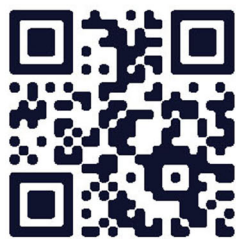




ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ КАК ФАКТОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

ПО МАТЕРИАЛАМ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
Г. БЕЛГОРОД, 30 ОКТЯБРЯ 2018 Г.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ



АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(АПНИ)

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАК ФАКТОР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
ПРОГРЕССА

Сборник научных трудов

по материалам
Международной научно-практической конференции
г. Белгород, 30 октября 2018 г.

Белгород
2018

УДК 001
ББК 72
И 88

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте:
www.issledo.ru

Редакционная коллегия

Духно Н.А., д.ю.н., проф. (Москва); *Васильев Ф.П.*, д.ю.н., доц., чл. Российской академии юридических наук (Москва); *Винаров А.Ю.*, д.т.н., проф. (Москва); *Датий А.В.*, д.м.н. (Москва); *Кондрашихин А.Б.*, д.э.н., к.т.н., проф. (Севастополь); *Котович Т.В.*, д-р искусствоведения, проф. (Витебск); *Креймер В.Д.*, д.м.н., академик РАЕ (Москва); *Кумехов К.К.*, д.э.н., проф. (Москва); *Радина О.И.*, д.э.н., проф., Почетный работник ВПО РФ, Заслуженный деятель науки и образования РФ (Шахты); *Тихомирова Е.И.*, д.п.н., проф., академик МААН, академик РАЕ, Почётный работник ВПО РФ (Самара); *Алиев З.Г.*, к.с.-х.н., с.н.с., доц. (Баку); *Стариков Н.В.*, к.с.н. (Белгород); *Таджибоев Ш.Г.*, к.филол.н., доц. (Худжанд); *Ткачев А.А.*, к.с.н. (Белгород); *Шановал Ж.А.*, к.с.н. (Белгород)

И 88 **Исследования в области естествознания, техники и технологий как фактор научно-технического прогресса** : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 октября 2018 г. / Под общ. ред. Е. П. Ткачевой. – Белгород : ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2018. – 146 с.

ISBN 978-5-6041588-7-6

В настоящий сборник включены статьи и краткие сообщения по материалам докладов международной научно-практической конференции «Исследования в области естествознания, техники и технологий как фактор научно-технического прогресса», состоявшейся 30 октября 2018 года в г. Белгороде. В работе конференции приняли участие научные и педагогические работники нескольких российских и зарубежных вузов, преподаватели, аспиранты, магистранты и студенты, специалисты-практики. Материалы данной части сборника включают доклады, представленные участниками в рамках секций, посвященных вопросам развития физико-математических, химических, биологических, сельскохозяйственных, медицинских, технических наук.

Издание предназначено для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, передовыми достижениями науки и технологий.

Статьи и сообщения прошли экспертную оценку членами редакционной коллегии. Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

УДК 001
ББК 72

© ООО АПНИ, 2018
© Коллектив авторов, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»	6
<i>Брусенцев А.Г., Осипов О.В.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА В СЛОЖНЫХ ОБЛАСТЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕРЕГУЛЯРНЫХ СЕТОК	6
<i>Бубнов В.А.</i> О ДВИЖЕНИИ ТЕЛ ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ.....	9
<i>Максимцев Д.С., Шатрова С.А., Шурин А.О.</i> АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ 7 И 8 БАЛЛОВ.....	18
<i>Максимцев Д.С., Шатрова С.А., Шурин А.О.</i> АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ЭЛЕМЕНТОВ НАВЕСНОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ С L-ОБРАЗНЫМ УНИВЕРСАЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ НА ДЕЙСТВИЕ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК	22
<i>Максимцев Д.С., Шатрова С.А., Шурин А.О.</i> АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ЭЛЕМЕНТОВ НАВЕСНОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ С U-ОБРАЗНЫМ УНИВЕРСАЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ НА ДЕЙСТВИЕ СНЕГОВЫХ И ГОЛОЛЕДНЫХ НАГРУЗОК	26
<i>Максимцев Д.С., Шатрова С.А., Шурин А.О.</i> РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ БЛОК-ФЕРМЫ РЫБЧАТОГО ТИПА, С СОВМЕЩЕНИЕМ В СТАЛЬНЫХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТАХ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «SCAD».....	30
<i>Максимцев Д.С., Шатрова С.А., Шурин А.О.</i> РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ДВУХПОЯСНОГО АРОЧНОГО ПОКРЫТИЯ, С СОВМЕЩЕНИЕМ В СТАЛЬНЫХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТАХ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD.....	33
<i>Максимцев Д.С., Шатрова С.А., Шурин А.О.</i> РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТРЕХШАРНИРНОЙ АРКИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD.....	36
СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»	41
<i>Жуков А.В., Евстигнеева А.Д., Чижевская С.В.</i> О МОРФОЛОГИИ ГИДРОКСИДОВ ЦИРКОНИЯ, СИНТЕЗИРУЕМЫХ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ	41
<i>Жуков А.В., Стюф Э.А., Чижевская С.В.</i> СИНТЕЗ ГЛИЦИН-НИТРАТНЫМ МЕТОДОМ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ИТРИЙ- АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА	46
СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ».....	50
<i>Важенина Н.В.</i> МНОГОЛЕТНЯЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ЖУЖЕЛИЦ (CARABIDAE) НА ЗАЛЕЖНОМ ЛУГУ В ПРЕДЕЛАХ ТОБОЛЬСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	50
<i>Комаров Ю.Е.</i> О ПИТАНИИ РУЧЬЕВОЙ ФОРЕЛИ (SALMO TRUTTA MORPHA FARIO L.) НА р. СУАДАГДОН (ЛЕСИСТЫЙ ХРЕБЕТ) В СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ.....	54

<i>Яруллин А.Г., Федоров Н.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У СТУДЕНТОВ.....	55
СЕКЦИЯ «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ».....	58
<i>Атабаева М., Носиров И.</i> ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЙ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЕ В ФОРМЕ АММИАКА НА ЦВЕТЕНИЕ И ПЛОДООБРАЗОВАНИЕ ХЛОПЧАТНИКА СОРТА АНДИЖАН-36.....	58
<i>Атажанов М.М.</i> МЕТОДЫ, СРОКИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ ПОСЕВОВ НА ВЕСОВУЮ ЁМКОСТЬ ПОЧВЫ	60
<i>Мамадалиева С.Б., Жумабоев З.М., Мамадалиев Ж.Ш.</i> УРОЖАЙНОСТЬ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КУЛЬТУР НА УПЛОТНЕННЫХ ПОСЕВАХ	62
СЕКЦИЯ «МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ»	66
<i>Андреева А.О., Озрина Н.А., Шашорин Р.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ ПРОТЕЗОВ В КЛИНИКЕ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ЧАСТИЧНОГО ОТСУТСТВИЯ ЗУБОВ	66
<i>Михалкина М.В.</i> КЛИНИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ ВНУТРИОРГАННОГО ВЕНОЗНОГО РУСЛА СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	70
СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»	76
<i>Алисин В.В.</i> ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ	76
<i>Беляев С.В., Давыдков Г.А.</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	79
<i>Беляев С.В., Давыдков Г.А.</i> ТОПЛИВНЫЙ ЭТАНОЛ – ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ	82
<i>Бодякина Т.В., Бураев М.К., Болоев П.А., Елтошкина Е.В.</i> ВЫБОР ДИАГНОСТИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА БИОТОПЛИВЕ.....	85
<i>Брусенцев А.Г., Зарудный А.В.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ.....	89
<i>Еремина И.И.</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ИТ-ПРОФЕССИОНАЛОВ СРЕДСТВАМИ РЕШЕНИЙ КЛАССА ERP.....	93
<i>Исакулов Б.Р., Кульшаров Б.Б., Жекеев С.У., Исакулов А.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ АРБОЛИТОВЫХ БЛОКОВ	98
<i>Камчыбеков Д.К.</i> ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КУМТОР: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА...	101

Камчыбеков Д.К. НАЗРЕЛА НЕОБХОДИМОСТЬ РЕФОРМЫ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ КЫРГЫЗСТАНА.....	105
Киреев С.О., Ефимов А.В., Алгинин А.Г., Степанов В.Н. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ БЛОК- КОНТЕЙНЕРА УСТАНОВКИ ДОЗИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ	108
Киреев С.О., Куцаева Е.Ю., Алгинин А.Г., Степанов В.Н. АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ В КОНСТРУКЦИИ БЛОК-КОНТЕЙНЕРА НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	112
Косинова В.П. РАСХОД ТОПЛИВА ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ.....	115
Лызганов М.С., Зырянов В.В. МЕТОДЫ СБОРА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ О ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКАХ	118
Плисеина Е.А., Золотухин Н.Н., Винокурова И.М. АНАЛИЗ НЕОБХОДИМЫХ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ.....	121
Рахимов С.Р., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е., Киреев Д.М. ДЕСТАБИЛИЗАЦИЯ И РАССЛАИВАНИЕ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ФЛЮИДОВ СРЕД.....	124
Роцин М.Н. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПАРЫ ТРЕНИЯ ZX-530 С КАРБИДОМ ВОЛЬФРАМА.....	130
Саинов М.П. О ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКЕ ПРИ СРАБОТКЕ ВОДОХРАНИЛИЩА НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ ЭКРАН ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ	134
Тухватуллин М.И. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СВЧ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ	137
Фоменко А.И. АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ	142

СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА В СЛОЖНЫХ ОБЛАСТЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕРЕГУЛЯРНЫХ СЕТОК

Брусенцев А.Г.

профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, доктор физ.-мат. наук, доцент, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, г. Белгород

Осинов О.В.

доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, канд. физ.-мат. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, г. Белгород

Задача оптимизации обогрева области сложной трёхмерной геометрической формы, описываемой нерегулярными сетками, возникает при необходимости экономии энергозатрат в различных прикладных областях (теплотехника, электроника). В работе представлена постановка задачи оптимального распределения источников тепла, общая схема решения, а также результаты численных экспериментов.

Ключевые слова: тепловой баланс, симплекс-метод, расчётная сетка, обратная задача теплопроводности.

Введение. Представленная в статье задача относится к классу обратных задач теплопроводности [1], а также к классу эллиптических краевых задач оптимального управления. Ранее рассматривались задачи оптимального распределения источников тепла в областях прямоугольной геометрической формы [2], описываемых регулярными сетками. Условием использования разработанных в [2] алгоритмов применительно к реальным объектам является их геометрическое описание с помощью нерегулярных сеток для последующего численного решения дифференциальных уравнений. Для решения задачи был выбран следующий подход. Исходная нерегулярная сетка области сложной формы создаётся в формате Tetra10 в специализированной CAD-системе (Ansys, Solidworks). Затем готовая сетка используется в разработанных программах для расчёта оптимального обогрева и приближённого решения дифференциальных уравнений конечно-объёмными методами.

Постановка задачи. В связной ограниченной области $D \subset R^3$ требуется построить функцию плотности источников тепла $f(\vec{x}) \geq 0$, удовлетворяющую следующим условиям:

$$J\{f\} = \int_{D_f} f dV \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\chi \Delta u + f = 0, \quad \left(\chi \frac{\partial u}{\partial n} + \alpha u \right) \Big|_{\partial D} = 0, \quad (2)$$

$$m(\vec{x}) - T_0 \leq u(\vec{x}) \leq M(\vec{x}) - T_0 \text{ при } \vec{x} \in \tilde{D} \subseteq D, \quad (3)$$

$$f(\vec{x}) = 0 \text{ при } \vec{x} \in D_0, \quad D = D_0 \cup D_f, \quad (4)$$

где α – коэффициент теплопередачи через границу ∂D во внешнюю среду, χ – коэффициент теплопроводности среды, нижний $m(\vec{x})$ и верхний $M(\vec{x})$ температурные профили, T_0 – температура окружающей среды. $T(\vec{x}) = u(\vec{x}) + T_0$ – температура внутри области D , в которой выделено несколько подобластей: \tilde{D} – область контроля температуры, D_f – область расположения источников тепла.

Решение задачи. Основным методом решения является конечномерная аппроксимация исходной задачи (1)-(4) в виде задачи линейного программирования [2]. Построим метод решения исходной задачи (1)-(4) с использованием симплекс-метода. Выполним разбиение области D_f на ячейки-источники в количестве n :

$$D_f = \bigcup_{j=1}^n D_j,$$

\tilde{D} разделим на m частей:

$$\tilde{D} = \bigcup_{k=1}^m \tilde{D}_k.$$

Определим функции $e_j (j = 1, \dots, n)$ и $t_k (k = 1, \dots, m)$ в виде:

$$e_j(\vec{x}) = \begin{cases} 1, & \vec{x} \in D_j \\ 0, & \vec{x} \notin D_j \end{cases},$$

$$t_k(\vec{x}) = \begin{cases} 1, & \vec{x} \in \tilde{D}_k \\ 0, & \vec{x} \notin \tilde{D}_k \end{cases}.$$

Представим $f(\vec{x})$ в виде кусочно-постоянной функции:

$$f(\vec{x}) = \sum_{j=1}^n f_j e_j(\vec{x}).$$

Введём оператор функции Грина:

$$Gf(\vec{x}) = -\frac{1}{\chi} \int_{\vec{\xi} \in D} G(\vec{x}, \vec{\xi}) f(\vec{\xi}) dV = \sum_{j=1}^n f_j G e_j.$$

Обозначим также

$$a_k = (m(\vec{x}) - T_0, t_k), b_k = (M(\vec{x}) - T_0, t_k), g_{kj} = (G e_j, t_k).$$

Используя введённые обозначения, аппроксимируем исходную задачу (1)-(4) в виде:

$$a_k \leq \sum_{j=1}^n f_j g_{kj} \leq b_k, \quad k = 1, \dots, m,$$

$$J_n\{f\} = \sum_{j=1}^n (mes D_j) f_j \rightarrow \min, \quad f_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n).$$

Данная задача является задачей линейного программирования с неизвестными f_j . Самую большую алгоритмическую сложность при решении данной системы имеет построение матрицы g_{kj} , так как для её вычисления необходимо приближённо решить с использованием конечно-разностных методов набор из n прямых задач теплопроводности $\chi \Delta u_j + e_j = 0 \quad (j = 1, \dots, n)$.

Для расчёта оптимального обогрева создано программное обеспечение, использующее конечно-разностные методы решения дифференциальных уравнений на нерегулярных сетках и симплекс-метод. Разработана графическая подсистема для визуализации результатов вычислений, использующая OpenGL. Имеется возможность решения как двумерных, так и трёхмерных задач с возможностью задания физических характеристик среды, параметров сеток и количества источников тепла. Краевые условия и функции задаются в виде скриптов на языке C#. Задача линейного программирования решается классическим симплекс-методом с использованием искусственного базиса. Разработанное программное обеспечение использует различные типы сеток: нерегулярные сетки для описания областей сложной геометрической формы, а также равномерные сетки и позволяет решать задачу оптимизации распределения источников тепла для простых областей: квадрат ($m = 2$) и параллелепипед ($m = 3$). Для приближённого решения дифференциальных уравнений реализован набор конечно-разностных схем и методов решения разрежённых СЛАУ. При решении задачи оптимального обогрева в трёхмерной области сложной геометрической формы используются специальные геометрические методы для задания источников, параметров границ внутри готовой сетки. Для добавления источника тепла исходная сетка модифицируется посредством «разрезания» ячеек по границам источников тепла. Построение конечно-разностной схемы для случая нерегулярной сетки осуществляется методом, описанным в [3, с. 730].

Результаты численных экспериментов. Для области размером $5 \times 3,5 \times 10$ м (рис.) было рассчитано оптимальное распределение источников тепла. Исходные данные эксперимента: $\alpha_1 = 4$ Вт/(м²·К) (граница области); $\alpha_2 = 0,5$ Вт/(м²·К) (коэффициент теплопередачи через небольшое окно). Область заполнена веществом с коэффициентом теплопроводности $\chi = 0,0267$ Вт/(м·К). Перед решением задачи оптимизации область была разбита на $n = 544$ ячейки D_j ($j = 1, \dots, n$) таким образом, чтобы они полностью заполнили область D (рис.).

На рисунке оптимальное распределение источников показано в виде разноцветных объёмов. Самые мощные источники изображены красным цветом; средней мощности – зелёным; малой мощности – синим. Некоторые источники имеют нулевую мощность, т.е. по результатам расчётов отсутствуют, и на рисунке не показаны.

Алгоритм решения задачи линейного программирования располагает в верхней части области ($z > 1$) только источники малой мощности, так как её необходимо нагреть до небольшой температуры (5 °С). Характер расположения источников меняется в зависимости от температурного коридора. Возможна существенная экономия тепловой энергии, если не требовать высокую температуру $t(\vec{x})$ на границе области D .

