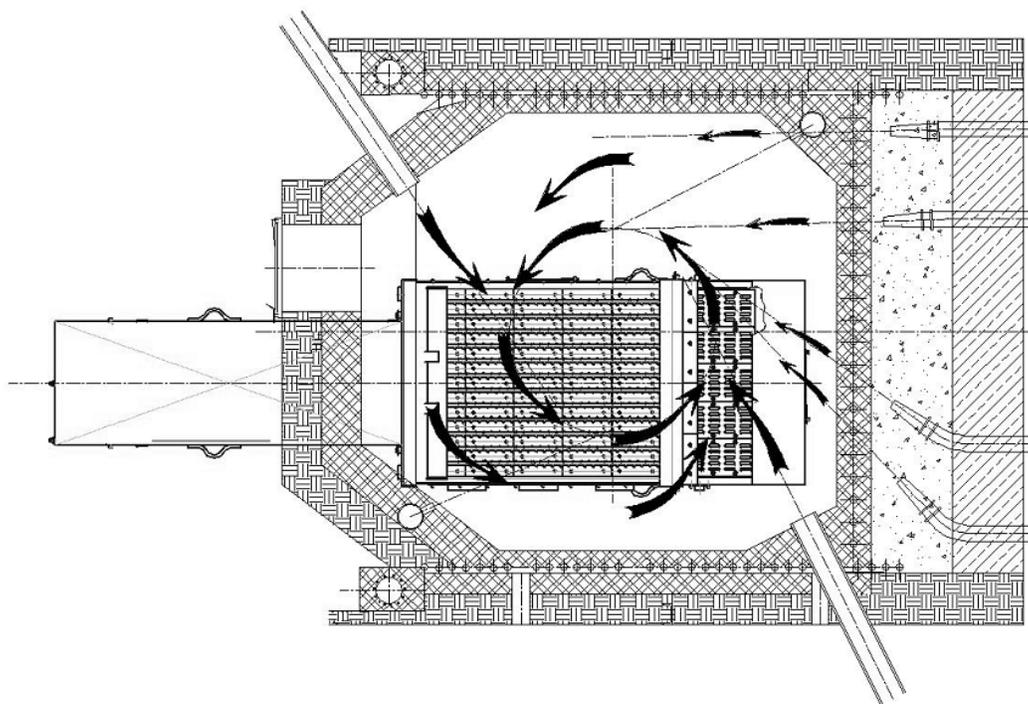


Рисунок 2 – Схема аэродинамики работы предтопка

Кавитационная технология характеризуется высоким уровнем местного динамического компрессионного и температурного воздействия на обрабатываемый материал (до 2000 °С и 2500 атм.) В результате твёрдые компонент смеси (уголь) измельчается до заданной степени дисперсности, а суспензия приобретает новые свойства, выгодно отличающие её от получаемой традиционным способом, в том числе:

- стабильностью на протяжении длительного времени (контрольные образцы выдерживаются около 4-х лет) и пластичностью без каких-либо присадок при достигнутом содержании твёрдого до 70%;
- полностью высушенное или частично обезвоженное топливо переходит при добавлении воды в состояние устойчивой суспензии без механического побуждения;
- топливо не увеличивает объёма при замерзании (при – 4 °С), а после размораживания восстанавливает свои исходные свойства.

По теплосети посёлка предпочтительней оставить открытыми, установив с аккумуляторный бак, что позволит полностью загрузить конденсационный утилизатор, работающий на подпиточной воде ГВС.

Выводы

Экономически оправданный перевод котельной посёлка Ёнский на топливо ВУТ возможен при следующих условиях:

- наличие близкого поставщика низкозольного угля;
- приобретении двух котлов ДКВР 10-14 с циклонным предтопком;
- оборудования котлов воздухоподогревателями и подогревателями ВУТ и конденсационным подогревателем подпиточной воды от уходящих газов котлов;
- перевода системы приготовления ВУТ на кавитационную технологию КАВУТ;
- использования качественной золы из системы золоудаления для реализации или организации собственного производства строительных изделий на её основе.

Литература

1. Горлов, Е.Г. Усовершенствование технологии создания водоугольного топлива из бурых углей / Е.Г. Горлов, Г.С. Головин, О.В. Зотова // Химия твердого топлива. – 1994. №6. – с. 117-125.
2. Делягин, Г.Н. "ЭКОВУТ" новое экологически чистое топливо XXI века / Г.Н. Делягин, С.Ф. Ерохин, А.П. Петраков // Сб. тр. межд. научн. конф. и школы семинара ЮНЕСКО "Химия на рубеже тысячелетий", Клязьма, 2000.- М.: Изд-во МГУ. – 2000.- ч.1.~ с. 101-105.
3. Демидов, Ю.В. Водоугольная суспензия перспективный вид топлива / Ю.В. Демидов, Г.Г. Бруер, С.М. Колесникова, В.П. Петухов // Уголь. -2000.- №9.-с. 40-43.
4. Ходаков, Г.С. Оптимальные технологии приготовления и транспорта водоугольного топлива / Г.С. Ходаков // Известия Академии Наук. - Энергетика. 2000. – №4. – с. 142-152.
5. Саламатин, А.Г. О состоянии и перспективах использования водоугольного топлива в России / А.Г. Саламатин. – Уголь. 2000. – №3. -с. 10-15.
6. Мурко, В.И. Водоугольное топливо / В.И. Мурко, В.И.Федяев, Д.А. Дзюба // Уголь. 2002. – №6. – С. 58-59.
7. Кудинов А.А. Энергосбережение в теплогенерирующих установках. – Ульяновск: УлГТУ, 2000.-139 с.

8. Кудинов А.А., Антонов В. А., Алексеев Ю. Н. «Анализ эффективности применения теплоутилизатора за котлом ДЕ 10-14 ГМ», Промышленная энергетика, 1997, № 4, с. 46-49.
9. Мелькумов В.Н., Турбин В.С., Сорокин Р.В. Исследование тепловых характеристик теплоутилизаторов к котлам малой теплопроизводительности/ Известия ТулГУ. Сер. Строительство, архитектура и реставрация. Вып.7. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2004 – с. 171-177.
10. . Бухаркин Е.Н. «К методике теплового расчета конденсационных утилизаторов за котлами», Теплоэнергетика, 1997, № 2, с. 59-62.
11. Бухаркин Е.Н. «К вопросу обеспечения надежных условий использования экономичных котлов с конденсационными утилизаторами», Промышленная энергетика, 1995, № 7, с. 32-35.

Снижение окислов серы и азота в продуктах сгорания паровых мазутных котлов

Пантилеев С. П., Пентин С. К. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,
кафедра энергетики и транспорта, e-mail: serpanti@rambler.ru)

Аннотация. Предлагается устройство для утилизации тепла продувочной воды с дополнительным эффектом снижения вредных выбросов триоксида и диоксида серы. Рассмотрена оригинальная схема форсунки, работающей на продувочной воде. Определены основные параметры устройства.

Abstract. An apparatus for heat recovery with optional blowdown effect of reducing emissions of sulfur dioxide and trioxide. An original scheme injectors working on the purge water. The main parameters of the device.

Ключевые слова: Паровые мазутные котлы; форсунки на продувочной воде; газовые выбросы; способы снижения выбросов; конденсационные утилизаторы тепла; продувка паровых котлов; энергосбережение.

Введение

В мазуте, сжигаемом в котельных и на ТЭЦ, содержится много сернистых соединений. После его сгорания образуется диоксид серы, являющийся причиной выпадения так называемых кислотных дождей.

Предотвратить вредное воздействие кислоты на здоровье людей, жизнь животных и растительный мир, особенно при сверхнормативной ее концентрации, можно при внедрении эффективных технологических схем по «обессериванию» мазутов. При переработке высокосернистой нефти только 5—15 % серы переходит в дистилляционные продукты; остальная часть серы остается в мазуте, сжигание которого в больших количествах в котельных и ТЭЦ Мурманской области, вызывает повышенную концентрацию сернистых соединений в отходящих дымовых газах.

Топочные мазуты в зависимости от содержания в них серы подразделяются на малосернистые – содержание серы $S^p < 0,5$ %, сернистые $S^p = 0,5-2,0$ % и высокосернистые $S^p > 2,0$ %.

Отечественные топочные мазуты вырабатываются в основном из сернистой нефти и содержат до 3,5 % серы. Концентрация серы в продуктах сгорания таких мазутов недопустимо велика, что особенно неблагоприятно при расположении котельных и ТЭЦ в черте городов, что и происходит в

Мурманске со значительным фоном загрязнения атмосферы. По имеющимся оценкам для мазутных ТЭЦ наиболее целесообразным способом сокращения выбросов диоксида серы с экономической и социальной точек зрения является «облагораживание» топлива в процессе его производства на нефтеперерабатывающих заводах со снижением содержания серы до 1 % и менее. Народнохозяйственные затраты в этом случае оказываются в 1,3-2 раза ниже, чем при установке на котельных и ТЭЦ сероочистных сооружений. При этом сокращаются эксплуатационные расходы и возрастает надежность электро- и теплоснабжения потребителей.

В силу ограниченных денежных средств у муниципалитетов предпочтение отдаётся самым дешёвым из мазутов – высокосернистым, средств на сооружение очистных установок продуктов сгорания также обычно не хватает, что и приводит к тяжелым экологическим проблемам городов.