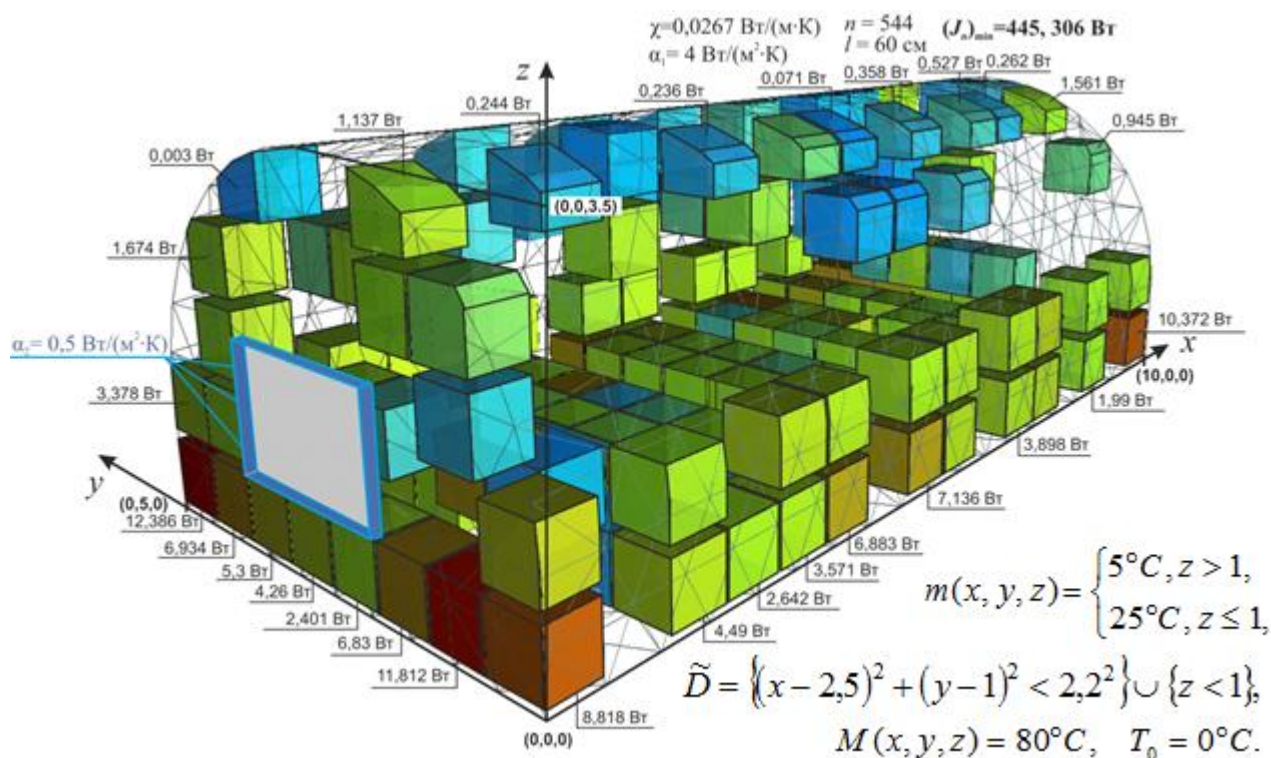


Рис. Оптимальное расположение источников тепла внутри теплицы

Суммарная мощность источников тепла составляет $J\{f\} \approx 450$ Вт. На углах располагаются самые мощные источники, так в этих местах отток тепла через границу очень высокий. Основная часть источников располагается преимущественно вдоль границы области D , потому что она имеет большой коэффициент теплопередачи, а по условию эксперимента необходимо обеспечить около неё минимальную температуру $m(\vec{x}) > T_0$.

Список литературы

1. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. – М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
2. Брусенцев А.Г., Осипов О.В. Численное нахождение обменной матрицы при решении задачи оптимизации распределения источников тепла // Вестник Белгородского государственного технологического университета имени В.Г. Шухова. №5. – 2016. – С. 116-124.
3. Вабищевич П.Н., Самарский А.А. Разностные схемы для задач конвекции-диффузии на нерегулярных сетках // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2000, том 40, №5, С. 726-739.

О ДВИЖЕНИИ ТЕЛ ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ

Бубнов В.А.

профессор кафедры информатизации образования, доктор технических наук, профессор, Московский городской педагогический университет, Россия, г. Москва

В работе на базе уравнений И. В. Мещерского, описывающие движения тел переменной массы, обобщена формула К.Э. Циолковского, для случая, когда тело движется по пространственной траектории. Автором введено понятие силы инерции, работа которой поддерживает движение тела с постоянной скоростью. Показано, что прибавочная сила Мещерского И. В. и реактивная сила Космодемьянского А. А. суть частные случаи этой силы. С учетом данной силы инерции построена система уравнений динамики, позволяющая определять изменение массы тела в процессе его движения.

Ключевые слова: прибавочная сила, реактивная сила, сила инерции, уравнение Мещерского, второе начало механики.

Известно, что основы механики тел переменной массы были созданы выдающимся русским ученым И. В. Мещерским (1859-1935) [8].

В исследовании Мещерского И. В. под твердым телом подразумевается система материальных точек, связанных некоторыми связями. Тогда частицы, присоединяющиеся к телу, суть материальной точки не нарушающие связи данной системы, а отделяющиеся от тела частицы разрывают указанные связи. Материальные точки, которые присоединяются к телу или отделяются от него, Мещерский назвал «изменяющимися» точками.

Если m есть масса тела, а Δm суть масса отделяющихся от него частиц, то при отделении от тела указанных частиц последние окажут на тело силовое воздействие. По третьему же закону Ньютона (действие равно противодействию) тело окажет противодействие на отделяющиеся частицы.

Считая ударный характер взаимодействия «изменяющихся» точек массой Δm и тела массой m , Мещерский в качестве гипотезы использовал закон соударяющихся тел, по которому количество движения указанных тел до удара равно количеству движения этих тел после удара.

Действительно, пусть в момент удара масса тела равна m , а его скорость определяется вектором

$$\vec{V}_0 = u_0 \cdot \vec{i} + v_0 \cdot \vec{j} + w_0 \cdot \vec{k}. \quad (1)$$

В этот же момент скорость «изменяющихся» точек предположим равной вектору

$$\vec{V}_1 = u_1 \cdot \vec{i} + v_1 \cdot \vec{j} + w_1 \cdot \vec{k}. \quad (2)$$

Скорость тела после отделения или прибавления «изменяющихся» частиц обозначим через вектор

$$\vec{V} = u \cdot \vec{i} + v \cdot \vec{j} + w \cdot \vec{k}. \quad (3)$$

Здесь в формулах (1)–(3) через $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ обозначенные единичные векторы соответственно вдоль осей x, y, z декартовой системы координат.

Теперь количество движения до удара и после удара системы, состоящей из тела массой m и «изменяющихся» точек массой Δm , следуя Мещерскому, определяем так:

$$\left. \begin{aligned} tu_0 + \Delta m \cdot u_1 - (m + \Delta m)u &= 0, \\ tv_0 + \Delta m \cdot v_1 - (m + \Delta m)v &= 0, \\ tw_0 + \Delta m \cdot w_1 - (m + \Delta m)w &= 0. \end{aligned} \right\}$$

Эти соотношения справедливы как для отделяющихся частиц ($\Delta m < 0$), так и для добавляющихся частиц ($\Delta m > 0$). Для дальнейших рассуждений указанные соотношения переписываем, вводя разности, определяющие изменение скоростей в момент удара и после удара. После чего получаем:

$$\left. \begin{aligned} m(u - u_0) &= \Delta m(u_1 - u), \\ m(v - v_0) &= \Delta m(v_1 - v), \\ m(w - w_0) &= \Delta m(w_1 - w) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Левые и правые части в (4) разделим на интервал времени $\Delta t = dt$ и перейдем к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$.

В результате чего получаем:

$$\left. \begin{aligned} m \frac{du}{dt} &= (u_1 - u) \frac{dm}{dt}, \\ m \frac{dv}{dt} &= (v_1 - v) \frac{dm}{dt}, \\ m \frac{dw}{dt} &= (w_1 - w) \frac{dm}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Согласно второму закону Ньютона величины в правой части системы (5) суть силы, которые Мещерский назвал прибавочными силами, являющимися следствием удара «изменяющих» точек при их отделении от тела или прибавления к нему. Введем для них следующие обозначения

$$X_1 = u_m \frac{dm}{dt}, Y_1 = v_m \frac{dm}{dt}, Z_1 = w_m \frac{dm}{dt} \quad (6)$$

здесь

$$u_m = u_1 - u, v_m = v_1 - v, w_m = w_1 - w \quad (7)$$

есть составляющие вектора

$$\vec{V}_m = u_m \cdot \vec{i} + v_m \cdot \vec{j} + w_m \cdot \vec{k}. \quad (8)$$

относительной скорости центров масс «изменяющих» точек и тела.

Теперь в проекциях на оси x, y, z уравнения движения механической системы материальных точек, состоящей из тела массой m и «изменяющих» точек массой Δm , согласно второму закону Ньютона таковы

$$\left. \begin{aligned} m \frac{du}{dt} &= X_1 + X, \\ m \frac{dv}{dt} &= Y_1 + Y, \\ m \frac{dw}{dt} &= Z_1 + Z, \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

где X_1, Y_1, Z_1 – составляющая вектора \vec{F}_1 прибавочной силы Мещерского, а X, Y, Z суть составляющие вектора \vec{F} внешних сил.

Система уравнений (9) впервые написана Мещерским И. В. в 1897 г. [5]. Векторный вид системы (9) таков

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}. \quad (10)$$

Известный советский исследователь в области ракетно-космической техники Космодемьянский А. А. (1909–1988) в своих работах по движению ракет вместо силы \vec{F}_1 вводит реактивную силу

$$\vec{\Phi} = -\vec{V}_m \frac{dm}{dt}, \quad (11)$$

исключает действие внешней силы \vec{F} и уравнению (10) применительно к движению ракеты придает вид

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -\vec{V}_m \frac{dm}{dt}. \quad (12)$$

Далее, постулируя, что

$$\vec{V}_m = \vec{V}_1 - \vec{V} = const, \quad (13)$$

и рассматривая только прямолинейное движение ракеты, Космодемьянский из одномерного уравнения (12) выводит известную формулу К. Э. Циолковского (1857–1935), определяющую изменение массы ракеты в зависимости от ее скорости.

Заметим, что формула (11) ограничивает действие уравнения Мещерского (10) и справедлива только для случая движения тел, когда $\Delta m < 0$.

В отсутствии внешних сил ($\vec{F} = 0$) уравнения Мещерского (9) упрощаются так:

$$m \frac{du}{dt} = X_1, m \frac{dv}{dt} = Y_1, m \frac{dw}{dt} = Z_1. \quad (14)$$

Каждое из соотношений в (14) характеризует динамические характеристики материального тела вдоль осей X, Y, Z соответственно. Для изучения указанных характеристик вдоль оси X рассмотрим первое соотношение в (14), в котором прибавочная сила X_1 определена по первой формуле в (6). В данном рассмотрении это соотношение становится таким

$$m \frac{du}{dt} = u_m \frac{dm}{dt}. \quad (15)$$

Здесь согласно соотношению (13) $u_m = const$. Предполагаем, что «изменяющиеся» точки отрываются от движущегося тела. В таком случае $dm < 0$, что позволяет произвести следующие переобозначения: $dm = -dM, m = M$. После этих переобозначений уравнение (15) приобретает вид:

$$du = -u_m \frac{dM}{M}. \quad (16)$$

От обеих частей (16) возьмем следующие определенные интегралы:

$$\int_0^u du = -u_m \int_{m_0}^m \frac{dM}{M}.$$

В результате получаем:

$$u = -u_m \ln \frac{m}{m_0}, \quad (17)$$

где m_0 масса тела в начальный момент, когда скорость тела $u=0$, а m – масса движущегося тела.

Если в (17) избавиться от логарифма, то получим следующую формулу, определяющую зависимость массы m тела от скорости u при его движении вдоль оси x ,

$$m = m_0 e^{-\frac{u}{u_m}}. \quad (18)$$

Из несколько других соображений формула (18) получена К. Э. Циолковским, которая им предназначалась для определения уменьшения первоначальной массы m_0 движущейся ракеты за счет сжигания топлива.

Пусть за определенный промежуток времени масса движущегося тела уменьшилась на величину Δm . Тогда имеем очевидное соотношение $m = m_0 - \Delta m$, которое позволяет формулу (17) переписать так:

$$u = -u_m \ln \left(1 - \frac{\Delta m}{m_0} \right). \quad (19)$$

Величину $\frac{\Delta m}{m_0} = x$ будем считать аргументом логарифмической функции в (19). Далее воспользуемся общеизвестным разложением этой функции, которое позволяет формуле (19) придать следующий вид

$$u = u_m \left[\frac{\Delta m}{m_0} + \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta m}{m_0} \right)^2 \right]. \quad (20)$$

Это соотношение показывает, что при $u_m = const$ скорость тела увеличивается с увеличением отношения $\frac{\Delta m}{m_0}$.

При получении формулы (18) предполагалось движение тела только вдоль оси x . Произведя аналогичные действия над вторым и третьим уравнениями в (14) получаем

$$m = m_0 e^{-\frac{v}{v_m}}, m = m_0 e^{-\frac{w}{w_m}}. \quad (21)$$

Формулы (18) и (21) определяют уменьшение массы тела в зависимости от скоростей u, v, w ; и, чтобы эти зависимости различать вводим дополнительные обо-

значения $m(u) = m_x, m(v) = m_y, m(w) = m_z$. Скорости u, v, w являются составляющими вектора \vec{V} и возникает вопрос – как получить зависимость массы m от величины модуля скорости тела \vec{V} .

Для этого воспользуемся известным разложением показательной функции с отрицательным аргументом x и, принимая последовательно $x = \frac{u}{u_m}, x = \frac{v}{v_m}, x = \frac{w}{w_m}$, получаем с точностью до малых второго порядка следующие соотношения взамен формул (18) и (21)

$$m_x = m_0 \left(1 - \frac{u}{u_m}\right), m_y = m_0 \left(1 - \frac{v}{v_m}\right), m_z = m_0 \left(1 - \frac{w}{w_m}\right). \quad (22)$$

Теперь напишем равенство

$$(m_x \cdot u_m)^2 + (m_y \cdot v_m)^2 + (m_z \cdot w_m)^2 = m^2 V_m^2,$$

которое при $m_x = m_y = m_z = m$ превращается в тождество. Затем преобразовываем его левую часть, используя формулы (22), и в результате получаем:

$$m_0^2 (V_m^2 - 2V_m \cdot V \cos \varphi + V^2) = m^2 V_m^2. \quad (23)$$

Здесь использована следующая формула для скалярного произведения вектора \vec{V}_m на вектор \vec{V}

$$\vec{V}_m \cdot \vec{V} = V_m \cdot V \cos \varphi = u_m \cdot u + v_m \cdot v + w_m \cdot w,$$

из которой следует, что φ суть угол между векторами \vec{V}_m и \vec{V} .

Дополнительные преобразования в левой части (23) позволяют написать окончательно формулу для переменной массы m данного тела:

$$m = m_0 \sqrt{1 - 2 \frac{V}{V_m} \cos \varphi + \left(\frac{V}{V_m}\right)^2}. \quad (24)$$

Известно, что при движении летательной аппарат уменьшает свою массу из-за расхода топлива. Однако, в настоящее время отработана технология дозаправки топливом в процессе полета аппарата. В рамках уравнений Мещерского это означает, что при движении тела массой m к нему добавляются «изменяющие» точки массой Δm , то есть $\Delta m > 0$.