Методы очистки дымовых газов от SO_2

Основное количество серы в дымовых газах находится в виде диоксида серы (до 99 %) и только 1 % приходится на триоксид серы. Однако именно концентрация SO_3 в дымовых газах определяет коррозию элементов газозащитного тракта.

Доля SO_3 в газе снижается с ростом температуры и с уменьшением избытка воздуха в топке. Такое ведение процесса горения возможно при поддержании точного соотношения между количествами топлива и воздуха, что требует установки дорогой автоматики.

Существует большое количество методов очистки дымовых газов от SO_2 , основанных на селективном поглощении серы различными соединениями. Наиболее экономичны мокрые способы очистки, но они имеют один существенный недостаток – ухудшают способность дымовых газов рассеиваться из-за низких температур газов после мокрого сероулавливателя, в результате чего зачастую концентрация SO_2 в приземном слое вблизи котельных и ТЭЦ, несмотря на очистку, оказывается выше допустимых норм.

К особенностям сероулавливающих установок относится их крупномасштабность. Площадь, занимаемая сероулавливающими установками, соизмерима с площадью основных сооружений котельных и ТЭЦ. Кроме того, эксплуатация сероулавливающих установок связана с потреблением значительного количества реагентов (известняка, извести, аммиака и др.) и образованием соответствующего количества отходов сероулавливания, которые

могут иметь и товарную ценность. Так для улавливания 1 тонны оксидов серы из дымовых газов требуется 1,8 тony известняка.

Устройство для очистки дымовых газов котлов

Нами предложен оригинальный способ очистки дымовых газов котлов, основанный на утилизации продувочной воды и позволяющий одновременно получить дополнительный экологический эффект. Наиболее близким к предложенному является устройство по патенту РФ № 2334548 «Устройство для очистки дымовых газов котлов» (Класс МПК: B01D 53/74) (смотри рисунок 1). В нём продувочная вода после сепаратора насосом подаётся через теплообменник в специальную форсунку для распыливания в продукты сгорания с целью нейтрализации окислов серы и азота.

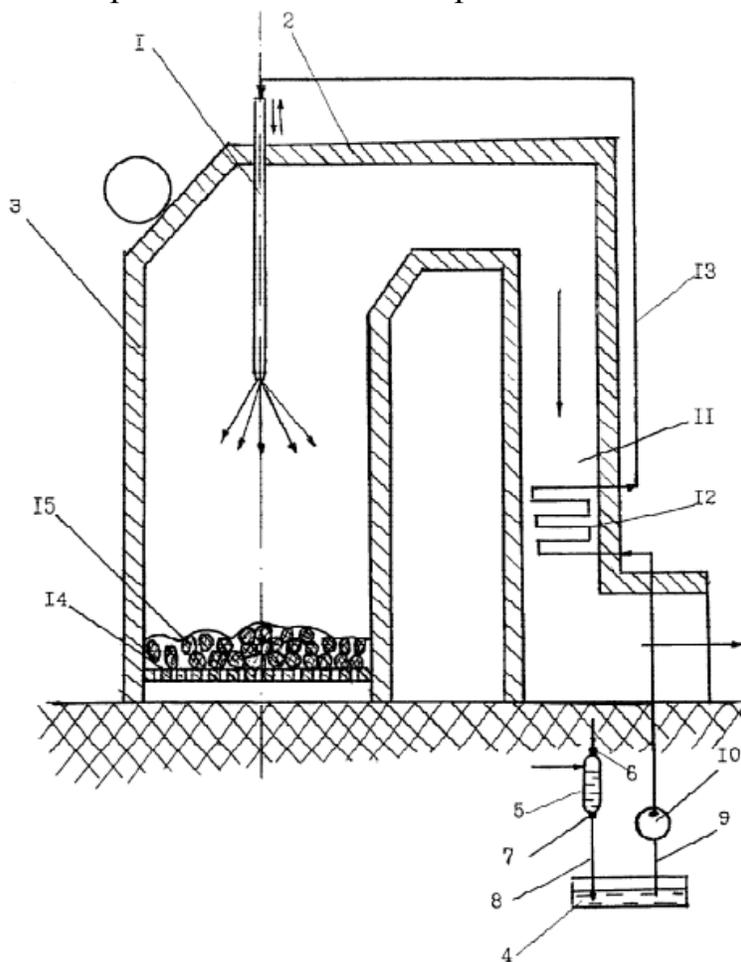


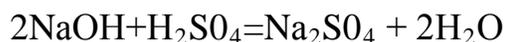
Рисунок 1 – Устройство для очистки дымовых газов котлов:

1 – форсунка; 2 – потолочная панель; 3 – паровой котёл; 4 – ёмкость;
5 – сепаратор продувочной воды; 6, 7, 8, 9, 13 – трубопроводы; 10 – насос; 11 –
газоход; 12 – водоперегреватель; 14 – колосниковая решётка; 15 – топливо.

В котельных и ТЭЦ чаще всего для обработки воды используется Na – катионирование. Поэтому в котловой воде всегда имеется NaHCO_3 . В соответствии с реакцией:



В продувочной воде всегда имеется щёлочь NaOH , с помощью которой и осуществляется очистка (связывание серы) дымовых газов от оксидов серы и азота по следующим реакциям:



Сульфат натрия Na_2SO_4 безводный устойчив выше температуры $32,384^\circ\text{C}$, ниже этой температуры в присутствии воды образуется кристаллогидрат $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. В дымовых газах он будет находиться в безводном сухом состоянии.

Исходя из требования к качеству котловой воды, общей щелочности и сухому остатку продувочной воды согласно материальному балансу продувочной воды и продуктов сгорания доля удаленных оксидов серы составит не более 7,4%.

Рассмотренное выше устройство решает только одну задачу: нейтрализацию окислов серы и азота и то не полностью: при серности топлива в 3,5% и продувке 5% будет нейтрализовано не более 7% серных соединений из продуктов сгорания. При этом для него требуются такие дополнительные устройства, как насос, ёмкость для продувочной воды, сепаратор, подогреватель продувочной воды.

Авторами статьи предложен способ и устройство (заявка № 2015106245, дата подачи 24.02.2015) утилизации продувочной воды, который обеспечивал бы полную утилизацию тепла продувочной воды, возвращение конденсата для подпитки котла, эффективное распыливание топлива и нейтрализацию окислов серы и азота в продуктах сгорания.

Предлагаемое устройство (рис. 2) включает топливную форсунку, работающую на распыливающем агенте – продувочной воде, конденсационный поверхностный подогреватель топлива и подпиточной воды, получающий тепло и скрытую теплоту конденсации водяных паров из продуктов сгорания, каплеуловитель и сборник конденсата. Поставленная цель достигается за счет

того, что в устройстве обеспечивается качественное распыливание топлива в форсунке при помощи соударения струй топлива и продувочной воды, одновременно происходит нейтрализация окислов серы щелочными соединениями продувочной воды, растворение окислов серы в конденсате водяных паров продуктов сгорания на поверхности стойкого к коррозии подогревателя топлива и подпиточной воды.

Авторами предложена и конструкция мазутной форсунки, в которой при помощи соударения струй топлива и продувочной воды, выходящих из сопел, находящихся в одной плоскости и оси которых пересекаются под прямым углом друг к другу и под углом 45° к оси форсунки, дополнительно выполнено осевое сопло для продувочной воды (рисунок 2, вид А и Б).

Известна форсунка, работающая на перегретой воде по патенту РФ № 2468293 «Форсунка на перегретой воде» (Класс МПК: F23D11/10), содержащая цилиндрический корпус с размещенным в нем центральным каналом, навинченную на корпус накидную гайку, внутри которой размещены: упорная шайба; отбойник, выполненный в форме гриба с плоским верхом. Форсунка работает за счет смешивания топлива с распыливающим агентом – парами перегретой воды, масса которой может составлять до 30% от массы топлива. В форсунке распыливающий агент подаётся через одно осевое отверстие и смешивается с закрученным потоком топлива только при выходе из общей камеры, что требует дополнительных конструктивных решений для обеспечения должного качества распыла топлива, таких, как два дополнительных грибообразных отбойника и кольцевой щели, что сильно усложняет конструкцию.

Выполненные сравнительные гидравлические расчёты форсунки на продувочной воде и на паре показали:

Эффект распыливания от перегретой жидкости в сравнении с паровым распыливанием по скорости уступает на 27%.

Удельный расход мазута на производство 1кг пара составит:

$$v = V / D = 0,2 / 1,805 = 0,111 \text{ кг(т) / кг(п)}$$

Экономия топлива при замене парового распыливания на распыливание продувочной водой к примеру для котла ДКВр-6,5-13ГМ составит:

$$\Delta V = v \cdot D_{\text{пр}} = 0,111 \cdot 0,036 = 0,00399 \text{ кг/с} = 14,36 \text{ кг/ч.}$$

$$\text{В процентах: } 100 \cdot 0,00399 / 0,2 = 2\%.$$

Работа форсунок с соударением струй основана на взаимном разбивании на капли нескольких струй, вытекающих из соответствующих насадок. Из точки столкновения двух цилиндрических струй результирующий поток растекается радиально, образуя плоскую пленку, распадающуюся на капли. При столкновении трех и более цилиндрических струй предотвращается выброс части жидкости в верхнюю полуплоскость.

При равном массовом расходе плотность струи от продувочной воды будет в $5,05/0,6=8,45$ раз больше паровой струи. Это обстоятельство увеличит распыливающий эффект от соударения струи от продувочной воды со струей мазута при одинаковых температурах (мазута $100 \dots 160^\circ\text{C}$) и обеспечит более качественное распыливание мазута в сравнении с паровым.