В этом случае для нахождения переменной массы тела необходимо в уравнении (15) произвести интегрирование следующим образом

$$\int_0^u du = u_m \int_{m_0}^m \frac{dm}{m},$$

результат которого представляется соотношением

$$u = u_m \ln \frac{m}{m_0}. \quad (25)$$

Здесь, в (25) освобождаемся от логарифма и получаем формулу для определения увеличивающийся массы тела в процессе движения

$$m = m_0 e^{\frac{u}{u_m}}. \quad (26)$$

Когда движущемуся телу добавляется масса Δm , то его масса $m = m_0 + \Delta m$ (как и ранее m_0 обозначает первоначальную массу тела). Это позволяет формулу (25) переписать так:

$$u = u_m \ln \left(1 + \frac{\Delta m}{m_0}\right). \quad (27)$$

Снова величину $\frac{\Delta m}{m_0} = x$ будем считать аргументом логарифмической функции для которой используем общеизвестное представление, которое позволяет упростить (27) следующим образом

$$u = u_m \left[\frac{\Delta m}{m_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta m}{m_0}\right)^2 \right]. \quad (28)$$

Из (28) следует, что при прибавлении массы Δm к движущемуся телу его скорость u увеличивается с увеличением отношения $\frac{\Delta m}{m_0}$. Однако, если формулу (28) сравнить с (20) то оказывается, что при прибавлении Δm к телу, его скорость увеличивается, но в меньшей мере, чем при отделении Δm от движущегося тела. Аналогичными вычислениями можно получить формулы, определяющие величины изменяющихся масс в зависимости от увеличивающихся скоростей v и w . Эти формулы аналогичны (26) и имеют следующий вид

$$m = m_0 e^{\frac{v}{v_m}}, m = m_0 e^{\frac{w}{w_m}}. \quad (29)$$

Если в формулах (26) и (29) показательную функцию с положительным аргументом разложить в ряд Тейлора и учитывать в этом разложении только два слагаемых то получим:

$$m_x = m_0 \left(1 + \frac{u}{u_m}\right), m_y = m_0 \left(1 + \frac{v}{v_m}\right), m_z = m_0 \left(1 + \frac{w}{w_m}\right). \quad (30)$$

Используя формулы (30) в вычислениях, на основе которых получена формула (24), получаем следующую величину увеличивающейся массы тела в зависимости от величины модуля вектора \vec{V}

$$m = m_0 \sqrt{1 + \frac{v}{v_m} \cos \varphi + \left(\frac{v}{v_m}\right)^2}. \quad (31)$$

Итак, прибавочные силы И. В. Мещерского позволяют решать задачи по движению тел переменной массы в случаях либо уменьшающейся массы тела, либо увеличивающейся.

Однако прибавочным силам (6) Мещерского можно дать иное физическое толкование. Действительно, если строго следовать ньютоновской словесной формулировке второго закона движения, то в ряде работ автора [1, 2, 3] показано, что эта формулировка должна иметь следующий формульный вид

$$c \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}. \quad (32)$$

Здесь учтена возможность переменности массы материальной точки и введен коэффициент пропорциональности c , который в рамках международной системы единиц СИ суть отвлеченное число.

Для дальнейших рассуждений следует определиться с понятием силы \vec{F} , являющейся правой частью соотношения (32). Ньютон различает несколько разновидностей силы. Первая разновидность – это врожденная сила. Ее определение таково (см. [6]. с. 25):

Врожденная сила материи есть присущая ей способность сопротивления, по которой всякое отдельно взятое тело, поскольку оно представлено самому себе, удерживает свое состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Эту врожденную силу Ньютон называет силой инерции. Эта сила, по мнению Ньютона, проявляется тогда, когда другая сила, приложенная к телу, пытается произвести изменения в его состоянии.

Вторая разновидность силы – это приложенная сила. Ньютон (см. [6] с. 26) дал ей следующее определение.

Приложенная сила есть действие, производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Эта сила, по утверждению Ньютона, проявляется только в действии и по прекращении действия в теле не остается. Тело продолжает затем удерживать свое но-

вое состояние вследствие одной только силы инерции. Происхождение приложенной силы может быть различное: от удара, от давления, от центра стремительной силы (см. [6], с. 26).

В рамках указанных разновидностей силы Ньютон формулирует свой первый закон (см. [6], с. 39), называемый законом инерции, так:

Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока и поскольку оно не принуждается приложенными силами изменить это состояние.

Из приведенных выше рассуждений Ньютона следует, что сила \vec{F} , стоящая в правой части соотношения (32) складывается из двух сил: врожденной силы \vec{F}_0 (сила инерции) и приложенной силы \vec{F} . Следовательно выражение (37) для второго начала движения надо переписать (см. [1]) так:

$$c \frac{d(m\vec{V})}{dt} = \vec{F}_0 + \vec{F}. \quad (33)$$

Пусть согласно первому закону Ньютона состояние тела определяется равномерным движением с постоянной скоростью

$$\vec{V}_n = u_n \cdot \vec{i} + v_n \cdot \vec{j} + w_n \cdot \vec{k}. \quad (34)$$

Согласно представлениям Иоганна Бернулли (1667-1748) живая сила тела пропорциональна произведению его массы на квадрат скорости. Поэтому при движении тела массой m вдоль оси x его живая сила будет равна

$$T_x = c_3 m u_n^2, \quad (35)$$

где c_3 коэффициент пропорциональности, а u_n – составляющая вектора \vec{V}_n вдоль оси x .

Если через X_0 обозначить проекцию силы инерции на ось x , то эта сила будет совершать работу, величина которой в единицу времени такова: $X_0 \cdot u_n$. Эта работа равна изменению живой силы тела в единицу времени, что позволяет написать следующее равенство [1, 2, 3]

$$X_0 \cdot u_n = \frac{d}{dt} (c_3 m u_n^2).$$

Отсюда при условии $u_n = const$ получаем выражение для рассматриваемой силы инерции

$$X_0 = c_3 u_n \frac{dm}{dt}. \quad (36)$$

Рассматривая движение тела по инерции в направлении осей y и z , будем эти состояния характеризовать живыми силами T_y и T_z , выражения для которых напишем по аналогии с формулой (35), именно,

$$T_y = c_3 m v_n^2, T_z = c_3 m w_n^2. \quad (37)$$

Теперь можно показать, что формулы для составляющих Y_0 и Z_0 данной силы инерции \vec{F}_0 аналогичны (36) и имеют вид

$$Y_0 = c_3 v_n \frac{dm}{dt}, Z_0 = c_3 w_n \frac{dm}{dt}. \quad (38)$$

Из сравнения формул (6) с формулами (36) и (38) следует, что прибавочная сила Мещерского \vec{F}_1 представляет частный случай силы инерции \vec{F}_0 .

Вернемся к уравнению (33) и перепишем его, когда приложенная сила $\vec{F} = 0$. В результате чего будем иметь

$$\frac{cd(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}_0. \quad (39)$$

Согласно вышеизложенным представлениям

$$\vec{F}_0 = X_0 \cdot \vec{i} + Y_0 \cdot \vec{j} + Z_0 \cdot \vec{k}$$

и масса m суть переменная величина. Это позволяет векторное уравнение (39) в проекциях на оси x, y, z представить так:

$$\left. \begin{aligned} cm \frac{du}{dt} + cu \frac{dm}{dt} &= c_3 u_n \frac{dm}{dt}, \\ cm \frac{dv}{dt} + cv \frac{dm}{dt} &= c_3 v_n \frac{dm}{dt}, \\ cm \frac{dw}{dt} + cw \frac{dm}{dt} &= c_3 w_n \frac{dm}{dt}. \end{aligned} \right\} \quad (40)$$

Система уравнений (40) позволяет установить явную зависимость между скоростью тела и его изменяющейся массы в процессе движения. Действительно, рассмотрим первое уравнение указанной системы, избавимся в нем от дифференциала dt и перепишем его так:

$$cmdu = (c_3 u_n - cu)dm.$$

Так как $u_n = const$, то здесь под знак дифференциала слева можно подвести выражение в круглой скобке. После чего получаем следующее уравнение с разделяющимися переменными

$$-\frac{d\left(1 - \frac{u}{\gamma u_n}\right)}{\left(1 - \frac{u}{\gamma u_n}\right)} = \frac{dm}{m}.$$

В левой части этого равенства производим интегрирование от нуля до скорости u , а в правой части интегрирование производим от начальной массы m_0 до текущей m . В итоге получаем, что

$$-\ln\left(1 - \frac{u}{\gamma u_n}\right) = \ln \frac{m}{m_0}. \quad (41)$$

Здесь дополнительно введем параметр $\gamma = \frac{c_3}{c}$.

От логарифма в левой части (41) освобождаемся с помощью разложения логарифмической функции, в котором учтем только первое слагаемое. Это позволяет установить следующую явную зависимость между скоростью тела u и отношением масс $\frac{m}{m_0}$

$$u = \gamma u_n \ln \frac{m}{m_0}. \quad (42)$$

В работах автора [1, 2] показано, что параметр c , входящий в (40), может быть как положительной величиной, так и отрицательной. Пусть в (42) $\gamma > 0$, тогда для $c < 0$ введем $\gamma_0 > 0$ из условия $\gamma = -\gamma_0$. В этом случае вместо (42) будем иметь

$$u = -\gamma_0 u_n \ln \frac{m}{m_0}. \quad (43)$$

Обозначим в (42) $\gamma u_n = u_m$, тогда эта формула совпадет с (25). Аналогично в (43) полагаем $\gamma_0 u_n = u_m$, что приведет к совпадению формул (43) и (17).

После освобождения от логарифма в правой части формул (42) и (43) получаем:

$$m = m_0 e^{\frac{u}{\gamma u_n}}, m = m_0 e^{-\frac{u}{\gamma_0 u_n}}. \quad (44)$$

Эти выражения также по форме совпадают с формулами (26) и (18).

Из изложенного становится очевидным, что в данном приближении левой части (41) все изложенные расчеты, учитывающие влияние прибавочной силы на изменение массы движущегося тела, переносятся автоматически на результаты, получаемые из анализа системы (40), если вектор $\gamma \cdot \vec{V}_n$ заменить вектором \vec{V}_m .

Уравнение (41) позволяет произвести более точное интегрирование, именно

$$\left(1 - \frac{u}{\gamma u_n}\right)^{-1} = \frac{m}{m_0}. \quad (45)$$

Такое интегрирование имеет место и для других уравнений системы (40).

Таким образом, используя предыдущие обозначения: $m(u) = m_x, m(v) = m_y, m(w) = m_z$ для них из интегралов типа (45) можно написать следующие выражения

$$m_x = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{u}{\gamma u_n}\right)}, m_y = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{v}{\gamma v_n}\right)}, m_z = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{w}{\gamma w_n}\right)}. \quad (46)$$

Для получения формулы, определяющей зависимость изменяющейся массы m от модулей V и V_n воспользуемся соотношением

$$\left(\frac{\gamma u_n}{m_x}\right)^2 + \left(\frac{\gamma v_n}{m_y}\right)^2 + \left(\frac{\gamma w_n}{m_z}\right)^2 = \frac{\gamma^2 V_n^2}{m^2},$$

которое является тождеством при $m_x = m_y = m_z = m$.

Подставим в него соотношение (46) и после ряда преобразований получаем разыскиваемую зависимость массы тела m от модулей векторов \vec{V} и \vec{V}_n :

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - 2\frac{V}{\gamma V_n} \cos \varphi + \left(\frac{V}{\gamma V_n}\right)^2}}. \quad (47)$$

Итак, введение автором силы инерции \vec{F}_0 имеет более общий характер чем прибавочная сила И. В. Мещерского и реактивная сила Космодемьянского А. А. Система уравнений (40), учитывающая силу \vec{F}_0 в частных случаях, содержит все решения, построенные на базе уравнений Мещерского И. В. (14) применительно к движению тела переменной массы. Формула (47) устанавливает связь между изменяющейся массой тела и отношением скоростей $\frac{V}{V_n}$ для любого момента времени.

Список литературы

1. Бубнов В. А. Об одном толковании второго закона Ньютона // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2016. №4(24). С. 45-50.
2. Бубнов В. А. Об ускорительных и замедляющих движений в рамках второго закона Ньютона // Потенциал. №4. 2017. С. 76-80.
3. Бубнов В. А. Механика заряженной частицы // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2017 №1. (25). С. 63-74.
4. Бернулли И. Рассуждения о законах передачи движений / И. Бернулли // Избранные сочинения по механике. – М.; Л.: Главная редакция технико-теорет. лит., 1937. С. 41-172.
5. Мещерский И. В. Работы по механике тел переменной массы / Предисл. и вступ. ст. А.А. Космодемьянского. Изд. 3-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014. – 280 с.
6. Ньютон Исаак: Математические начала натуральной философии ; Пер. с лат. / Под ред. и с предис. Л. С. Полака. Изд. 3-е. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 704 с. (Классики науки).

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗДАНИЯ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ 7 И 8 БАЛЛОВ

Максимцев Д.С.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Шатрова С.А.

студентка кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Щурин А.О.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Цель данной статьи заключена в сравнении поведения железобетонного каркасного здания под действием статической нагрузки, в совокупности с действием сейсмических сил.

Ключевые слова: сейсмостойкость, строительство, железобетонный каркас.

Исходные данные.

Длина здания (L) – 42 м; Ширина здания (B) – 18 м; Количество этажей – 4; Высота этажа (h_{эт}) – 3,6 м; Условное расчетное сопротивление грунта 0,25 МПа (II категория грунта) временная эксплуатационная нагрузка на перекрытие – 6,7 кН/м²; расчетная снеговая нагрузка – 1,8 кН/м²;

Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

Выборка величины усилий от комбинаций

Наименование	Максимальные значения			Минимальные значения				
	Значение	Элемент	Сечение	Комбинация	Значение	Элемент	Сечение	Комбинация
Усилия в стержнях (рис. 3-5)								
N	2,281	861	1	1	-2469,702	709	1	1
M _y	123,565	718	1	1	-119,99	718	3	1
Q _z	42,323	196	3	1	-71,369	718	1	1
Усилия в пластинах (рис. 6-8)								
N _X	23,384	540	1	1	-44,928	310	1	1
Q _X	13,786	914	1	1	-24,398	536	1	1
M _Y	46,295	153	1	1	-28,518	915	1	1

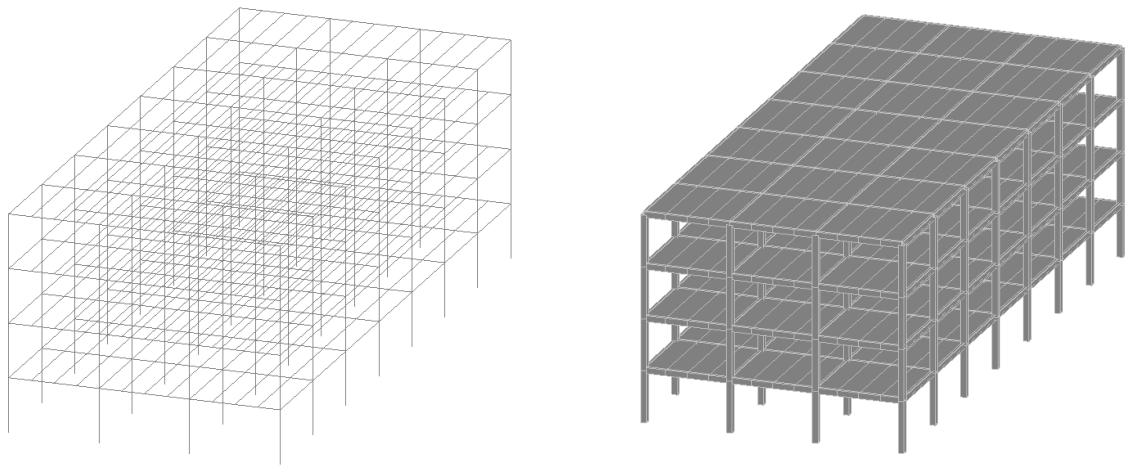


Рис. 1. Расчетная схема каркаса сборного железобетонного здания

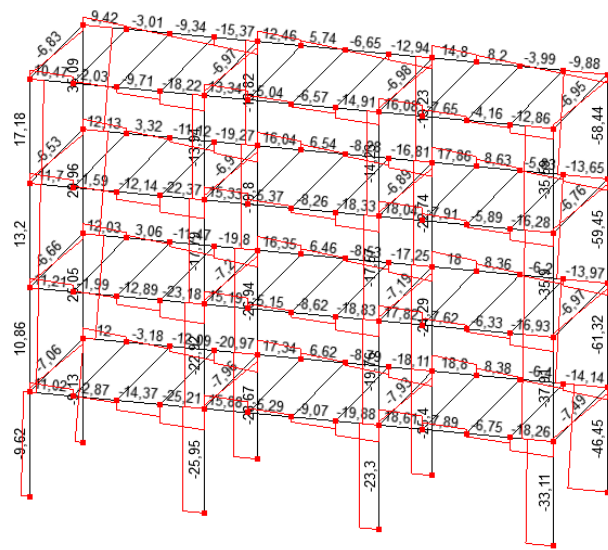


Рис. 2. Эпюра Q_z от статического нагружения

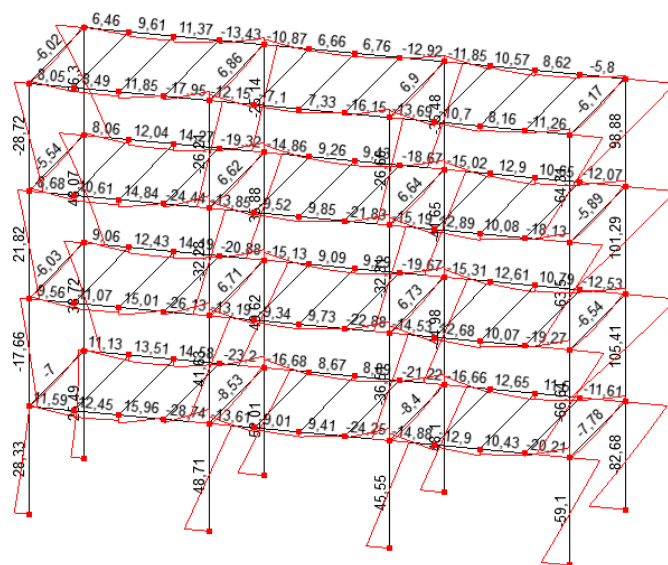


Рис. 3. Эпюра M_u от статического нагружения

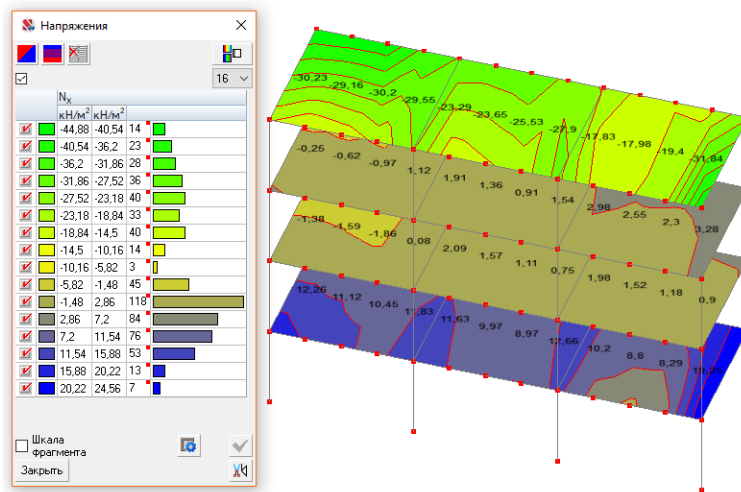


Рис. 4. Изополя и изолинии напряжений N_x при статическом нагружении

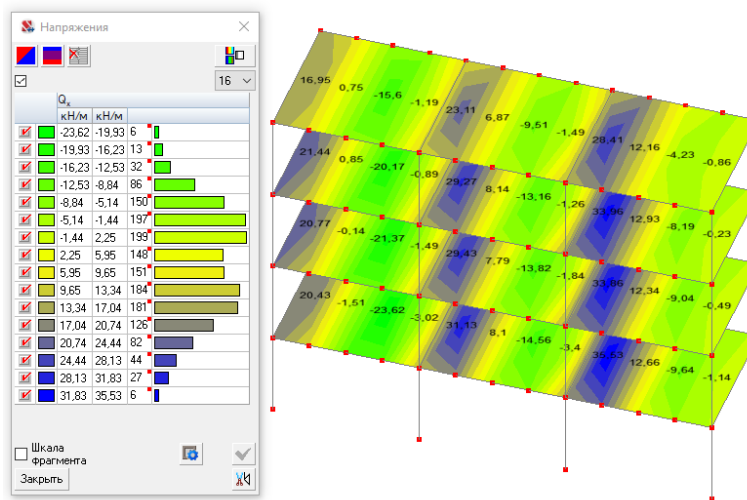


Рис. 5. Изополя и изолинии напряжений Q_z при статическом нагружении

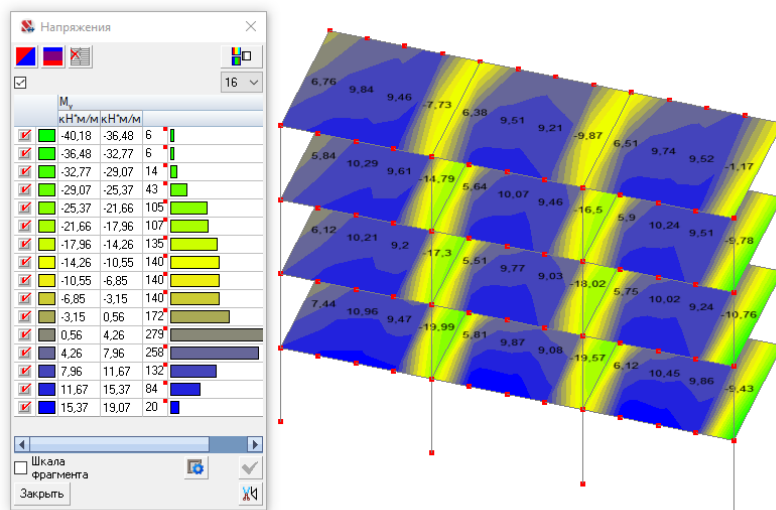


Рис. 6. Изополя и изолинии напряжений M_u при статическом нагружении

Проведем аналогичные расчеты каркасного здания на действие статической нагрузки + воздействия в 7 баллов, и статической нагрузки + воздействия в 8 баллов. Результаты сведены в таблицы 2 и 3.

Таблица 2

Сводная таблица усилий от комбинаций для колонны крайнего ряда							
	Сечение	Комбинации			Отклонение, %		
		1 комб.	2 комб.	3 комб.	1 и 2 комб.	1 и 3 комб.	2 и 3 комб.
N_{max}	K1	-515,602	-887,763	-1259,92	172	244	142
	K2	-501,476	-873,636	-1245,8	174	248	143
	K3	-365,613	-595,752	-825,89	163	226	139
	K4	-221,801	-333,508	-445,215	150	201	133
	K5	-74,295	-105,967	-137,639	143	185	130
M_{max}	K1	24,561	-359,253	-743,067	1463	3025	207
	K2	5,785	290,077	574,368	5014	9929	198
	K3	27,522	273,3	519,079	993	1886	190
	K4	33,459	228,28	423,1	682	1265	185
	K5	33,091	144,248	255,405	436	772	177
Q_{max}	K1	-6,49	179,079	364,648	2759	5619	204
	K2	-3,941	181,628	367,196	4609	9317	202
	K3	16,867	148,152	279,437	878	1657	189
	K4	19,49	120,831	222,172	620	1140	184
	K5	20,785	74,705	128,625	359	619	172

Таблица 3

Сводная таблица усилий от комбинаций для колонны среднего ряда							
	Сечение	Комбинации			Отклонение, %		
		1 комб.	2 комб.	3 комб.	1 и 2 комб.	1 и 3 комб.	2 и 3 комб.
N_{max}	KB1	-1152,19	-1064,84	-977,489	92	85	92
	KB2	-1138,06	-1050,71	-963,363	92	85	92
	KB3	-823,775	-776,286	-728,797	94	88	94
	KB4	-502,515	-481,511	-460,507	96	92	96
	KB5	-178,967	-173,218	-167,469	97	94	97
M_{max}	KB1	49,188	-383,1	-815,388	779	1658	213
	KB2	-45,681	335,149	715,978	734	1567	214
	KB3	-41,652	323,798	689,248	777	1655	213
	KB4	-33,052	247,976	529,005	750	1601	213
	KB5	-25,013	140,428	305,869	561	1223	218
Q_{max}	KB1	-26,353	199,51	425,373	757	1614	213
	KB2	-26,353	199,51	425,373	757	1614	213
	KB3	-23,446	177,72	378,887	758	1616	213
	KB4	-18,174	134,07	286,314	738	1575	214
	KB5	-13,567	73,263	160,093	540	1180	219

Вывод: в ходе работы было рассчитано каркасное здание из сборного железобетона на действие нагрузки. Здание рассчитывалось на 3 вида загрузки: статическое, сейсмическое 7 баллов и сейсмическое 8 баллов.

Если сравнивать расчет здания на статическую нагрузку с расчетом здания на сейсмическую нагрузку (7 баллов), то можно сделать следующие выводы:

– распределение усилий при сейсмической нагрузке остается таким же, как и при статическом нагружении, но значения усилий изменяются.

– моменты и поперечные силы увеличиваются, а продольные силы – уменьшаются. Например, в колонне среднего ряда в сечении KB1 при статической нагрузке момент равен 49,19 кН*м, а при сейсмической нагрузке

-383,1 кН*м (7 баллов), -815,39 кН*м (8 баллов); поперечная сила -26,353 кН при статическом нагружении, 199,51 кН (7 баллов), 425,373 (8 баллов); продольная сила при статическом нагружении -1152,19 кН, при сейсмическом воздействии -1064,84 кН (7 баллов), -977,49 кН (8 баллов).

Если сравнивать расчеты на сейсмическую нагрузку 7 и 8 баллов, то видно, что при 8 баллах все усилия увеличиваются в среднем на 100-140 % по сравнению с 7 баллами. На рисунках видно, что наиболее опасными являются первые 6 форм, так как они дают наибольшее значение отклонения и имеют знакопеременные участки.

Список литературы

1. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю. Управление экологической безопасностью строительства. Экологическая экспертиза и оценка воздействий на окружающую среду. М.: Изд-во АСВ, 2005. 441 с.
2. Трофимов В.Т., Харькина М.А., Григорьева И.Ю. Экологическая геодинамика / под ред. проф. В.Т. Трофимова. М.: КДУ, 2008. 473 с.
3. СП-14.3330.2011. Строительство в сейсмических районах. М.: Министерство регионального развития Российской Федерации, 2011. 75 с.
4. СНиП II 7-81* Строительные нормы и правила. Часть II. Глава 7. Строительство в сейсмических районах. М.: Минстрой России, 2002. 48 с.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ЭЛЕМЕНТОВ НАВЕСНОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ С L-ОБРАЗНЫМ УНИВЕРСАЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ НА ДЕЙСТВИЕ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК

Максимцев Д.С.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Шатрова С.А.

студентка кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Щурин А.О.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

В ходе «ручного» расчета нагрузки были собраны по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия», далее были определены напряжения в элементах и было проведено сравнение с показателями l-образного универсального профиля, представленного на рынке.

Ключевые слова: навесные фасадные системы, НФС, напряженно-деформированное состояние, l-образный профиль.

Навесные фасадные системы (НФС) с воздушным зазором являются частным случаем ограждающих конструкций с вентилируемыми воздушными прослойками, которые давно использовались при строительстве зданий. В последнее годы в Рос-

сии все более популярной становится использование подобных систем для реконструкции и в обустройстве фасадов различных построек. Повременная популярность и использование данных систем обусловлено наличием неоспоримых достоинств.

К настоящему времени накоплен значительный опыт практического применения НФС. Проведены широкие исследования их теплофизических свойств. Установлено, что скорость воздушного потока в вентилируемой прослойке НФС влияет на интенсивность теплопередачи и влагопереноса. Эта скорость сложным образом зависит как от внутренних параметров прослойки, так и от внешних условий обтекания фасадов здания ветровым потоком. Таким образом, разработка методов расчета скорости воздушного потока в вентилируемой прослойке НФС - сложная актуальная задача.

Не менее важной является задача определения силового воздействия ветра на облицовочный слой НФС. Ветровая нагрузка зависит от перепада давления на внешней и внутренней поверхностях НФС, причем вопрос определения внутреннего давления в воздушной прослойке НФС с проницаемым облицовочным слоем остается открытым.

Кронштейны подвесной системы крепятся к стене через терморазрыв из прокладки одним анкерным крепителем. Тип и марка анкера принимается для каждого объекта индивидуально по результатам расчетов и натурных испытаний.

В системе применяются подвижные несущие/опорные кронштейны и кронштейны с двумя ребрами жесткости. На рисунке 1 представлено крепление L-образным универсальным профилем.

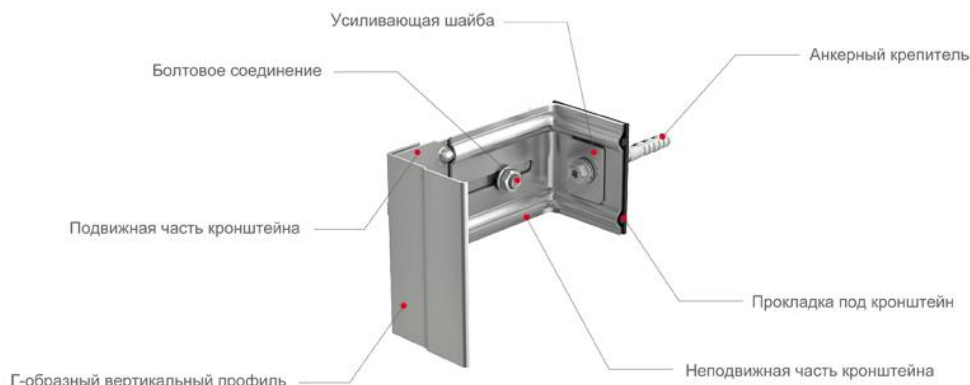


Рис. 1. L-образным универсальным профилем

Цель: сравнить два подхода к расчету навесной фасадной системы (конструктивный расчет навесной фасадной системы с использованием кронштейнов L-образной формы – методика, используемая компанией Краспан; расчет навесной фасадной системы в программном комплексе SCAD office).

Задачи, поставленные для выполнения данной работы:

1. Анализ существующих методик расчета
2. Выполнение численного расчета по скорректированной методике А.В. Фроловской [3, 4].
3. Выполнение численного расчета в программном комплексе SCAD.
4. Сравнение полученных результатов.

Таблица 1

Механические свойства и расчетные характеристики сталей

Материал	Толщина t, мм	Гарантированные пределы прочности материала		Значения расчетных сопротивлений		
		Временное сопротивление σ_u , МПа	Предел текучести σ_{02} , МПа	R_y , МПа	R_s , МПа	R_{lp} , МПа
08пс	все размеры	330	225	220	125	475

Таблица 2

Собственный вес стальной оцинкованной кассеты

Вид облицовки	Ед. изм.	Нормативная нагрузка	γ_f	Расчетная нагрузка
Стальная оцинкованная структурированная кассета Краспан Металл Текс 775x323 мм, толщина металла – 0,3 мм	кг/м ²	3,0	1,1	3,3

Таблица 3

Рекомендуемый шаг кронштейнов

Высота здания, м	Шаг кронштейнов (ширина * высота), м				
	Рядовая зона	Зона внутреннего угла	Угловая зона	Рядовая зона с проемом	Угловая зона с проемом
Ветровой район III					
от 0 до 5м	0,79*1,7	0,79*1,8	0,79*1,7	0,79*1,8	0,79*1,8
от 5 до 10м	0,79*1,7	0,79*1,8	0,79*1,6	0,79*1,8	0,79*1,8
от 10 до 20м	0,79*1,7	0,79*1,8	0,79*1,4	0,79*1,8	0,79*1,8
от 20 до 40м	0,79*1,7	0,79*1,8	0,79*1,2	0,79*1,8	0,79*1,6
от 40 до 60м	0,79*1,7	0,79*1,8	0,79*1,2	0,79*1,8	0,79*1,6
от 60 до 75м	0,79*1,6	0,79*1,8	0,79*1,2	0,79*1,8	0,79*1,6

Вылет кронштейна принимается типовой 230 мм. Длину вертикального профиля принимаем типовой 3600 мм. Геометрические характеристики кронштейна (рисунок 2) и направляющей (рисунок 3) I_y , I_x , W_y , W_x , S определялись по программе SCAD Soft ТОНУС.