Форсунка обеспечивает четырёхкратное пересечение каждой мазутной струи с двумя струями продувочной воды и одной противоположной мазутной. Дополнительно обеспечивается пересечение всех мазутных струй между собой и с центральной струей продувочной воды. Такое многократное соударение, проходящее при взрывном парообразовании обеспечивает максимальное распыливание мазутных струй и достаточно широкий угол раскрытия топливного факела.

Парциальное давление водяных паров в продуктах сгорания при коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1,1$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,1 \cdot V_{\text{H}_2\text{O}} / \Sigma V_i = 0,1 \cdot 2,08 / 12,71 = 0,016 \text{ МПа}$$

где $V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{Oт}} + V_{\text{H}_2\text{Oпв}} = V_{\text{H}_2\text{Oт}} + 0,01 D p / (\rho_{\text{вл}} V) =$
 $= 1,36 + 0,01 \cdot 2,6 \cdot 5 / (0,803 \cdot 0,2) = 2,08 \text{ м}^3/\text{кг}$ – объём водяных паров в продуктах сгорания, это $0,344 \text{ кг/с}$;

$V_{\text{H}_2\text{Oт}} = 1,36 \text{ м}^3/\text{кг}$ – объём водяных паров, выделившихся при сгорании топлива по таблице ПЗ [4] для мазута высокосернистого;

$0,1 \text{ МПа}$ – давление в газоходу;

$$V_{\text{г}} = \Sigma V_i = V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} + (\alpha - 1) V^0 =$$

$= 1,57 + 8,06 + 2,08 + (1,1 - 1) 10,2 = 12,71 \text{ м}^3/\text{кг}$ – объём продуктов сгорания, входящие параметры по таблице ПЗ [4] для мазута высокосернистого.

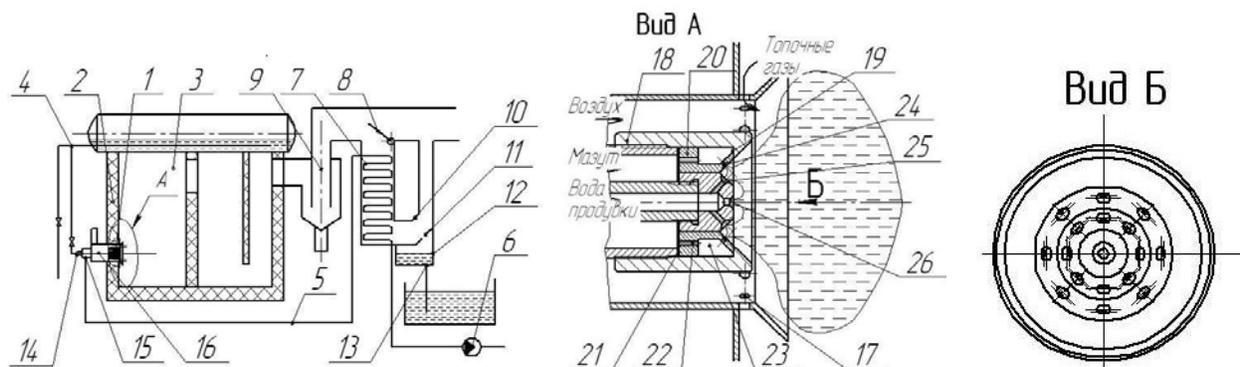


Рисунок 2 – Устройство для утилизации продувочной воды

При таком парциальном давлении водяных паров конденсация начнётся при температуре 56°C при влагосодержании $d_{56}=156\text{г}/\text{м}^3$. При температуре 40°C парциальное давление водяных паров насыщения $0,073\text{МПа}$ при влагосодержании $d_{40}=63,1\text{г}/\text{м}^3$.

На поверхности подогревателей выделится следующее количества конденсата:

$$G_{\text{кон}} = V_{\text{г}} (d_{56} - d_{40}) = 12,71(156 - 63,1) = 1181\text{г}/\text{кг} = 1,181\text{кг}/\text{кг}.$$

Расход конденсата составит:

$$V_{\text{кон}} = V G_{\text{кон}} / \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 0,2 \cdot 1,181 / 990 = 0,238 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 0,238\text{л}/\text{с} = 859\text{л}/\text{ч},$$

что составляет $100 \cdot 0,238 / 0,344 = 71\%$ от всей продувочной воды.

При конденсации выделится следующее количество тепла, приходящееся на 1кг сгоревшего мазута:

$$Q_{\text{кон}} = r G_{\text{кон}} = 2,5 \cdot 1,181 = 2,95\text{МДж}/\text{кг},$$

что от низшей теплоты сгорания мазута ($Q_{\text{н}}^{\text{p}} = 38,77\text{МДж}/\text{кг}$) в процентах составит $100 \cdot 2,95 / 38,77 = 7,6\%$.

Количество диоксида серы, которое растворится в полученном конденсате при его расходе $M_{\text{SO}_2} = 14\text{г}/\text{с}$ составит:

$G_{\text{SO}_2\text{кон}} = f V G_{\text{кон}} = 50 \cdot 0,2 \cdot 1,181 = 11,8\text{г}/\text{с}$, что составляет в процентах от всего диоксида серы $100 \cdot 11,8 / 14 = 84,4\%$.

Средняя теплоёмкость мазута в подогревателе по [4]:

$$\begin{aligned} c_{\text{маз}} &= 1,7375 + 0,002512(t_1 + t_2)/2 = \\ &= 1,7375 + 0,002512(30 + 160)/2 = 1,976\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К}). \end{aligned}$$

Количество тепла необходимое для нагрева мазута до нужных параметров:

$$Q_{\text{маз}} = c_{\text{маз}}(t_2 - t_1) = 1,976(160 - 30) = 257\text{кДж}/\text{кг}, \text{ это } 10\% \text{ от } Q_{\text{кон}}, \text{ что говорит}$$

о том, что бы полностью использовать теплоту конденсации и соответственно уменьшить на 80% выбросы оксидов серы необходимо установить за подогревателем топлива дополнительные поверхности нагрева.

Выводы

Рассмотренное устройство при продувке в 5% позволяет полностью удалить триоксид серы и 85% диоксида серы из продуктов сгорания мазутного парового котла.

Для обеспечения работоспособности устройства за мазутным подогревателем необходимо установить дополнительные поверхности нагрева тепловой мощностью в 10 раз большие, чем у подогревателя топлива, каким может быть подогреватель исходной воды, идущей на водоподготовку.

Подтверждённая тепловыми и гидравлическими расчётами высокая эффективность предложенной конструкция форсунки, позволяет рекомендовать изготовление опытных образцов и проведение испытаний этих образцов на работающем котле.

Литература

1. Патент РФ № 2334548 «Устройство для очистки дымовых газов котлов», автор Левшаков А.М. Бул. № 27 (27.09.2008).
2. Патент РФ № 2468293 «Форсунка», авторы Евдокимов Д.Е., Гачков С.И и др Бул. № 27 (27.11.2012).
3. Патент РФ № 2396487 «Форсунка», авторы Таймаров М.А. Бул. № 22 (10.08.2010).

Безгрешнов, Александр Николаевич. Теплогидравлические процессы в энергетических установках в примерах и задачах : Учеб. пособие Новочеркас. гос. техн. ун-т, Ч. 1. – 1999. – 60 с. : ил., табл.

Методы повышения эффективности работы контура удаления влаги из биотоплива отопительной котельной

Прохоренков А. М., Овсейчик А. В. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ»,
кафедра автоматики и вычислительной техники)

Аннотация. Исследованы режимы работы контура удаления влаги из опилок отопительной котельной, работающей на биотопливе, которые позволили разработать математическую модель функционирования основных контуров. Представлены результаты моделирования контура удаления влаги из опилок.

Abstract. Investigated modes of operation of the circuit of moisture removal from sawdust heating boiler running on biofuel, which allowed us to develop a mathematical model of functioning of basic circuits. Presents the simulation results of the circuit of moisture removal from sawdust.

Ключевые слова: биотопливо, модель, теплоты сгорания древесины.

Key words: the biofuel model, the heat of combustion of wood.

По экономическим причинам и вследствие состояния окружающей среды количество энергии, получаемой от использования биологического топлива в западной Европе, увеличивается. В Мурманской области имеются достаточные ресурсы древесного биотоплива для его использования в качестве энергоносителя для отопительных котельных в небольших сельских поселениях региона.

В соответствии с данными из Лесного плана Мурманской области ежегодный допустимый объем изъятия древесины составляет 560 тыс. м³, при том, что годовая потребность региона в древесине составляет всего 130,3 тыс. м³, которая удовлетворяется полностью.

Необходимо отметить, что потребность в топливе поселковых котельных сравнительно невелики и по примерным подсчетам, учитывая ежегодный допустимый объем изъятия древесины древесное, биотопливо позволит обеспечить 5-10 населенных пунктов Мурманской области необходимым энергетическим ресурсом. Увеличение объема потребления биологического топлива сыграет важную роль в развитии структуры энергоснабжения региона.

Несмотря на ряд преимуществ, использование древесины в качестве топлива сопряжено с некоторыми проблемами. Одной из таких проблем является повышенная влажность древесного топлива.