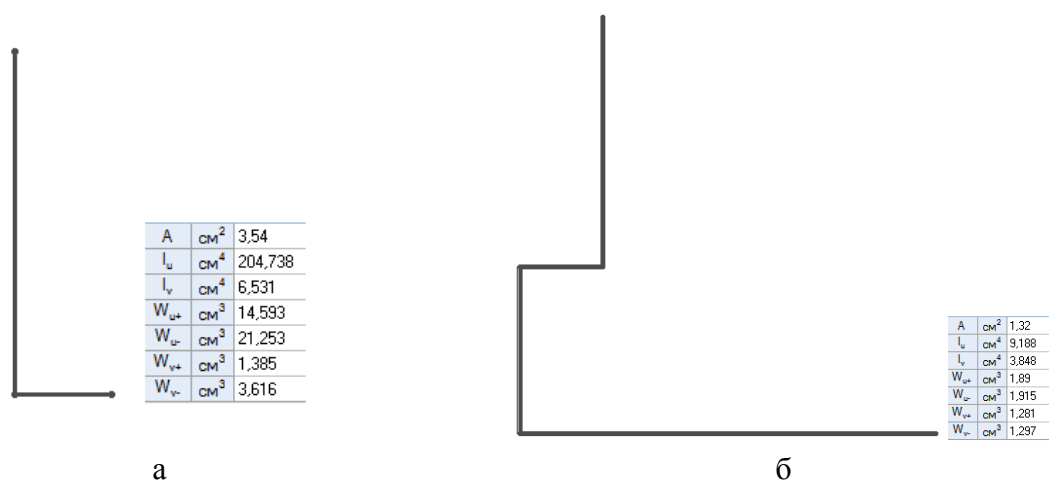
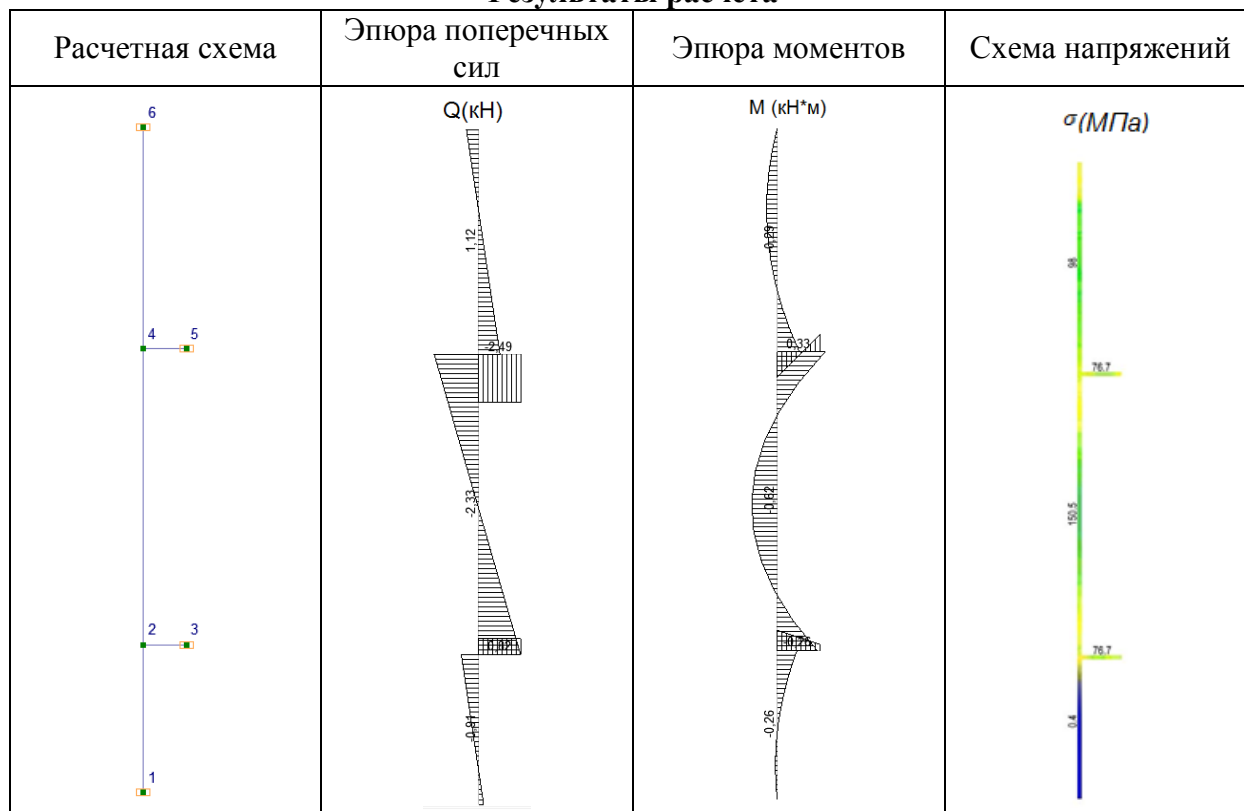


Рис. 2. Упрощенные схемы кронштейна (а) и направляющей (б)

Результаты расчета



ВЫВОДЫ: из эпюр мы можем сделать вывод, что максимальные поперечные усилия возникают в узлах соединения элементов 2-4, 1-2 и 4-6, 2-4 вследствие большей площади при расчете ветровой нагрузки, относительно других узлов. В этих же зонах возникают максимальные моменты. Из эпюр моментов мы можем сделать вывод, что усилия возникают во всех элементах, это является следствием того, что вес облицовки приходится на вертикальный профиль с эксцентриситетом.

Список литературы

1. Пискун А.Е. Рациональные технологические параметры устройства навесных вентилируемых фасадов // Вестник гражданских инженеров / соавтор Казаков Ю.Н. – СПб.: СПбГАСУ, 2008. – № 4. – С. 25-29.
2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Взамен СП 20.13330.2011; введ. 04.06.2017. – М.: ОАО ЦПП, 2017. – 102 с.
3. Енджиевский Л. В., Щербаков Л. В., Терешкова А. В. Кронштейн для крепления навесной панели облицовки здания [Электронный ресурс] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18682136> (дата обращения: 10.05.2018).
4. Терешкова А.В. Исследование деформативности и совершенствование конструктивных решений элементов каркаса фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором / Красноярск, 2007. С. 1-25.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НДС ЭЛЕМЕНТОВ НАВЕСНОЙ ФАСАДНОЙ СИСТЕМЫ С U-ОБРАЗНЫМ УНИВЕРСАЛЬНЫМ ПРОФИЛЕМ НА ДЕЙСТВИЕ СНЕГОВЫХ И ГОЛОЛЕДНЫХ НАГРУЗОК

Максимцев Д.С.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Шатрова С.А.

студентка кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Щурин А.О.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

В ходе «ручного» расчета нагрузки были собраны нагрузки, далее были определены напряжения в элементах и было проведено сравнение с показателями u-образного универсального профиля, представленного на рынке.

Ключевые слова: навесные фасадные системы, НДС, напряженно-деформированное состояние, u-образный универсальный профиль.

Процесс эксплуатации в северных районах страны Навесных фасадных систем (НФС) резко сокращается, что зачастую связано с некачественными монтажными работами и суровыми условиями эксплуатации, а также в связи с гололедными нагрузками.

Гололедная нагрузка на элементы облицовки в значительной мере зависит от типа и расположения местности (горные районы, районы у водоемов с высокой влажностью), температурно-влажностных параметров воздушной среды, наличия ветра. В связи с этим, нагрузку от обледенения следует принимать либо по фактическим данным, либо считать в соответствии с СП «Нагрузки и воздействия».

Расчет навесных фасадных систем с учетом гололедных нагрузок на сегодняшний день чаще всего выполняют специализированные компании. В связи с этим информацию по данной теме найти крайне сложно.

В данной работе идет общий прочностной расчет различных систем, анализ данных работ помог проанализировать сторонние методики расчета, выделить совпадающие элементы и учесть их при расчете фасадной системы с U-образным универсальным профилем (рисунок 1) в программном комплексе SCAD office.

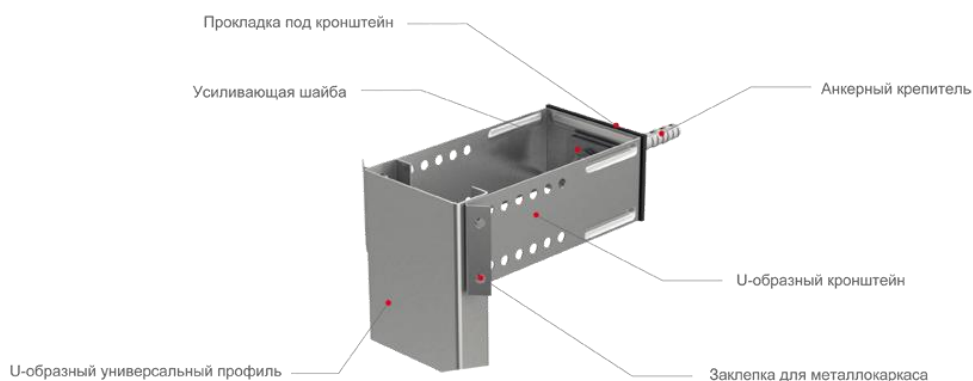


Рис. 1. Способ крепления с U-образным профилем

Тип и марка анкеров принимаются для каждого объекта индивидуально по результатам натурных испытаний. В системе применяются кронштейны U-образные толщиной 1,2 мм НКПН 50.Ц (100.Ц, 150.Ц, 200.Ц, 250.Ц, 300.Ц), НКПН 50.Н (100.Н, 150.Н, 200.Н, 250.Н, 300.Н).

Кронштейны воспринимают вертикальную нагрузку от собственного веса системы, а также от обледенения облицовочного материала, и горизонтальную от ветрового воздействия.

При изучении материала по расчету навесной фасадной системы с применением U-образной системы было выявлено, что по результатам расчетов различных компаний напряжения возникающие в элементах несущей системы могут отличаться на 2-12 %.

Цель: сравнить два подхода к расчету навесной фасадной системы.

Задачи, поставленные для выполнения данной работы:

1. Анализ существующих методик расчета.
2. Выполнение численного расчета по скорректированной методике А.В. Фроловской [4, 5].
3. Выполнение численного расчета в программном комплексе SCAD.
4. Сравнение полученных результатов.

Таблица 1

Рекомендуемый шаг кронштейнов

Высота здания, м	Шаг кронштейнов (ширина * высота), м				
	Рядовая зона	Зона внутреннего угла	Угловая зона	Рядовая зона с проемом	Угловая зона с проемом
Ветровой район III					
от 0 до 5м	1,2*1,2	1,2*1,4	1,2*1,2	1,2*1,4	1,2*1,4
от 5 до 10м	1,2*1,2	1,2*1,4	1,2*0,9	1,2*1,4	1,2*1,4
от 10 до 20м	1,2*1,2	1,2*1,4	1,2*0,8	1,2*1,4	1,2*1,4
от 20 до 40м	1,2*1,2	1,2*1,4	1,2*0,6	1,2*1,4	1,2*1,4
от 40 до 60м	1,2*1,0	1,2*1,4	1,2*0,6	1,2*1,4	1,2*1,2
от 60 до 75м	1,2*1,0	1,2*1,4	1,2*0,6	1,2*1,4	1,2*1,2

Таблица 2

Собственный вес стальной композитной кассеты

Вид облицовки	Ед. изм.	Нормативная нагрузка	γ_f	Расчетная нагрузка
Кассета стальная композитная КраспанКомпозит-ST 1250x2000÷4500, толщина панели (0,35x1,35x0,3) – 2 мм	кг/м ²	7,6	1,1	8,36

Таблица 3

Механические свойства и расчетные характеристики сталей

Материал	Толщина t, мм	Гарантированные пределы прочности материала		Значения расчетных сопротивлений		
		Временное сопротивление σ_u , МПа	Предел текучести σ_{02} , МПа	R_y , МПа	R_s , МПа	R_{lp} , МПа
08пс	все размеры	330	225	220	125	475

Общий вид расчетной схемы, а также эпюры поперечных сил, эпюры моментов, и напряжения показаны в таблице 4.



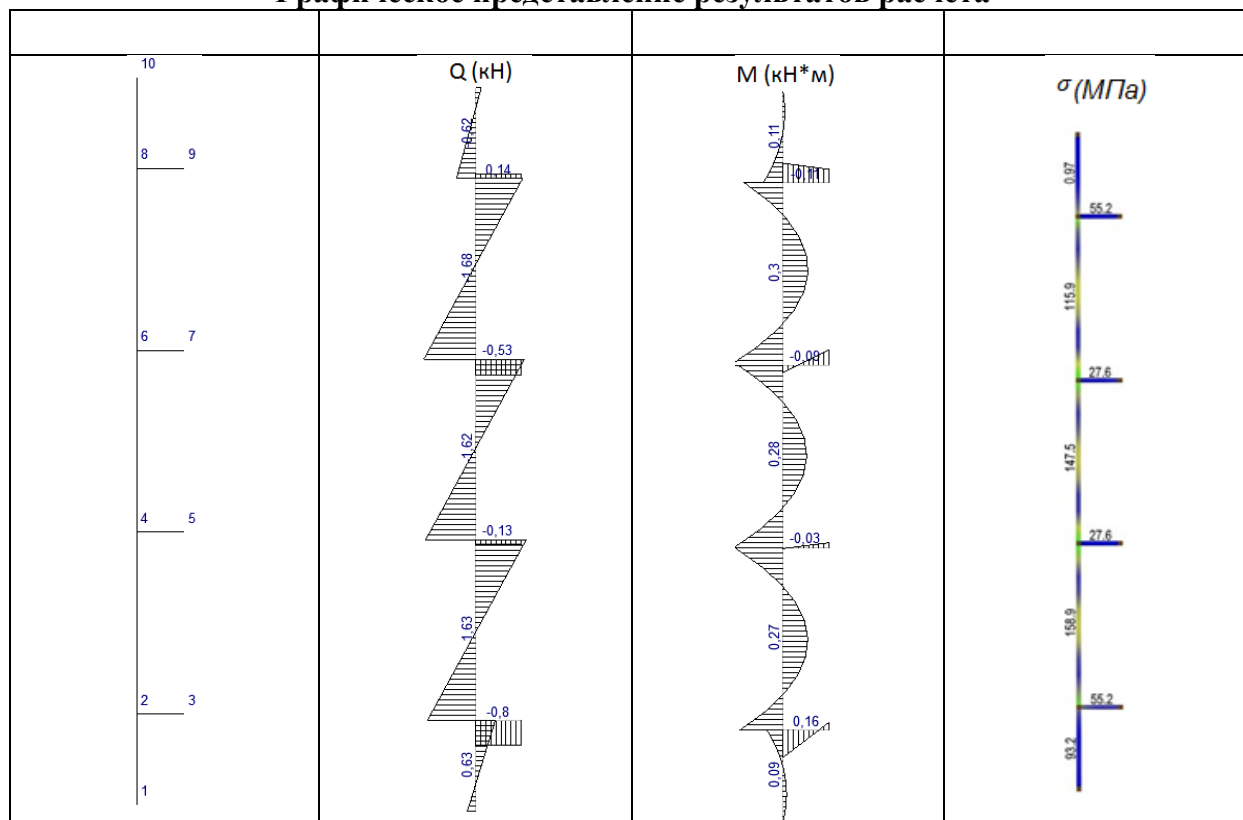
а	 <table border="1" data-bbox="462 1176 678 1422"> <tbody> <tr><td>A</td><td>см²</td><td>7,639</td></tr> <tr><td>I_u</td><td>см⁴</td><td>550,2</td></tr> <tr><td>I_v</td><td>см⁴</td><td>118,324</td></tr> <tr><td>W_{u+}</td><td>см³</td><td>42,028</td></tr> <tr><td>W_{u-}</td><td>см³</td><td>45,808</td></tr> <tr><td>W_{v+}</td><td>см³</td><td>19,582</td></tr> <tr><td>W_{v-}</td><td>см³</td><td>19,582</td></tr> </tbody> </table>	A	см ²	7,639	I _u	см ⁴	550,2	I _v	см ⁴	118,324	W _{u+}	см ³	42,028	W _{u-}	см ³	45,808	W _{v+}	см ³	19,582	W _{v-}	см ³	19,582	б	 <table border="1" data-bbox="1141 1086 1380 1355"> <tbody> <tr><td>A</td><td>см²</td><td>1,56</td></tr> <tr><td>I_u</td><td>см⁴</td><td>15,143</td></tr> <tr><td>I_v</td><td>см⁴</td><td>5,047</td></tr> <tr><td>W_{u+}</td><td>см³</td><td>3,995</td></tr> <tr><td>W_{u-}</td><td>см³</td><td>3,995</td></tr> <tr><td>W_{v+}</td><td>см³</td><td>1,797</td></tr> <tr><td>W_{v-}</td><td>см³</td><td>2,85</td></tr> </tbody> </table>	A	см ²	1,56	I _u	см ⁴	15,143	I _v	см ⁴	5,047	W _{u+}	см ³	3,995	W _{u-}	см ³	3,995	W _{v+}	см ³	1,797	W _{v-}	см ³	2,85
A	см ²	7,639																																											
I _u	см ⁴	550,2																																											
I _v	см ⁴	118,324																																											
W _{u+}	см ³	42,028																																											
W _{u-}	см ³	45,808																																											
W _{v+}	см ³	19,582																																											
W _{v-}	см ³	19,582																																											
A	см ²	1,56																																											
I _u	см ⁴	15,143																																											
I _v	см ⁴	5,047																																											
W _{u+}	см ³	3,995																																											
W _{u-}	см ³	3,995																																											
W _{v+}	см ³	1,797																																											
W _{v-}	см ³	2,85																																											

Рис. 2. Упрощённые схемы кронштейна (а) и направляющей (б)

Графическое представление результатов расчета



Выводы: из эпюр мы можем сделать вывод, что максимальные поперечные усилия возникают в узлах соединения элементов 2-4, 4-6 и 4-6, 6-8 вследствие большей площади при расчете ветровой нагрузки, относительно других узлов. Из эпюр моментов мы можем сделать вывод, что усилия возникают во всех элементах, это является следствием того, что вес облицовки приходится на вертикальный профиль с эксцентриситетом. Как следствие из рисунка 8 мы можем видеть, что максимальные напряжения возникают в элементе 2-4. Напряжения в вертикальном профиле представлены в таблице 5.

Таблица 5

Напряжения в вертикальном профиле

№ п/п	σ , МПа «Ручной» расчет	σ , МПа Расчет в SCAD	№ п/п	σ , МПа «Ручной» расчет	σ , МПа Расчет в SCAD
2-3	59.3	55.2	6-7	31.8	27.6
2-4	160.6	158.9	6-8	123.8	115.9
4-5	31.8	27.6	8-9	59.3	55.2
4-6	153.9	147.5	8-10	1.9	0.97

Список литературы

1. Прочностной расчет элементов конструкции навесной фасадной системы с воздушным зазором «Thermomax-V»-10 (с облицовкой керамогранитными плитами) – [Электронный ресурс] – URL: http://fasad-rus.ru/avtomatizirovannye-metody-rascheta-article_1352.html (дата обращения: 10.05.2018).

2. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Взамен СП 20.13330.2011; введ. 04.06.2017. – М.: ОАО ЦПП, 2017. – 102 с.

3. Енджиевский Л. В., Щербаков Л. В., Терешкова А. В. Кронштейн для крепления навесной панели облицовки здания [Электронный ресурс] – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18682136> (дата обращения: 10.05.2018).

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ БЛОК-ФЕРМЫ РЫБЧАТОГО ТИПА, С СОВМЕЩЕНИЕМ В СТАЛЬНЫХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТАХ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «SCAD»

Максимцев Д.С.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Шатрова С.А.

студентка кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Щурин А.О.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

При проведении расчёта выполнена проверка несущей способности отдельных элементов конструкции на действие проектных нагрузок. Расчеты выполнены с использованием программного комплекса Scad Office.

Ключевые слова: блок-ферма, профилированный лист, деревянные конструкции, комбинированные конструкции.

Конструкция представляет собой блок покрытия, верхний и нижний покрытие которого выполнены из фанеры, соединенных клеем на основе резорцина и меламина. Рамы-полуарки выполнены из клееного дерева. Ребра жесткости выполнены из клеёной древесины. Затяжка из металлического круга.

Исходные данные представлены на рис. 1.

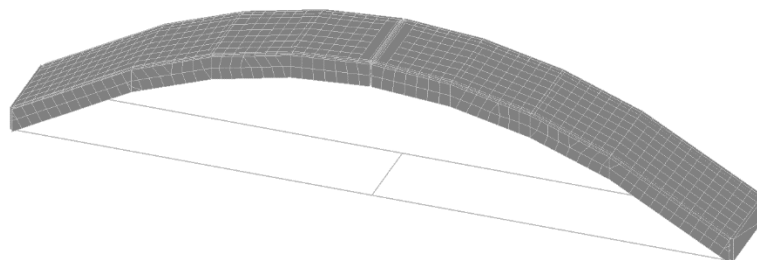


Рис. 1. Пространственной системы блок-фермы трехшарнирной арки

В современных экономических условиях появление большого числа мелких и средних предприятий привело к потребности в быстровозводимых строительных конструкциях, возможно, с ограниченным сроком эксплуатации. При этом особое значение имеет проблема снижения их материалоёмкости. Один из путей решения указанной проблемы – разработка и использование эффективных комбинированных

облегчённых пространственных конструкций. Помимо экономии материалов, получаемой в результате включения обшивки из фанеры в совместную работу с деревянным каркасом, арки имеют металлическую затяжку или опираются на фундамент. Криволинейные пояса сегментных арок выполняют из клееных брусев. Для обеспечения устойчивости нижнего пояса, в котором возможно появление сжимающих усилий, к нему подшиваются дополнительные доски, увеличивающие его жесткость. Арки – один из наиболее распространенных видов клееных несущих конструкций. Арочные деревянные конструкции рассчитаны на применение во всех климатических районах страны. Их используют при строительстве сельскохозяйственных производственных зданий, а также в зрелищных и спортивных зданиях и сооружениях.

Расчет конструкции проходил в 2 этапа:

– статический расчет – расчетная схема, её обоснование, действующие нагрузки, обоснование принятых в расчете сочетаний нагрузок, определение силовых воздействий.

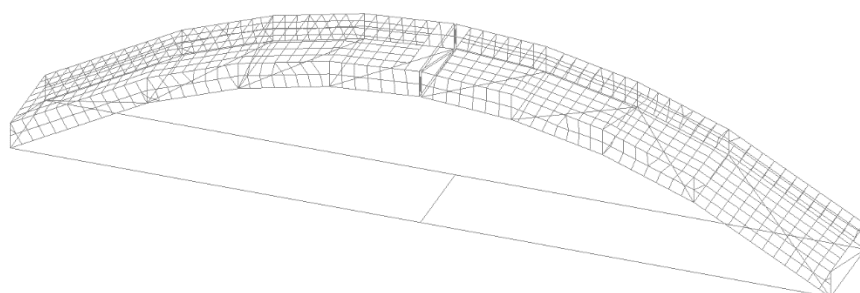


Рис. 2. Расчетная схема

– конструктивный расчет – силовые воздействия, принятое сечение или конструктивное решение со всеми необходимыми геометрическими характеристиками, проверка несущей способности или величины деформации.

Результаты расчета:

Таблица 1

Выборка величины усилий от комбинаций

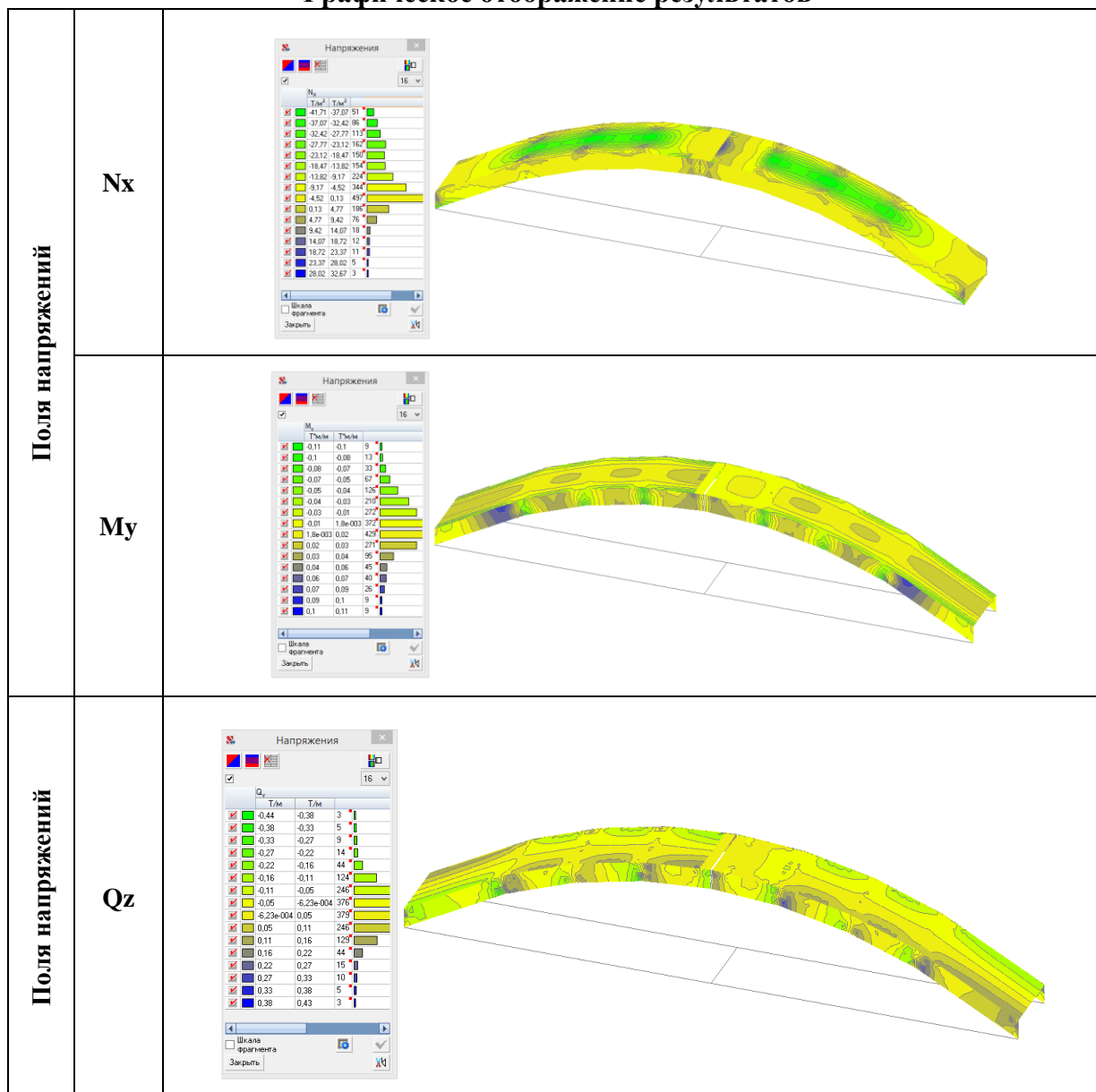
Наименование	Максимальные значения			Минимальные значения				
	Значение	Элемент	Сечение	Комбинация	Значение	Элемент	Сечение	Комбинация
N	1,518	177	1	1	-2,249	722	1	1
My	0,015	174	2	1	-0,001	717	1	1
Qz	0	174	1	1	-0,034	721	1	1

Таблица 2

Выборка величины перемещений от комбинаций

Наименование	Максимальные значения			Минимальные значения		
	Значение	Узел	Комбинация	Значение	Узел	Комбинация
X	16,807	192	1	-10,934	592	1
Y	10,112	56	1	0	19	1
Z	1,92	92	1	-30,036	603	1
UX	0,783	54	1	-0,791	64	1
UY	2,009	53	1	-2,011	54	1
UZ	0,431	53	1	-0,483	54	1

Графическое отображение результатов



Усилия экспортируем из SCAD в SCAD Descot «Соппротивление сечений» и производим расчет с текущим сечением арки.

Таблица 4

Результаты расчета по комбинациям загрузжений

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
1	2	3
п. 4.4	Гибкость элемента в плоскости XOY	0,563
п. 4.4	Гибкость элемента в плоскости XOZ	0,462
п. 4.2	Прочность элемента при действии сжимающей продольной силы	0,218
п. 4.2	Устойчивость в плоскости XOZ при действии продольной силы	0,29
п. 4.2	Устойчивость в плоскости XOY при действии продольной силы	0,344

1	2	3
п. 4.9	Прочность элемента при действии изгибающего момента M_u	0,103
п.4.17	Прочность при совместном действии сжимающей продольной силы и изгибающего момента M_u	0,363
п.4.10	Прочность при действии поперечной силы Q_u	0,077
п.4.18	Устойчивость плоской формы деформирования	0,385

Вывод. По результатам проверки сечения было выявлено, что коэффициент использования сечения 0,563. Сечение подобрано.

Список литературы

1. Комбинированные из стали, бетона, дерева пространственные конструкции блочного типа: учеб. пособие / Л. В. Енджиевский, И. С. Инжутов, П. А. Дмитриев и др.; Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т. – Красноярск: СФУ, 2008. Ч. 1. – 321 с.
2. Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. для вузов / М.М. Гаппоев [и др.]. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 400 с.
3. СНИП II–25–80 Деревянные конструкции, Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 30 с. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНИП 2.01.07-85*.
4. Металлические конструкции. В 3 т. Т.1. Элементы стальных конструкций: учебное пособие для строит. Вузов / В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. – М.: Высш. шк., 1997. –527 с.

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ДВУХПОЯСНОГО АРОЧНОГО ПОКРЫТИЯ, С СОВМЕЩЕНИЕМ В СТАЛЬНЫХ ПРОФИЛИРОВАННЫХ ЛИСТАХ, В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD

Максимцев Д.С.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Шатрова С.А.

студентка кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Щурин А.О.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Проведен расчёт основной конструкции, выполнена проверка несущей способности отдельных элементов конструкции на действие проектных нагрузок. Расчёты выполнены с использованием программного комплекса Scad Office.

Ключевые слова: блок-ферма арочного типа, профилированный лист, комбинированные конструкции.

Конструкция представляет собой блок покрытия, верхний и нижний пояса которого выполнены из трех профлистов, соединенных контактной точечной сваркой. Исходные данные представлены на рисунке 1.

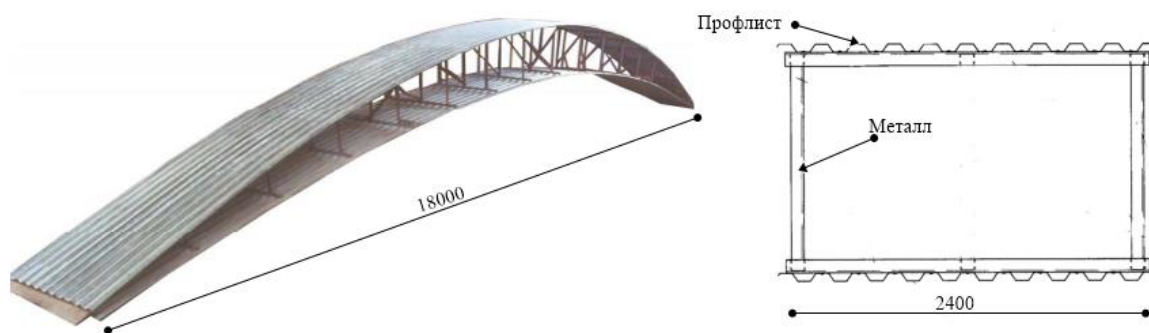


Рис. 1. Пространственная система двухпоясного арочного покрытия с совмещением в стальных профилированных листах, формирующих верхний и нижний пояса

В современных экономических условиях появление большого числа мелких и средних предприятий привело к потребности в быстровозводимых строительных конструкциях, возможно, с ограниченным сроком эксплуатации. При этом особое значение имеет проблема снижения их материалоемкости. Один из путей решения указанной проблемы – разработка и использование эффективных комбинированных облегченных пространственных конструкций на основе стандартного металлического профилированного листа, работающего совместно с деревянным каркасом. Помимо экономии материалов, получаемой в результате включения профилированного листа в совместную работу с деревянным каркасом, существенное снижение достигается при применении обшивок из стального профнастила за счет исключения кровельных работ. У Свод можно изготавливать как из прямолинейных профлистов, так и из профлистов арочного очертания. Достоинством последнего варианта является отсутствие напряжений в профлисте от его предварительного конструктивного выгиба. Применение арочного профлиста позволяет снизить трудоемкость сборки блока.

Расчет конструкции:

Снеговая нагрузка

Вес снегового покрова на 1 м² площади горизонтальной проекции покрытия для III района, согласно СП 20.13330.2016, $s_0=1,8$ кПа= 1,8 кН/м².

$$S_0 = c_e c_t \mu S_g$$

$$S_0 = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,8 = 1,53 \text{ кН/м}^2.$$

Расчет конструкции проходил в 2 этапа:

– статический расчет – расчетная схема, её обоснование, действующие нагрузки, обоснование принятых в расчете сочетаний нагрузок, определение силовых воздействий.

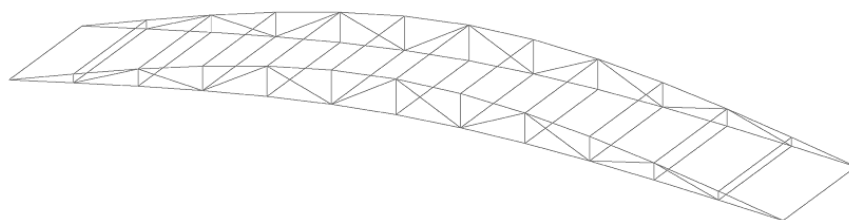


Рис. 2. Расчетная схема

– конструктивный расчет – силовые воздействия, принятое сечение или конструктивное решение со всеми необходимыми геометрическими характеристиками, проверка несущей способности или величины деформации.

В качестве профилированного настила был выбран Н60-750-0,8 в соответствии с ГОСТ 24045-2016 «Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства».

Приведение жесткостных характеристик профилированного листа к жесткостям ортотропной пластины представлено на рисунке.

Наименование	Н60-750-0.8	
	Узкие	Широкие
Сжатые полки		
Модуль упругости по главной оси E_1 , тс/м ²	877 782	874 449
Коэффициент Пуассона ν_{12}	0,0000161392	0,0000162008
Модуль упругости по второстепенной оси E_2 , тс/м ²	47,2	47,2
Коэффициент Пуассона ν_{21}	0,30	
Модуль сдвига в плоскости пластины G , тс/м ²	115 850	
Толщина ортотропной пластины H , см	6,0	
Плотность ортотропной пластины R_0 , т/м ³	0,190	

Рис. 3. Приведение жесткостных характеристик профилированного листа к жесткостям ортотропной пластины

В качестве раскосов, стоек, горизонтальные стержней были подобраны неравнополочные уголки по ГОСТ 8510-86 «Уголки стальные горячекатаные неравнополочные» в программном комплексе SCAD.