Для сжигания каждого вида биотоплива существует своя специальная и специфическая технология. Котлоагрегаты, предназначенные для сжигания биомассы влажностью менее 30%, не будут эффективны ни для сжигания влажного биотоплива с содержанием воды около 50%, ни для использования рафинированной биомассы. Влажное биотопливо не будет сгорать из-за того, что ему необходима очень высокая температура внутри котла, достигать которой нет смысла, если использовать более сухую биомассу.

Система управления котлом на биотопливе является сложной многосвязной системой. Функционирование такой котельной описано в [1]. Рассмотрим работу контура удаления влаги из опилок в составе этой системы управления.

Древесные отходы, хранящиеся в бункере накопителе опилок, имеют достаточно высокое содержание влаги и для предварительной сушки его используют отработанные дымовые газы, которые поступают по газоходу перед их удалением в атмосферу. Система сушки начинает нормально работать после выходы котла на режим после розжига [2].

При достижении оптимальной температуры в камере сгорания, открывается задвижка и дымовые газы смешиваются с древесными опилками. Далее топливная смесь дымовых газов с опилками поступает в циклон. В циклоне происходит их отделение на обезвоженное топливо и дымовые газы. После циклона часть газов выбрасывается в атмосферу, а часть опять идет на сушку топлива.

На рис. 1 представлена функциональная схема системы управления контуром удаления влаги из опилок. Влажность опилок, поступающих из дозатора, измеряется с помощью первичных преобразователей М1. С выхода преобразователей сигналы подаются на вход регулятора МС.

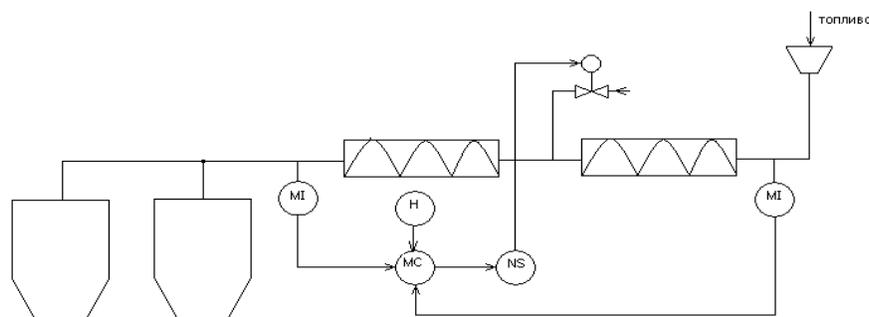


Рисунок 1 – Функциональная схема системы управления контуром удаления влаги из опилок

При отклонении указанного параметра, с выхода МС поступают сигналы на привод, открывающий заслонку и регулирующий подачу отработанных дымовых газов.

На основании математической модели [2], была разработана структурная схема модели контура регулирования влажности топливной смеси, которая изображена на рис. 2. График переходного процесса изменения влажности топливной смеси изображен на рис. 3, который показывает, как влага удаляется из опилок.

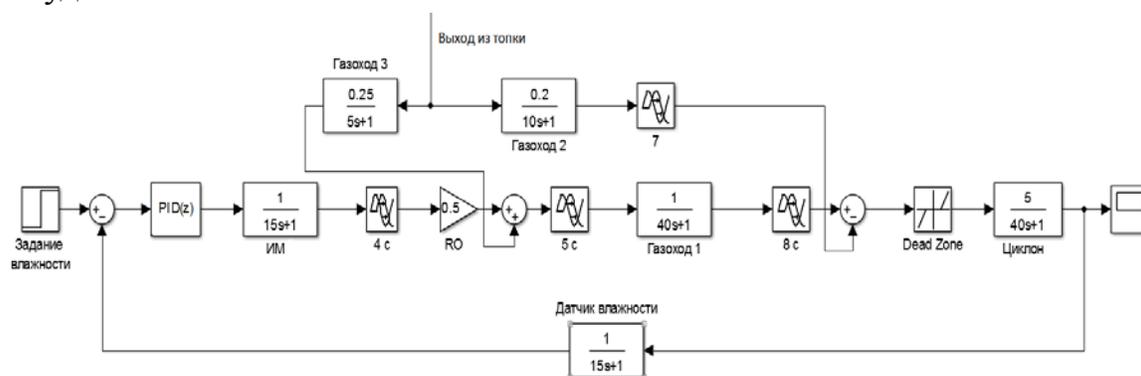


Рисунок 2 – Структурная схема модели контура регулирования влажности топливной смеси

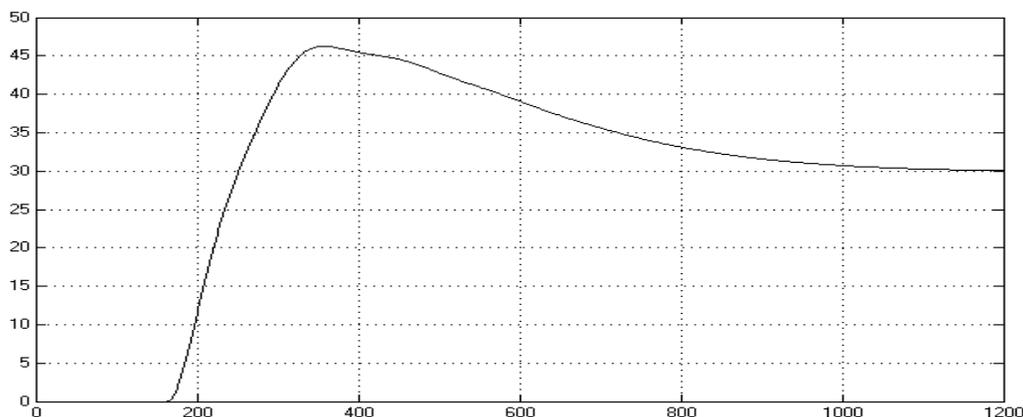


Рисунок 3 – График переходного процесса изменения влажности топливной смеси

Объем сухих газов, приходящихся на 1 кг сжигаемого топлива, можно определить из уравнения:

$$V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{O_2} + V_{N_2}^B + V_{N_2}^T = V_{C.F.} \text{ н.м}^3 / \text{кг}. \quad (1)$$

Полный объем продуктов сгорания, включая водяные пары, определяется из выражения:

$$V_{с.г.} + V_{в.п.} = V_{г. н.м}^3 / кг (2)$$

Водяные пары в продуктах сгорания образуются в результате испарения воды, находящейся в топливе (W^p), и в результате сгорания водорода. Так как принимается, что единственным продуктом неполного сгорания является окись углерода, то объем водяных паров остается неизменным как при полном, так и при неполном сгорании. Учитывая реакцию горения водорода $2H_2 + O_2 = 2H_2O$, $4 + 32 = 36$, находят вес водяных паров, приходящихся на 1 кг сжигаемого топлива:

$$G_{в.п.} = (9H^p + W^p) / 100, кг (3)$$

К этим водяным парам при точных расчетах добавляется вес водяных паров, попавших в топку с воздухом. Обозначая через d влагосодержание воздуха в граммах на 1 кг сухого воздуха (обычно около 10 г), вес паров воздуха W_v можно определить из выражения:

$$W_v = \alpha L_0 d / 1000 кг на 1 кг топлива, (4)$$

где: α – коэффициент избытка воздуха;

L_0 – вес теоретически необходимого воздуха, требующегося для сжигания 1 кг топлива.

Объем водяного пара вычисляется по формуле:

$$V_{в.п.} = (9H^p + W^p + 0,1 \alpha L_0 d) / 80,5 (5)$$

С целью повышения эффективности эксплуатации, а также повышения КПД установки, топливная смесь дымовых газов с опилками поступает в циклон, где происходит их отделение на обезвоженное топливо и дымовые газы (рис. 1, рис. 2). После циклона дымовые газы направляются в конденсатор, где происходит отделение влаги и удаление обезвоженного дыма. Выделенная влага, после очистки, поступает в качестве подпитки в котёл.

Определим влияние влажности на теплотворную способность биомассы, – щепы (отходов лесозаготовки). Аналитические зависимости вычисления высшей Q_B^p и низшей Q_H^p теплотворной способности окорённой древесины от уровня влажности можно определить по эмпирической формуле Менделеева:

$$Q_B^p = 340C^p + 1030H^p - 109(O - S)^p, кДж/кг (6)$$

$$Q_H^p = 340C^p + 1030H^p - 109(O - S)^p - 25(9H + W), кДж/кг (7)$$

Графическая зависимость воздействия влаги на величину теплоты сгорания древесины представлена на рисунке 4, где зависимости величины

высшей $Q_{\text{в}}^{\text{P}}$ (ВТС) и низшей $Q_{\text{н}}^{\text{P}}$ (НТС) теплотворной способности окорённой древесины от уровня влажности в процентах от общего веса имеют следующие характеристики: 1 – НТС, 2 – ВТС

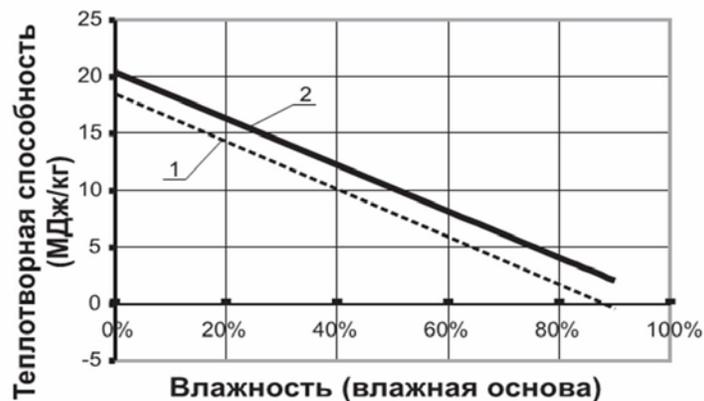


Рисунок 4 – Воздействие влаги на величину теплоты сгорания древесины

Процесс горения протекает во встречных потоках: свежее биотопливо добавляют периодически сверху и при постепенном его выгорании образующийся шлак в жидком или твердом состоянии движется вниз и накапливается на решетке, а воздух поступает снизу навстречу топливу. По мере подхода шлака к решетке он охлаждается воздухом (жидкий шлак затвердевает) и создает защитный слой, препятствующий перегреву (пережогу) колосников и заплавлению их жидким шлаком. В докладе рассмотрены процессы газообразования в слое щепы/опилок в зависимости от толщины слоя биотоплива. При заданном режиме процесса максимальное значение температуры в слое соответствует наибольшей концентрации CO_2 , т. е. относится к концу кислородной зоны. Увеличение толщины слоя топлива за пределы указанных максимальных значений CO_2 будет повышать потерю от химической неполноты сгорания.

Литература

1. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия. 1968. – 472 с.
2. Прохоренков, А. М. Использование биотоплива в поселковых отопительных котельных / А. М. Прохоренков, А. В. Овсейчик // Сборник научных трудов SWorld. "Современные направления теоретических и прикладных исследований 2014". – Выпуск 1. Том 10 "Технические науки". – Одесса : Куприенко СВ, 2014. – С. 76 – 83.

**Международная научно-практическая конференция
«Наука и образование в Арктическом регионе»**

Повышение энергоэффективности судна за счет модернизации системы вентиляции

Селюгин В. Н. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовых энергетических установок, e-mail: selyugin@mail.ru)

Аннотация. В исследовательской работе были рассмотрены различные способы модернизации системы вентиляции, направленные на повышение энергоэффективности судна. Выявлены наиболее эффективные способы: рециркуляция и рекуперация вытяжного воздуха. Произведен анализ различных способов модернизации, поиск наиболее простых и эффективных вариантов.

Abstract. In this research work various ways of modernization the ventilation system were examined to increase the energy efficiency the ship. The most effective methods: recycling and recovery of exhaust air. The analysis of different ways to modernize, to find the most simple and effective variants.

Ключевые слова: энергоэффективность судна, система вентиляции, модернизация.

Key words: ship energy efficiency, ventilation system, modernization.

В современных условиях важно уделять внимание энергоэффективности, особенно при нынешнем уровне развития технологий и техники, требованиях по охране окружающей среды. Энергетическая эффективность расценивается некоторыми экспертами не иначе, как «пятый вид топлива», поскольку использование меньших объемов энергии помогает сохранить прежний уровень энергетического обеспечения объектов или технологических процессов. Начиная с 1970-х гг. многие страны внедряли политику и программы по повышению энергоэффективности. В Российской Федерации действует Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261 – ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Российские судовладельцы полностью подпадают под действие этого закона. В соответствии со статьей 4 Федерального закона «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основывается на следующих принципах:

1. эффективное и рациональное использование энергетических ресурсов;
2. поддержка и стимулирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
3. системность и комплексность проведения мероприятий по

энергосбережению и повышению энергетической эффективности;

4. планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

5. использование энергетических ресурсов с учетом ресурсных, производственно-технологических, экологических и социальных условий.

Также поправка от 25 декабря 2012 года обязывает ряд видов организаций, в том числе организации, осуществляющие транспортировку нефти и нефтепродуктов, а также организации, чьи совокупные затраты на топливо – энергетические ресурсы составляют за календарный год более 10 миллионов рублей, обязаны провести первое энергетическое обследование и получить энергетический паспорт.

С 1 января 2013 года также стали обязательными, в том числе и для Российской Федерации, требования дополненного Приложения VI к Протоколу 1997 г. Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ 73/78) относительно энергетической эффективности морских судов. Изменения к Приложению VI Протокола 1997 г. Конвенции МАРПОЛ 73/78 были приняты Комитетом по защите морской среды Международной морской организации (ИМО МЕРС) на сессии 15 июля 2011 г. Резолюцией МЕРС.203(62). В целом Приложение VI к Протоколу 1997 г. к Конвенции МАРПОЛ 73/78 посвящено вопросам предотвращения загрязнения воздушной среды с судов. Резолюцией КЗМС ИМО МЕРС.203(62) в Приложение VI МАРПОЛ введена, в частности, новая глава 4, устанавливающая ряд требований к энергоэффективности морских судов и направленная на постепенное снижение объема выбросов углекислого газа объектами морского транспорта. Следует отметить, что в целом энергетическая эффективность морского транспорта (затраты энергии на единицу перевезенного груза) является весьма высокой по сравнению с другими видами транспорта, однако принятие Резолюции КЗМС вывело международное морское сообщество «в авангард борьбы» за повышение энергоэффективности, так как по сути новые правила представляют собой первый отраслевой стандарт энергоэффективности во всей мировой экономике. Новые правила предусматривают ряд мер, направленных на повышение энергоэффективности морских судов, в первую очередь через снижение объемов выбросов углекислого газа в атмосферу.

Также Российский Морской Регистр Судоходства работает над созданием

методики, интегрирующей требования национального и международного законодательства к энергоэффективности судов и предприятий судоходной отрасли. Так как требования к повышению энергоэффективности судов и предприятий морского транспорта исходят сразу из нескольких источников, Российский Морской Регистр Судоходства предложил объединить соответствующую отчетность в единую систему для экономии ресурсов.

Сегодня на промышленный сектор приходится почти 40% годового мирового потребления первичных энергоресурсов и примерно такая же доля мировых выбросов углекислого газа. Повышение энергоэффективности должно стать приоритетной задачей, так как позволяет значительно снизить затраты на топливо – энергетические ресурсы. В то же время не оправдано введение мер, обеспечивающих повышение энергоэффективности при увеличении совокупных затрат на энергоснабжение.

Еще одной важной причиной повышения энергоэффективности и энергосбережения является загрязнение окружающей среды, в частности, газы выделяемые в атмосферу при сжигании углеводородного топлива. В отличие от энергосбережения (сбережение, сохранение энергии), главным образом направленного на уменьшение энергопотребления, энергоэффективность (полезность энергопотребления) – полезное (эффективное) расходование энергии. Энергосберегающие и энергоэффективные устройства – это, в частности, системы подачи и отвода тепла, вентиляции, электроэнергии, в которых тепло не выбрасывается в окружающую среду, а используется вторично для нужд предприятия или сооружения. И чем больше будет внедрено таких устройств и модернизированы существующие устройства, системы, энергетические комплексы, тем будет существенно выше общая энергоэффективность предприятия или сооружения. Для организации эффективного энергоснабжения любого объекта необходимо решить такие важнейшие задачи как измерение, отображение, оценка и оптимизация энергетических потоков.

Целью исследования является повышение энергоэффективности судна за счет модернизации системы вентиляции на примере ледокола типа «Капитан Сорокин». Для достижения цели исследовательской работы необходимо осуществить решение первоочередной задачи – определиться со способом модернизации, так как не все способы возможно применить на морском судне. Ряд определенных факторов просто не даст применить

определенные способы. Далее будут сравнены и определены эти способы или способ.

На дизель – электрическом ледоколе типа «Капитан Сорокин» система вентиляции жилых помещений приточно – вытяжная, с искусственной приточной и естественной вытяжной вентиляцией. Приточный воздух подогревается в главной вентиляционной установке, и затем при помощи центробежного вентилятора подается в помещения. Вытяжка естественная через решетки в дверях кают, коридоры и по вытяжным воздуховодам в атмосферу. Подогрев двухступенчатый: 1я ступень – предварительный подогрев воздуха до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (минимальная температура наружного воздуха – $50\text{ }^{\circ}\text{C}$), 2я ступень – подогрев воздуха до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. В работе участвуют 2 главные вентиляционные установки примерно одинаковой производительности, обслуживающие отдельно жилые помещения левого и правого бортов. Сеть воздуховодов спроектирована так, что во все помещения подается одинаковое количество воздуха. Для повышения энергоэффективности в системе вентиляции могут быть использованы следующие способы:

- Отключение вентиляции или сокращение расхода воздуха там, где это возможно.
- Оснащение системы вентиляции более эффективными воздушными фильтрами.
- Использование утилизации тепла вытяжного воздуха.

1й способ повышения энергоэффективности не может быть применен к системе вентиляции ледокола, так как отключение вентиляции недопустимо в принципе для системы, а сокращение воздуха невозможно применить, так как нарушатся комфортные условия пребывания экипажа в жилых помещениях. При снижении общей производительности вентилятора подача воздуха одинаково снизится во всех помещениях. Данный способ целесообразно применять в помещениях, где нет постоянного пребывания людей и имеющих независимую систему вентиляции, например санчасть, ресторан, камбуз, сауна и др. При отсутствии людей в помещениях можно обеспечить минимальную производительность системы $3\text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади помещения. Данный способ позволит экономит до 95 % потребления электрической энергии электродвигателем вентилятора.

2й способ повышения энергоэффективности может быть применен к системе вентиляции ледокола, но этот способ не всегда целесообразен, так как более эффективные фильтры могут иметь значительную стоимость, а экономия электроэнергии может составить совсем малые значения (до 0,8 %).