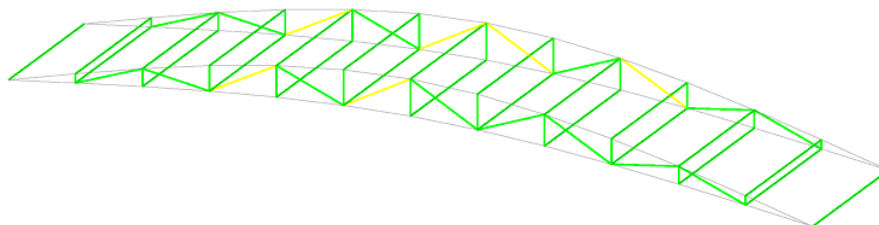


Рис. 4. Проверочный расчет подобранных стержней в программном комплексе SCAD

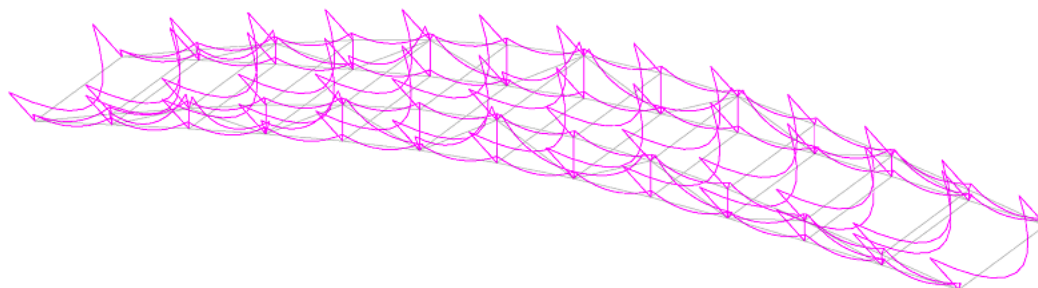


Рис. 5. Эпюра M_y

Результаты расчета

Выборка величины усилий от комбинаций								
Наименование	Максимальные значения			Минимальные значения				
	Значение	Элемент	Сечение	Комбинация	Значение	Элемент	Сечение	Комбинация
N	0,089	38	3	1	-0,267	80	3	1
My	0,012	34	2	1	-0,025	20	3	1
Qz	0,059	19	1	1	-0,059	20	3	1

Вывод. Проведено ознакомление с основными принципами формообразования, конструирования и расчета пространственных комбинированных конструкций блочного типа. Отработаны методы выбора расчетной модели конструкции с учетом физической и геометрической нелинейностей работы древесины, стали, а также с учетом податливости узловых соединений, обеспечения их пространственной жесткости и неизменяемости, с методами конструирования и расчета основных пространственных комбинированных конструкций блочного типа.

Список литературы

1. Комбинированные из стали, бетона, дерева пространственные конструкции блочного типа : учеб. пособие. Ч. 1 / Л. В. Енджиевский, И. С. Инжутов, П. А. Дмитриев и др.; Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т. – Красноярск : СФУ, 2008. – 321 с
2. ГОСТ 24045-2016 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия.
3. ГОСТ 8510-86 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент (с Изменением N 1).
4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Взамен СП 20.13330.2011; введ. 04.06.2017. – М.: ОАО ЦПП, 2017. – 102 с.

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ ТРЕХШАРНИРНОЙ АРКИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SCAD

Максимцев Д.С.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Шатрова С.А.

студентка кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Щурин А.О.

студент кафедры строительных конструкций и управляемых систем,
Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет,
Россия, г. Красноярск

Проведен расчёт трехшарнирной арки, пролетом 99,9 м, выполнена проверка несущей способности отдельных элементов конструкции на действие проектных нагрузок. Расчеты выполнены с использованием программного комплекса Scad Office.

Ключевые слова: трехшарнирная арка, комбинированные конструкции

Проектируемая клееная деревянная трехшарнирная арка (рис. 1). Материал каркаса – древесина 2 сорта. Сечение связей 200×200 мм. Сечение деревянных распоров 200×200 мм. Уровень ответственности здания – нормальный. Высота до низа стропильных конструкций – 41 м. Пролет – 99,9 м.

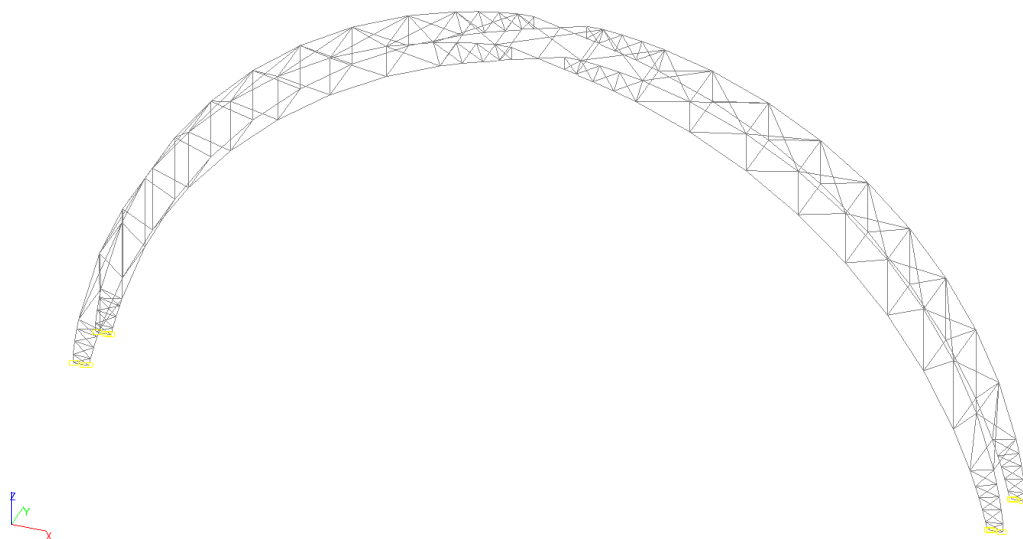


Рис. 1. Проектируемая клееная деревянная трехшарнирная арка (расчетная схема)

Таблица 1

Сбор нагрузок

Наименование нагрузки	Ед. изм.	Нормативная нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке	Расчетная нагрузка
Оцинкованный лист $t=0,8\text{мм}$	т/м ²	0,010	1,05	0,011
Мин. Плита 200 мм, $\gamma=0,2$ т/м ³	т/м ²	0,024	1,3	0,031
Прогон	т/м	0,001	1,05	0,0012
Снеговая нагрузка (район III)	т/м ²	0,183	1,4	0,256
Ветровая нагрузка (район III)	т/м ²	0,038	1,4	0,0532

Все значения снеговой нагрузки в каждой точке арки, в зависимости от коэффициента μ приведены в таблице 2.

Таблица 2

Определение коэффициента μ

α	h	м	So
122	3.19	0.00	0
61	1.60	0.00	0
47	1.23	0.33	0.192
37	0.97	0.57	0.325
29	0.76	0.73	0.416
23	0.60	0.82	0.473
17	0.44	0.90	0.518
10	0.26	0.97	0.554
0	0	1.00	0.573

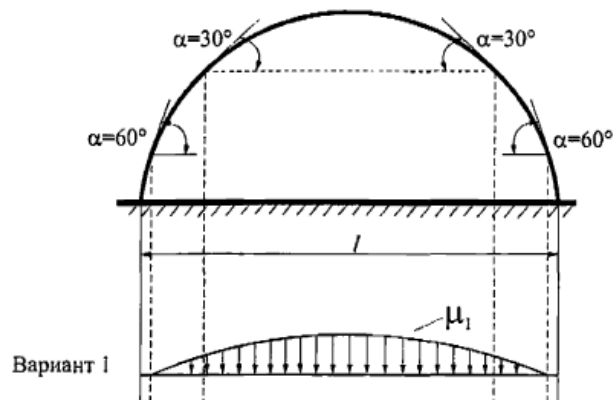


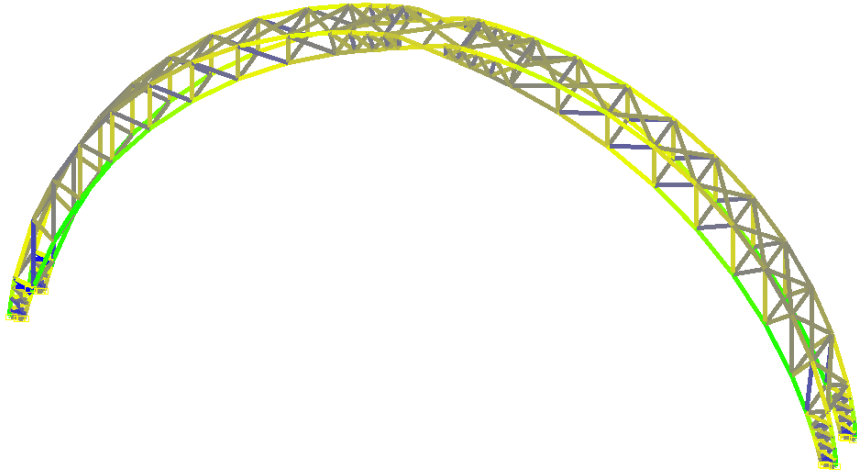
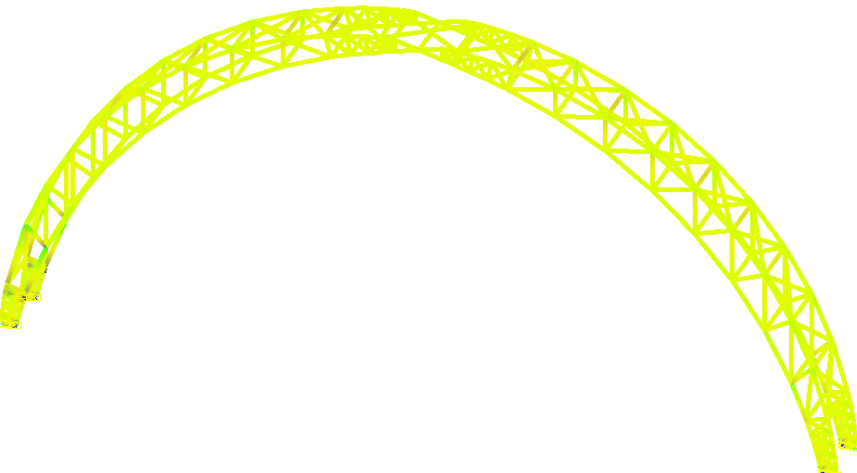
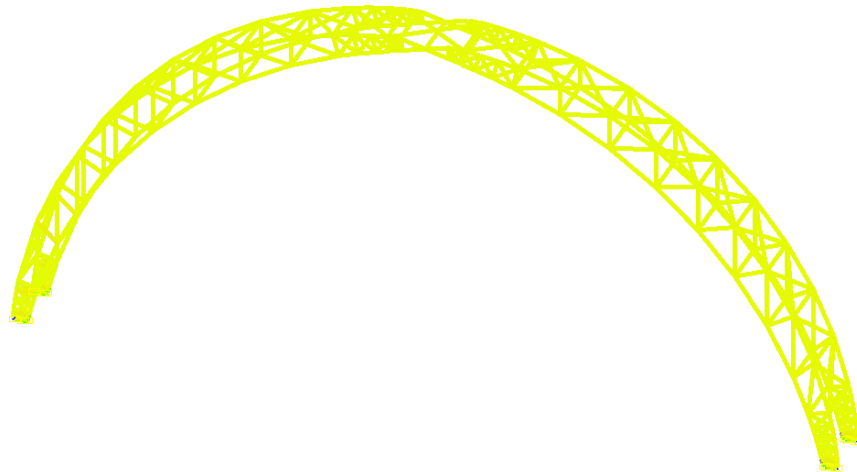
Рис. 2. Определение коэффициента μ

Результаты расчета сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты расчета

1	2	3																																																																																					
Перемещения по X		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">X</th> <th>MM</th> <th>MM</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-57,703</td><td>-52,429</td><td>10</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-52,429</td><td>-47,155</td><td>4</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-47,155</td><td>-41,881</td><td>5</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-41,881</td><td>-36,607</td><td>1</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-36,607</td><td>-31,333</td><td>4</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-31,333</td><td>-26,059</td><td>2</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-26,059</td><td>-20,785</td><td>4</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-20,785</td><td>-15,51</td><td>44</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-15,51</td><td>-10,236</td><td>14</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-10,236</td><td>-4,962</td><td>11</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-4,962</td><td>0,312</td><td>37</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>0,312</td><td>5,586</td><td>16</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>5,586</td><td>10,86</td><td>12</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>10,86</td><td>16,134</td><td>2</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>16,134</td><td>21,408</td><td>5</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>21,408</td><td>26,682</td><td>9</td></tr> </tbody> </table>	X		MM	MM		<input checked="" type="checkbox"/>	■	-57,703	-52,429	10	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-52,429	-47,155	4	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-47,155	-41,881	5	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-41,881	-36,607	1	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-36,607	-31,333	4	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-31,333	-26,059	2	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-26,059	-20,785	4	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-20,785	-15,51	44	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-15,51	-10,236	14	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-10,236	-4,962	11	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-4,962	0,312	37	<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,312	5,586	16	<input checked="" type="checkbox"/>	■	5,586	10,86	12	<input checked="" type="checkbox"/>	■	10,86	16,134	2	<input checked="" type="checkbox"/>	■	16,134	21,408	5	<input checked="" type="checkbox"/>	■	21,408	26,682	9
X		MM	MM																																																																																				
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-57,703	-52,429	10																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-52,429	-47,155	4																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-47,155	-41,881	5																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-41,881	-36,607	1																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-36,607	-31,333	4																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-31,333	-26,059	2																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-26,059	-20,785	4																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-20,785	-15,51	44																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-15,51	-10,236	14																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-10,236	-4,962	11																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-4,962	0,312	37																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,312	5,586	16																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5,586	10,86	12																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	10,86	16,134	2																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	16,134	21,408	5																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	21,408	26,682	9																																																																																			
Перемещение по Y		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Y</th> <th>MM</th> <th>MM</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-1,127</td><td>-1,01</td><td>2</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-1,01</td><td>-0,893</td><td>4</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-0,893</td><td>-0,776</td><td>1</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-0,776</td><td>-0,659</td><td>3</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-0,659</td><td>-0,542</td><td>7</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-0,542</td><td>-0,425</td><td>6</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-0,425</td><td>-0,308</td><td>6</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-0,308</td><td>-0,191</td><td>6</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-0,191</td><td>-0,074</td><td>15</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>-0,074</td><td>0,043</td><td>45</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>0,043</td><td>0,16</td><td>20</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>0,16</td><td>0,277</td><td>27</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>0,277</td><td>0,394</td><td>19</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>0,394</td><td>0,511</td><td>8</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>0,511</td><td>0,628</td><td>8</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>■</td><td>0,628</td><td>0,744</td><td>3</td></tr> </tbody> </table>	Y		MM	MM		<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1,127	-1,01	2	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1,01	-0,893	4	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,893	-0,776	1	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,776	-0,659	3	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,659	-0,542	7	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,542	-0,425	6	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,425	-0,308	6	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,308	-0,191	6	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,191	-0,074	15	<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,074	0,043	45	<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,043	0,16	20	<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,16	0,277	27	<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,277	0,394	19	<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,394	0,511	8	<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,511	0,628	8	<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,628	0,744	3
Y		MM	MM																																																																																				
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1,127	-1,01	2																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-1,01	-0,893	4																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,893	-0,776	1																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,776	-0,659	3																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,659	-0,542	7																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,542	-0,425	6																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,425	-0,308	6																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,308	-0,191	6																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,191	-0,074	15																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	-0,074	0,043	45																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,043	0,16	20																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,16	0,277	27																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,277	0,394	19																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,394	0,511	8																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,511	0,628	8																																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/>	■	0,628	0,744	3																																																																																			