3й способ повышения энергоэффективности может быть применен к системе вентиляции ледокола, так как установка работает постоянно. Постоянно затрачивается тепловая энергия на подогрев воздуха и постоянно отводится вытяжной воздух, который может отдать часть своего тепла. Вытяжной воздух может отдать часть своего тепла двумя способами. Самый простой способ – рециркуляция (смешение вытяжного и приточного воздуха). Самый эффективный способ – использование теплообменных аппаратов.

Рециркуляция воздуха является наиболее простым способом утилизации тепла вытяжного воздуха. Часть вытяжного воздуха смешивается с приточным воздухом, тем самым нагревая или охлаждая его. Достоинство способа простота реализации и практически не требуется никаких затрат. Недостаток в том, что в подаваемом в помещение воздухе уже изначально будет содержаться часть вытяжного не свежего воздуха. Для улучшения качества подаваемого воздуха при рециркуляции можно использовать более эффективную систему фильтрации, чтобы удалить как можно большее число вредных веществ из части вытяжного воздуха, отбираемого на рециркуляцию.

Установка теплообменных аппаратов в систему вентиляции также позволяет утилизировать тепло вытяжного воздуха. Существует несколько типов теплообменных аппаратов. Выбран пластинчатый теплообменный аппарат, так как он имеет простую конструкцию и довольно высокую эффективность работы, в нем отсутствуют подвижные части, небольшая цена устройства и практически не требуется обслуживание. Достоинство использования теплообменных аппаратов в том, что в них не происходит смешения воздуха (приточный воздух всегда остается свежим). Недостаток же в более высоких затратах и не всегда возможно организовать установку аппарата.

В расчетах были сравнены оба способа утилизации тепла. Оба способа позволяют значительно снизить затраты на подогрев воздуха: 106,9 кВт/ч при использовании рециркуляции и 78,4 кВт/ч при установке теплообменного аппарата. Снижение затрат на подогрев также снижает расход топлива на 0,36 т/сут и 0,26 т/сут соответственно. Наиболее эффективна рециркуляция оказалась при подводе воздуха до подогревательного змеевика, а установка

теплообменного аппарата наиболее эффективна при установке после подогревательного змеевика, но до нагревательного змеевика. Рециркуляция части воздуха оказалась наиболее эффективным способом, так как при незначительно большей эффективности по сравнению с установкой теплообменного аппарата рециркуляция не требует практически никаких затрат. Даже с установкой более эффективной системы фильтрации финансовые затраты будут меньше, чем на установку теплообменного аппарата. Но можно установить и теплообменный аппарат в систему, или использовать оба способа сразу для большей экономии.

Литература

1. Андрижевский А.А., Володин В.И. Энергосбережение и энергетический менеджмент. – Минск, 2005. – 294с.
2. Горяев А.Б., Данилов О.Л., Ефимов А.Л., Яковлев И.В. Энергосбережение в энергетике и технологиях. – Москва: МЭИ, 2002. – 49с.
3. Гулбрандсен Т.Х., Падалко Л.П., Червинский В.Л. Энергоэффективность и энергетический менеджмент: учебно – методическое пособие. – Минск: БГАТУ, 2010. – 240с.
4. Иванов О.П., Тихомиров С.А. Анализ сроков окупаемости пластинчатого и роторного теплоутилизаторов. Холодильная техника и кондиционирование, 2007. – 5с.
5. Макаров В.Г., Ситченко Л.С., Плесевиčius П.И. Судовые системы микроклимата. Вентиляция и отопление помещений. – Санкт-Петербург: ГМТУ, 1993. – 125с.
6. Мундингер А.А., Мокрецов В.П., Тарасов А.Д. Судовые системы вентиляции и кондиционирования воздуха. – Ленинград: Судостроение, 1977 – 207с.
7. Приточные, приточно – вытяжные и вытяжные установки, центральные кондиционеры. – Розенберг Норд-Вест, 2013. – 42с.
8. Роторный теплообменный аппарат ECONOVENT EV – 2400. Описание, устройство, принцип работы. – Дания, 1980. – 9с.
9. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. – Санкт-Петербург: Авок Северо-Запад, 2005. – 399с.
10. Эффективное управление инженерными системами. SIEMENS, 2012. -55с.

Метод контроля ответственных болтовых соединений

Сергеев К. О., Жуков А. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовых энергетических установок, e-mail: kepstr@rambler.ru, sanya_51@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена разработке методов контроля ответственного крепежа транспортных средств. Приведены результаты контроля затяжки болтов по методу магнитной памяти.

Abstract. The article focuses on the development of vehicles responsible fastening control methods. The results of the bolt tightening control by the method of magnetic memory are submitted.

Ключевые слова: болтовые соединения, контроль затяжки, метод магнитной памяти.

Key words: bolted connections, torque control, magnetic memory method.

Введение

Современный автомобиль, как и любое сложное инженерное сооружение, имеет большое количество ответственных соединений содержащих болтовые соединения. Это в равной мере относится и к двигателю (шатунные болты, шпильки коренных подшипников), и к деталям подвески (стремянки и т. д.).

Методы контроля

Для обеспечения равномерности затяжки в конструкциях, имеющих несколько болтовых соединений, в настоящее время широко используются динамометрические ключи. Они должны обеспечивать одинаковый крутящий момент на каждой гайке болтовых соединений. Однако, учитывая различную податливость болтов, гаек и соединяемых деталей, при одинаковом внешнем крутящем моменте от динамометрического ключа, уровень внутренних напряжений на каждом болтовом соединении получается разный. Кроме того, разный уровень напряжений обуславливается неравномерной нагрузкой по виткам каждого болта и гайки. Известно, что на первые витки резьбы, расположенные у торца гайки, приходится максимальная нагрузка, составляющая около 30% от полной нагрузки, приходящейся на все витки гайки.

Разный уровень внутренних напряжений на отдельных болтовых соединениях одного и того же узла приводит при рабочей нагрузке к преждевременному ослаблению одних болтовых соединений и к перегрузке других. Очевидно, что те болтовые соединения, которые при первоначальной затяжке имеют максимальный уровень внутренних напряжений, наиболее предрасположены к повреждениям болтов и гаек. [1]

Безусловно, существуют и другие методы контроля затяжки резьбовых соединений (например, применение тензорезисторов), но они мало применимы на практике. Затяжка гидравлическим инструментом не везде применима, и, кроме того, не позволяет определить, как распределяются напряжения внутри крепежных деталей.

Для оценки распределения внутренних напряжений по отдельным болтовым соединениям конструкции после их затяжки предлагается использовать метод магнитной памяти металла, широко применяемый в настоящее время для контроля трубопроводов и оборудования. Одним из основных положений метода является связь между изменением остаточной намагниченности изделий и их деформацией. [1]

Приборное обеспечение

Для проведения диагностики шатунных болтов был использован прибор индикатор концентрации напряжений (ИКН-1М-3). Фотография прибора представлена на рис.1. ИКН-1М – система измерения, регистрации и обработки данных диагностики напряженно-деформированного состояния оборудования и конструкций с использованием метода магнитной памяти металла. По величине и характеру изменения нормальной составляющей вектора напряженности магнитного поля, измеряемого над поверхностью контролируемых объектов, по специализированным методикам оцениваются напряженно-деформированное состояние оборудования, структурные изменения металла, и выявляются поверхностные и подповерхностные дефекты. Напряженность магнитного поля (НР) на шкалах прибора проградуирована в А/М (Ампер/метр). Длина регистрируемого перемещения датчика проградуирована в миллиметрах.



Рисунок 1 – Прибор ИКН-1М-3

Методика проведения эксперимента

Для проведения измерений в условиях лаборатории ДВС МГТУ с целью обеспечения необходимого доступа к головкам и гайкам шатунных болтов был изготовлен стенд на базе шатуна дизельного двигателя. Момент затяжки контролировался при помощи динамометрического ключа, которым можно осуществить затяжку до момента равного 600 Н·М, Обе гайки затягивались с одинаковыми усилиями.

Моменты затяжки гаек изменялись через каждые 50 Н·М, начиная с момента 150 Н·М. На каждой стадии затяжки производились замеры напряженности магнитного поля. Схема проведения замеров с указанием точек представлена на рис. 2. Замеры осуществлялись при помощи прибора ИКН-1М-3.

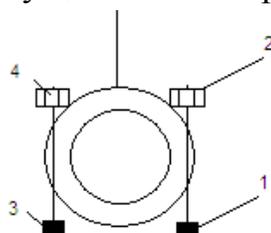


Рисунок 2 – Схема проведения замеров

Для каждого замера были выбраны точки на головке каждого болта и на каждой гайке, в районе 3 – 4 витка резьбы от поверхности детали (точки 1,2,3,4). Таким образом, при каждом усилии затяжки была измерена напряженность магнитного поля в восьми точках. Данные, полученные при проведении замеров, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения магнитного поля в зависимости от усилия затяжки

Усилие затяжки	Напряженность магнитного поля для точек			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
НМ	H ₁ , А/М	H ₂ , А/М	H ₃ , А/М	H ₄ , А/М
150	57	-63	57	-49
200	61	-95	62	-78
250	62	-92	59	-83
300	69	-120	66	-59
350	74	-82	63	-63
400	83	-115	68	-116
450	76	-122	57	-160
500	79	-164	69	-153

Из таблицы 1 видно, что с увеличением усилия затяжки происходит

рост внутренних напряжений в гайке и, соответственно, рост абсолютного значения поля H_p . На основании полученных данных построены графики зависимости напряженности магнитного поля от усилия затяжки гайки. Графики построим для каждой из четырёх точек, в которых снимались данные.

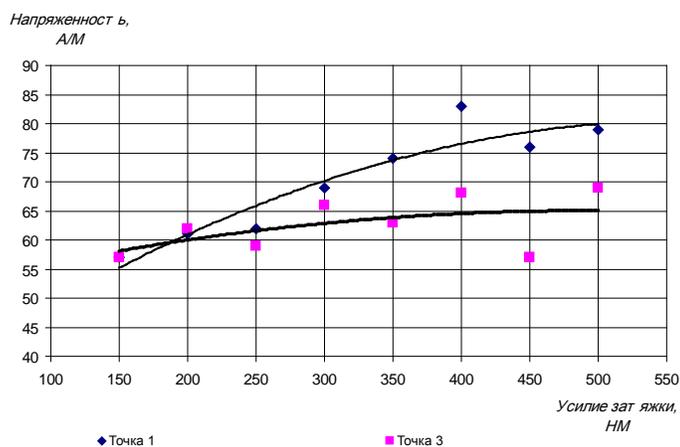


Рисунок 3 – График зависимости напряженности магнитного поля H_{p1} от усилия затяжки (головки болта)

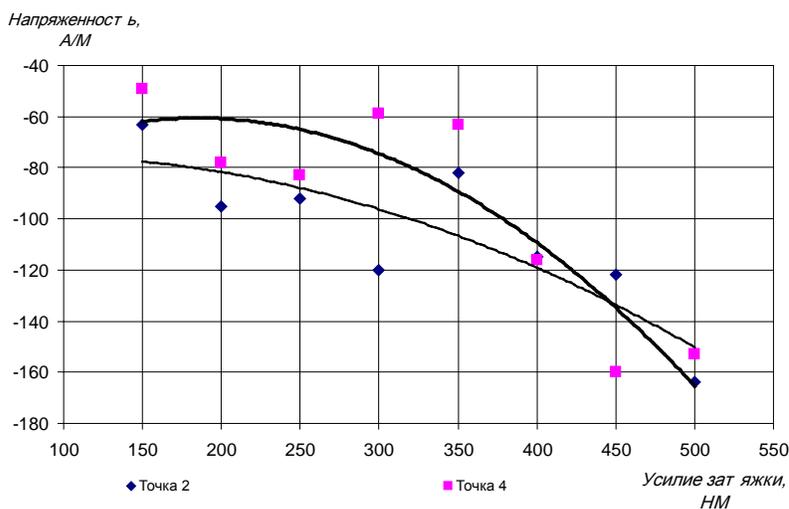


Рисунок 4 – График зависимости напряженности магнитного поля H_{p1} от усилия затяжки (гайки шатунных болтов)

На втором этапе были проведены замеры на трех цилиндрах лабораторного дизеля. Замеры делались с двух противоположных сторон каждой гайки. Таким образом, напряженность магнитно поля была померена в шести точках. Полученные в ходе замеров данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерения магнитного поля на шатунных болтах

№ болта	Напряженность магнитного поля	
	H_{p1} , А/М	H_{p2} , А/М
1	-41	-35
2	47	69
3	55	36
4	106	131
5	140	162
6	46	53

Выводы

При увеличении усилия затяжки болтового соединения растет по модулю напряженность магнитного поля гайки. При равных усилиях затяжки двух различных болтовых соединений наблюдается существенная разница в напряженности магнитного поля двух одинаковых гаек (при усилиях затяжки 300 НМ и 450 НМ). Напряженность магнитного поля болта имеет знак «+», в то время как напряженность поля гайки имеет знак «-».

На основании значения напряженности магнитного поля на затянутых болтах лабораторного дизеля можно сделать вывод, что, несмотря на одинаковые усилия затяжки всех болтов, величина внутренних напряжений металла оказалась различной. У болтового соединения под условным номером 4 напряженность магнитного поля оказалась примерно вдвое большей напряженности остальных соединений, а у болтового соединения под номером 5 – почти в 3 раза.

Заключение

- Проведенные замеры показывают принципиальную возможность использования ММП для контроля затяжки ответственного крепежа транспортных средств;
- Изменение напряженности магнитного поля пропорционально усилию затяжки, но указанная зависимость имеет нелинейный характер;
- Знак напряженности магнитного поля на гайке шатунного болта отличается от знака на головке болта, что, видимо, объясняется различными напряжениями, действующими в указанных деталях;

– Изучение возможности применения метода ММП для контроля состояния деталей крепежа необходимо продолжить, в частности, исследовать характер изменения магнитного поля при увеличении наработки узла и достижении предела текучести материала.

Литература

5. Дубов А. А. Способ определения предельного состояния металла и оценки ресурса оборудования по магнитным диагностическим параметрам // Контроль. Диагностика, №5, 2003

Вибродиагностика форсунок дизельных двигателей большегрузных автомобилей

Сергеев К. О., Жуков А. С. (г. Мурманск, ФГБОУ ВПО «МГТУ», кафедра судовых энергетических установок, e-mail: kepstr@rambler.ru, sanya_51@mail.ru)

Аннотация. Статья посвящена разработке методов вибродиагностики форсунок дизельных двигателей большегрузных автомобилей. Предложена методика измерения вибрации форсунок, приводятся данные эксперимента по определению диагностических параметров.

Abstract. The article focuses on methods developing for vibration diagnostics of heavy vehicles injector diesel engines. The methods for measuring vibration nozzles are offered. The experimental data for determining the diagnostic parameters is submitted

Ключевые слова: топливная аппаратура, форсунка, диагностика, автомобильный двигатель.

Key words: fuel injection equipment, nozzle, diagnostics, car engine.

Введение

Топливная аппаратура является одним из важнейших устройств дизеля. Основным назначением топливной аппаратуры дизеля является:

- дозирование единичной (цикловой) подачи топлива;
- своевременный впрыск отмеренной порции топлива;
- качественное распыливание топлива в рабочем цилиндре.

Топливная аппаратура необходима для обеспечения нормального питания дизеля топливом при различных режимах его работы. От степени совершенства топливной аппаратуры и ее технического состояния в процессе эксплуатации зависят показатели рабочего процесса дизеля, его надежность, экономичность, а также эксплуатационные характеристики. В связи с этим к топливной аппаратуре дизелей предъявляют высокие требования.

Наиболее напряженным узлом топливной аппаратуры является распылитель форсунки, работающий в условиях больших механических и тепловых нагрузок. По этому большая часть отказов дизельного двигателя приходится на отказ форсунок.

Методы контроля технического состояния форсунок

Наибольшее распространение получил метод контроля технического состояния форсунок опрессовкой на специальном стенде, при которой можно

определить практически все характеристики форсунки. Но он требует снятия форсунки с двигателя. Другим методом является метод измерения амплитудно-фазовых параметров изменения давления в нагнетательной магистрали топливной системы. При этом методе в топливную магистраль высокого давления устанавливается датчик, который и фиксирует изменение давления. При диагностировании топливной аппаратуры указанным методом анализ ее работоспособности проводят по осциллограммам процесса впрыскивания путем выделения характерных участков. Качество протекания процесса впрыскивания и состояние деталей топливной аппаратуры оцениваются по таким показателям, как угол опережения подачи, продолжительность впрыскивания, максимальное и среднее давление впрыскивания, фактор динамичности цикла (отношение количества топлива, подаваемого в цилиндр двигателя за период задержки воспламенения, к цикловой подаче топлива) и др. [1]. Для контроля процесса подачи топлива существуют пленочные накладные тензодатчики которые устанавливаются непосредственно на трубку высокого давления. Преимуществом таких датчиков является быстрота монтажа и отсутствие необходимости разбирать трубопровод. Кроме того, датчики можно установить на все трубки высокого давления и регистрировать сигналы в одном срезе времени. Недостаток этого метода заключается в отсутствии возможности определить действительные значения давлений в трубках, приходится использовать сравнительные показатели процессов подачи топлива. Еще одним методом контроля состояния форсунок является контроль ее вибрации. Этот метод, несмотря на простоту реализации, достаточно информативен, хотя и уступает в этом методу измерения давлений. Безусловно, существуют и другие методы контроля топливной аппаратуры, например, по параметрам двигателя и т.д. Здесь они не рассматриваются.

Проведение замеров

Замеры проводились в лаборатории ДВС МГТУ на дизеле 6ЧН12/14, как наиболее близком по конструкции к автомобильным двигателям, например, двигателю ЯМЗ 238 (размерность 12/14 и 13/14 соответственно), близкие по конструкции камеры сгорания, форсунки и топливные насосы, практически одинаковые давления впрыска.

Измерения вибрации проводились на корпусе форсунки, для регистрации сигнала использовался высокочастотный акселерометр от аппаратуры

«Впрыск» совместно с АЦП ZETLab и ЭВМ типа «Ноутбук».

Параллельно с измерением вибрации форсунки измерялось давление в топливной трубке (пьезоэлектрическим датчиком давления) и давление сгорания соответствующего цилиндра. Давление в цилиндре измерялось датчиком GT-20 и регистрировалось прибором К-748.

Схема подключения аппаратуры приведена на рис. 1. Установка соответствующих датчиков на дизеле на рис. 2 ,

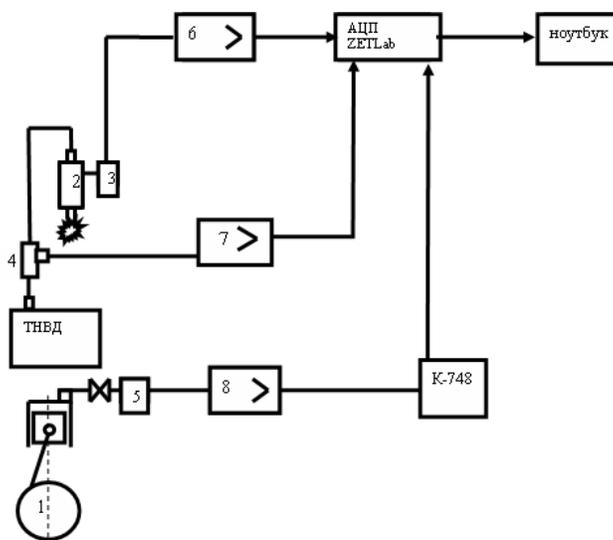


Рисунок 1 – Схема измерительного тракта: 1– двигатель; 2– форсунка; 3 – акселерометр; 4 – датчик давления; 5 – датчик давления GT-20; 6 – аппаратура «Впрыск»; 7, 8 – усилители.

Акселерометр

Датчик давления топлива



Рисунок 2 – Установка акселерометра и датчика давления топлива

Результаты измерений приведены на рисунках: рис. 3 – рис. 6, расположенных в порядке уменьшения нагрузки дизеля. Хорошо заметно, что с уменьшением нагрузки постепенно исчезают различия между импульсами порождаемыми подъемом и посадкой иглы форсунки. При работе без нагрузки эти импульсы сливаются в один.

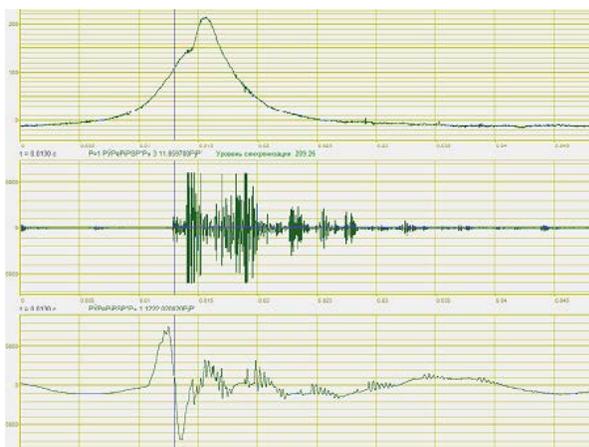


Рисунок 3 – Нагрузка 70 кВт

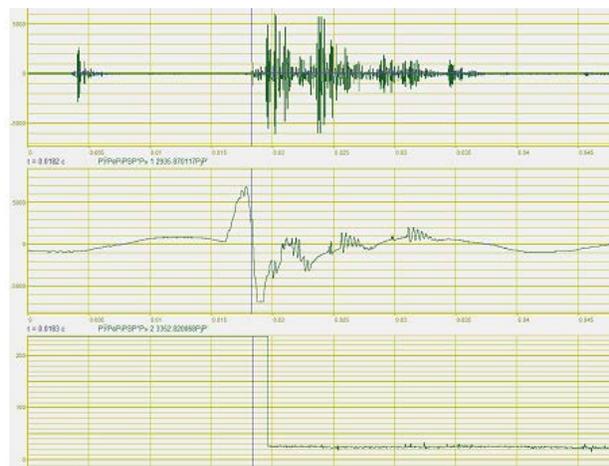


Рисунок 4 – Нагрузка 50 кВт

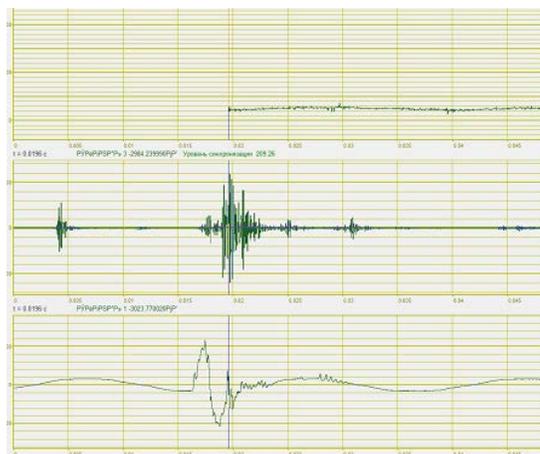


Рисунок 5 – Нагрузка 15 кВт

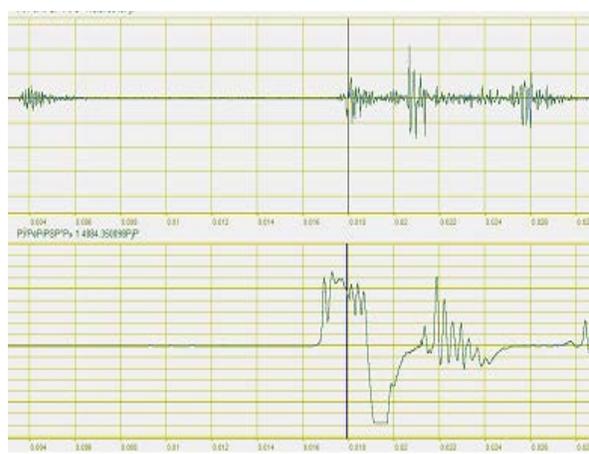


Рисунок 6 – Дефектная форсунка

При поломке пружины значительно падает интенсивность (амплитуда) импульсов, но второй импульс, соответствующий посадке иглы сохраняется, что хорошо видно по началу колебательного процесса в топливной трубке рис. 6.

Для улучшения «читаемости» кривой вибросигнала была предпринята попытка его дополнительной обработки. На рис. 7 представлена огибающая высокочастотной вибрации форсунки при режиме холостого хода.

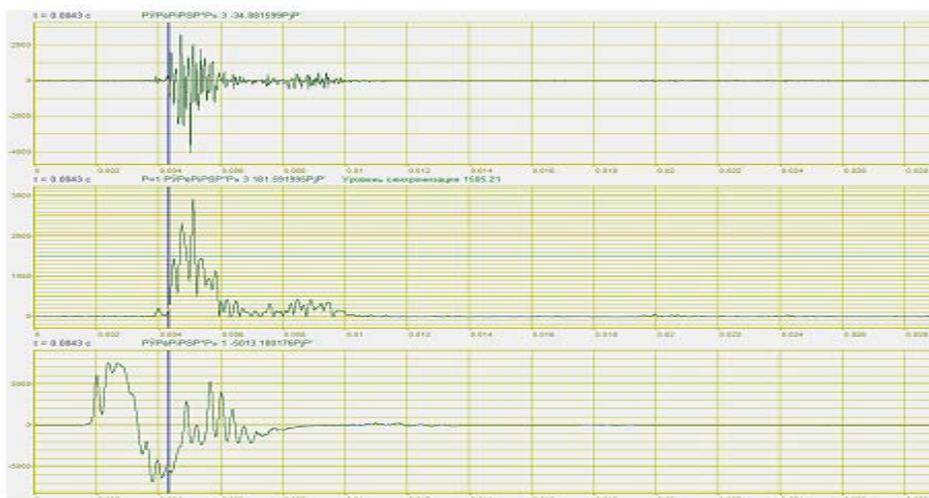


Рисунок 7 – Работа без нагрузки (огибающая сигнала)

Выводы

В результате проведенных экспериментов установлено, что диагностика по виброакустическому сигналу позволяет определить отдельные неисправности (поломка пружины, зависание иглы) без разбора топливной аппаратуры.

По вибросигналу достаточно просто реализовать алгоритм контроля угла опережения подачи топлива. Контроль нагрузки цилиндра по длительности цикловой подачи при примененном методе обработки вибросигнала сложно реализуем, особенно при работе на частичных нагрузках.

Представляется целесообразным продолжение измерений с использованием для контроля форсунки другого частотного диапазона. Это легко реализуется использованием полосового фильтра с другими характеристиками, возможно и применение детектора огибающей с другой постоянной времени.

Определив и устранив какую-либо неисправность топливной аппаратуры, появляется возможность предотвратить повышенный износ и, как следствие, поломку других частей системы. Кроме того, виброакустический сигнал можно использовать в системах автоматического управления для определения действительного угла опережения подачи топлива и контроля технического состояния форсунок.

Литература

1. Никитин, Е.А. Диагностирование дизелей / Е.А. Никитин, Л.В. Станиславский и др. Москва : Машиностроение, 1987 – 227 стр.

Научное издание

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Мурманск, 6–9 апреля 2015 г.)

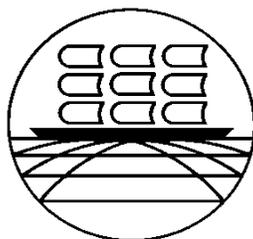
Ответственный за выпуск *М. А. Волков*
Компьютерная верстка *Е. В. Малышевой*

*Материалы подготовлены отделом организации
научно-издательской деятельности*

Отпечатано в издательстве МГТУ. 183010, Мурманск, Спортивная, 13.
Сдано в набор 15.10.2015. Подписано в печать 22.10.2015. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага типографская. Усл. печ. л 17,79. Уч.-изд. л. 12,03. Заказ 192. Тираж 100.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФАКУЛЬТЕТ АРКТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



**НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ
В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Мурманск, 6–9 апреля 2015 г.)

Мурманск
Издательство МГТУ
2015