1	2	3																																																																																					
Эпюра N		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">N</th> <th>T</th> <th>T</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-104,278</td><td>-95,047</td><td>5</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-95,047</td><td>-85,816</td><td>12</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-85,816</td><td>-76,585</td><td>6</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-76,585</td><td>-67,354</td><td>3</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-67,354</td><td>-58,123</td><td>9</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-58,123</td><td>-48,892</td><td>10</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-48,892</td><td>-39,66</td><td>10</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-39,66</td><td>-30,429</td><td>21</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-30,429</td><td>-21,198</td><td>34</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-21,198</td><td>-11,967</td><td>52</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-11,967</td><td>-2,736</td><td>88</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-2,736</td><td>6,495</td><td>148</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>6,495</td><td>15,726</td><td>42</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>15,726</td><td>24,957</td><td>2</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>24,957</td><td>34,188</td><td>4</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>34,188</td><td>43,419</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	N		T	T		✓	█	-104,278	-95,047	5	✓	█	-95,047	-85,816	12	✓	█	-85,816	-76,585	6	✓	█	-76,585	-67,354	3	✓	█	-67,354	-58,123	9	✓	█	-58,123	-48,892	10	✓	█	-48,892	-39,66	10	✓	█	-39,66	-30,429	21	✓	█	-30,429	-21,198	34	✓	█	-21,198	-11,967	52	✓	█	-11,967	-2,736	88	✓	█	-2,736	6,495	148	✓	█	6,495	15,726	42	✓	█	15,726	24,957	2	✓	█	24,957	34,188	4	✓	█	34,188	43,419	4
N		T	T																																																																																				
✓	█	-104,278	-95,047	5																																																																																			
✓	█	-95,047	-85,816	12																																																																																			
✓	█	-85,816	-76,585	6																																																																																			
✓	█	-76,585	-67,354	3																																																																																			
✓	█	-67,354	-58,123	9																																																																																			
✓	█	-58,123	-48,892	10																																																																																			
✓	█	-48,892	-39,66	10																																																																																			
✓	█	-39,66	-30,429	21																																																																																			
✓	█	-30,429	-21,198	34																																																																																			
✓	█	-21,198	-11,967	52																																																																																			
✓	█	-11,967	-2,736	88																																																																																			
✓	█	-2,736	6,495	148																																																																																			
✓	█	6,495	15,726	42																																																																																			
✓	█	15,726	24,957	2																																																																																			
✓	█	24,957	34,188	4																																																																																			
✓	█	34,188	43,419	4																																																																																			
Эпюра My		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">My</th> <th>Tm</th> <th>Tm</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-16,626</td><td>-14,323</td><td>8</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-14,323</td><td>-12,02</td><td>8</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-12,02</td><td>-9,718</td><td>17</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-9,718</td><td>-7,415</td><td>22</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-7,415</td><td>-5,113</td><td>28</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-5,113</td><td>-2,81</td><td>49</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-2,81</td><td>-0,507</td><td>219</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-0,507</td><td>1,795</td><td>396</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>1,795</td><td>4,098</td><td>90</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>4,098</td><td>6,401</td><td>48</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>6,401</td><td>8,703</td><td>26</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>8,703</td><td>11,006</td><td>15</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>11,006</td><td>13,309</td><td>10</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>13,309</td><td>15,611</td><td>12</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>15,611</td><td>17,914</td><td>10</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>17,914</td><td>20,216</td><td>8</td></tr> </tbody> </table>	My		Tm	Tm		✓	█	-16,626	-14,323	8	✓	█	-14,323	-12,02	8	✓	█	-12,02	-9,718	17	✓	█	-9,718	-7,415	22	✓	█	-7,415	-5,113	28	✓	█	-5,113	-2,81	49	✓	█	-2,81	-0,507	219	✓	█	-0,507	1,795	396	✓	█	1,795	4,098	90	✓	█	4,098	6,401	48	✓	█	6,401	8,703	26	✓	█	8,703	11,006	15	✓	█	11,006	13,309	10	✓	█	13,309	15,611	12	✓	█	15,611	17,914	10	✓	█	17,914	20,216	8
My		Tm	Tm																																																																																				
✓	█	-16,626	-14,323	8																																																																																			
✓	█	-14,323	-12,02	8																																																																																			
✓	█	-12,02	-9,718	17																																																																																			
✓	█	-9,718	-7,415	22																																																																																			
✓	█	-7,415	-5,113	28																																																																																			
✓	█	-5,113	-2,81	49																																																																																			
✓	█	-2,81	-0,507	219																																																																																			
✓	█	-0,507	1,795	396																																																																																			
✓	█	1,795	4,098	90																																																																																			
✓	█	4,098	6,401	48																																																																																			
✓	█	6,401	8,703	26																																																																																			
✓	█	8,703	11,006	15																																																																																			
✓	█	11,006	13,309	10																																																																																			
✓	█	13,309	15,611	12																																																																																			
✓	█	15,611	17,914	10																																																																																			
✓	█	17,914	20,216	8																																																																																			
Эпюра Qz		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Qz</th> <th>T</th> <th>T</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-70,715</td><td>-61,29</td><td>2</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-61,29</td><td>-51,864</td><td>0</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-51,864</td><td>-42,438</td><td>2</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-42,438</td><td>-33,013</td><td>2</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-33,013</td><td>-23,587</td><td>4</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-23,587</td><td>-14,161</td><td>4</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-14,161</td><td>-4,736</td><td>4</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>-4,736</td><td>4,69</td><td>382</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>4,69</td><td>14,116</td><td>15</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>14,116</td><td>23,541</td><td>0</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>23,541</td><td>32,967</td><td>0</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>32,967</td><td>42,393</td><td>2</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>42,393</td><td>51,818</td><td>0</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>51,818</td><td>61,244</td><td>0</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>61,244</td><td>70,67</td><td>0</td></tr> <tr><td>✓</td><td>█</td><td>70,67</td><td>80,095</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	Qz		T	T		✓	█	-70,715	-61,29	2	✓	█	-61,29	-51,864	0	✓	█	-51,864	-42,438	2	✓	█	-42,438	-33,013	2	✓	█	-33,013	-23,587	4	✓	█	-23,587	-14,161	4	✓	█	-14,161	-4,736	4	✓	█	-4,736	4,69	382	✓	█	4,69	14,116	15	✓	█	14,116	23,541	0	✓	█	23,541	32,967	0	✓	█	32,967	42,393	2	✓	█	42,393	51,818	0	✓	█	51,818	61,244	0	✓	█	61,244	70,67	0	✓	█	70,67	80,095	4
Qz		T	T																																																																																				
✓	█	-70,715	-61,29	2																																																																																			
✓	█	-61,29	-51,864	0																																																																																			
✓	█	-51,864	-42,438	2																																																																																			
✓	█	-42,438	-33,013	2																																																																																			
✓	█	-33,013	-23,587	4																																																																																			
✓	█	-23,587	-14,161	4																																																																																			
✓	█	-14,161	-4,736	4																																																																																			
✓	█	-4,736	4,69	382																																																																																			
✓	█	4,69	14,116	15																																																																																			
✓	█	14,116	23,541	0																																																																																			
✓	█	23,541	32,967	0																																																																																			
✓	█	32,967	42,393	2																																																																																			
✓	█	42,393	51,818	0																																																																																			
✓	█	51,818	61,244	0																																																																																			
✓	█	61,244	70,67	0																																																																																			
✓	█	70,67	80,095	4																																																																																			

Проверка прочности сечения арки:

Максимальный изгибающий момент, полученный в результате расчет, равен 20,216 т*м.

$$\frac{M}{W_{расч}} \pm \frac{N}{A} \leq R_u$$

$$\frac{20,216}{0,00792} + \frac{104,278}{0,24} \leq R_u$$

689,85 т/м² < 987,76 т/м², следовательно, прочности арки обеспечена.

Вывод. Крен здания равные 83,31 мм не превышает предельных 333,3 мм.

Список литературы

1. Комбинированные из стали, бетона, дерева пространственные конструкции блочного типа : учеб. пособие. Ч. 1 / Л. В. Енджиевский, И. С. Инжутов, П. А. Дмитриев и др. ; Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т. – Красноярск : СФУ, 2008. – 321 с.
2. ГОСТ 24045-2016 Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия.
3. ГОСТ 8510-86 Уголки стальные горячекатаные неравнополочные. Сортамент (с Изменением N 1).
4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – Взамен СП 20.13330.2011; введ. 04.06.2017. – М.: ОАО ЦПП, 2017. -102с.

СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»

О МОРФОЛОГИИ ГИДРОКСИДОВ ЦИРКОНИЯ, СИНТЕЗИРУЕМЫХ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ

Жуков А.В.

доцент кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе, к.х.н., Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Россия, г. Москва

Евстигнеева А.Д.

студент шестого курса кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Россия, г. Москва

Чижевская С.В.

профессор кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе, д.х.н., Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Россия, г. Москва

Обсуждается морфология и гранулометрический состав гидроксидов циркония, синтезированных методом распыления в растворы аммиака растворов оксихлорида циркония разной концентрации. Показано, что метод может использоваться для получения гидроксидов, представленных непечными сфероподобными агрегатами и сферическими частицами.

Ключевые слова: гидроксид циркония, оксихлорид циркония, аммиак, метод распыления, морфология, гранулометрический состав.

Свойства керамики в значительной степени зависят от характеристик порошков оксидов, которые во многом определяются методом и условиями синтеза прекурсоров. Так, присутствие в оксидах пористых агрегатов приводит к образованию в керамике участков с повышенной пористостью, которая в процессе спекания полностью не удаляется. В случае, когда порошки содержат преимущественно плотные, прочные агрегаты, наблюдается аномальный неравномерный рост кристаллов. Таким образом, особую роль играют гранулометрический состав (наличие прочных или непечных агрегатов) и морфология прекурсоров, поскольку они могут наследоваться порошками получаемых из них оксидов (оксидных материалов) [1, с. 18].

Синтезировать маловодные гидроксиды таких элементов, как цирконий, гафний, РЗЭ, ниобий, алюминий и др., наследующие морфологию частиц исходных соединений, позволяет гетерофазный метод (обработка твердой соли раствором основания) [2, с. 34; 3, с. 58; 4, с. 35; 5, с. 55; 6, с. 762]. В качестве разновидности этого метода можно рассматривать малоизученный метод распыления концентрированных растворов неорганических соединений в раствор основания.

Целью настоящей работы являлось изучение морфологии и гранулометрического состава частиц гидроксидов циркония, синтезируемых методом распыления концентрированных растворов солей в растворы аммиака.

Методическая часть

В качестве реагентов для синтеза гидроксидов циркония использовали оксихлорид циркония, $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$, “хч” (ОХЦ) и аммиак водный, NH_4OH . Концентрацию раствора ОХЦ варьировали в интервале 0,5-3 М, аммиака – 0,5-12 М.

Методика эксперимента включала распыление предварительно нагретого до $100^\circ C$ раствора ОХЦ в раствор аммиака, фильтрование суспензии, промывку осадка гидроксида дистиллированной водой до нейтрального рН и сушку при температуре $110^\circ C$ в вакуумном шкафу DZF-6020 Labtex до постоянной массы.

Изучение морфологии частиц гидроксидов проводили с помощью растрового электронного микроскопа Vega 3 (Tescan). Гранулометрический состав образцов устанавливали с помощью лазерного дифракционного микроанализатора Analysette-22 (Fritsch).

Влияние концентрации соли. При распылении в концентрированный раствор аммиака растворов ОХЦ с относительно невысокой концентрацией (0,5-1 моль/л) образуются плохо фильтрующиеся осадки с высокой относительной влажностью (84-85%). С повышением концентрации раствора ОХЦ до 3 моль/л скорость фильтрования осадков увеличивается в 2 раза, а влажность снижается в 1,5 раза. Анализ результатов лазерной гранулометрии показывает, что средний размер агрегатов в синтезированных гидроксидах (d_{50}) увеличивается с ростом концентрации ОХЦ в растворе (рис. 1).

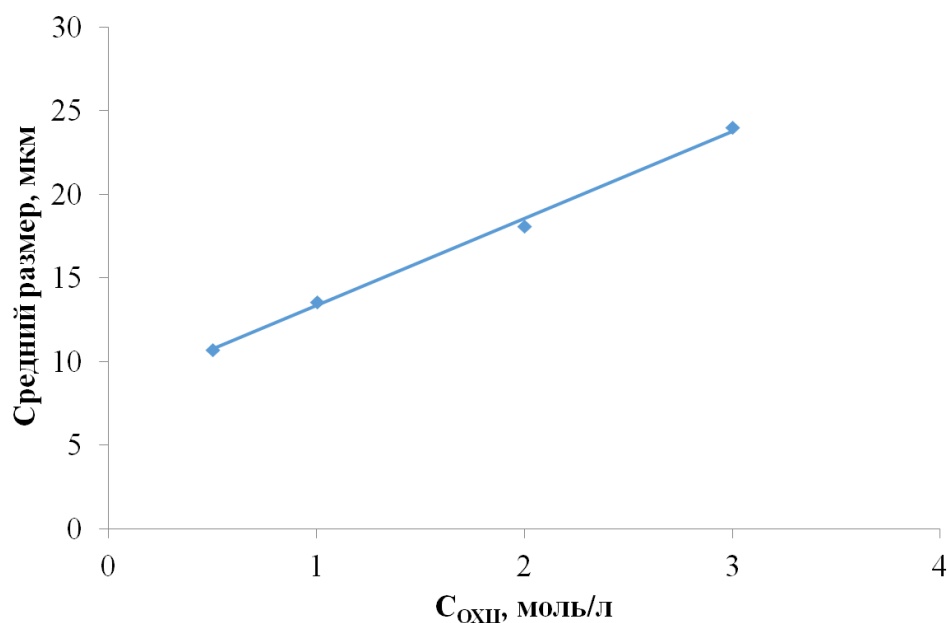


Рис. 1. Влияние концентрации раствора ОХЦ на средний размер агрегатов в осадках гидроксида циркония

По данным электронной микроскопии (рис. 2) гидроксиды, синтезированные из растворов с концентрацией ОХЦ 0,5 и 1 моль/л, представлены рыхлыми агрегатами неправильной формы с рельефной поверхностью.

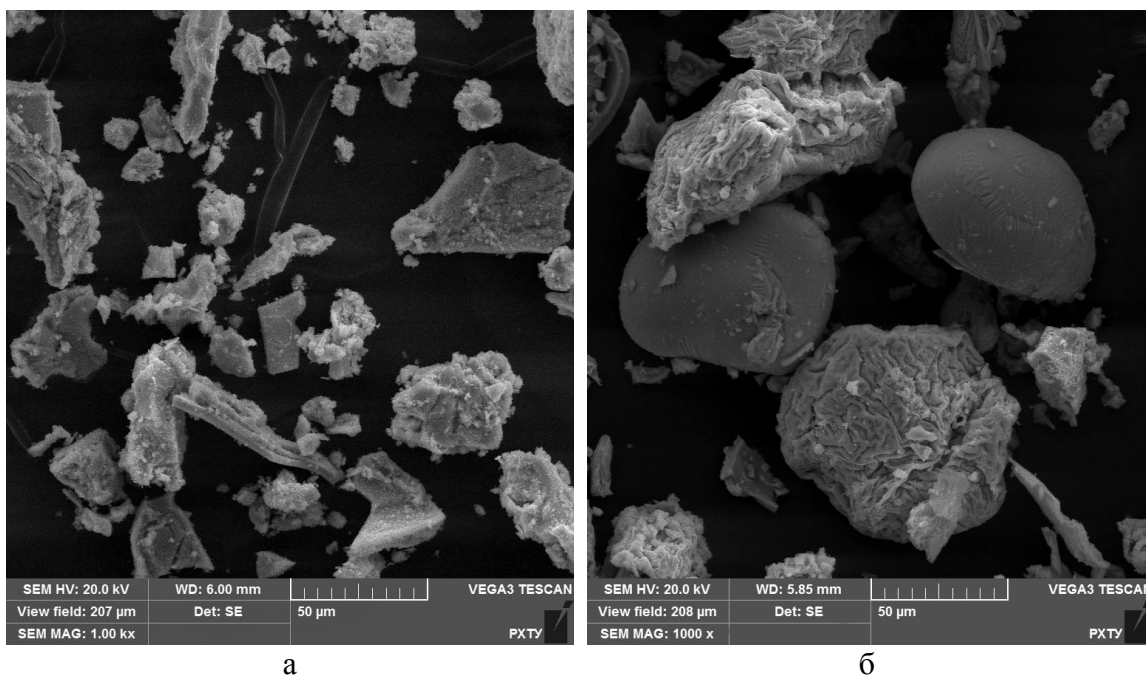


Рис. 2. Морфология гидроксидов циркония, синтезированных из растворов ОХЦ с концентрацией 1 (а) и 3 моль/л (б)

Гидроксид, синтезированный из раствора с концентрацией 3 моль/л, представлен преимущественно частицами с формой, близкой к сферической, и частицами неправильной формы (продуктами разрушения сферических частиц).

Влияние концентрации основания. Распыление концентрированного раствора ОХЦ (3 моль/л) в разбавленный раствор аммиака (0,5-1 моль/л) приводит к образованию плохо фильтрующихся осадков с высокой влажностью (80%). С увеличением концентрации аммиака до 12 моль/л скорость фильтрования осадков гидроксидов увеличивается в 3 раза. При этом влажность гидроксидов снижается до 60%, а средний размер агрегатов увеличивается в 2 раза (рис. 3).

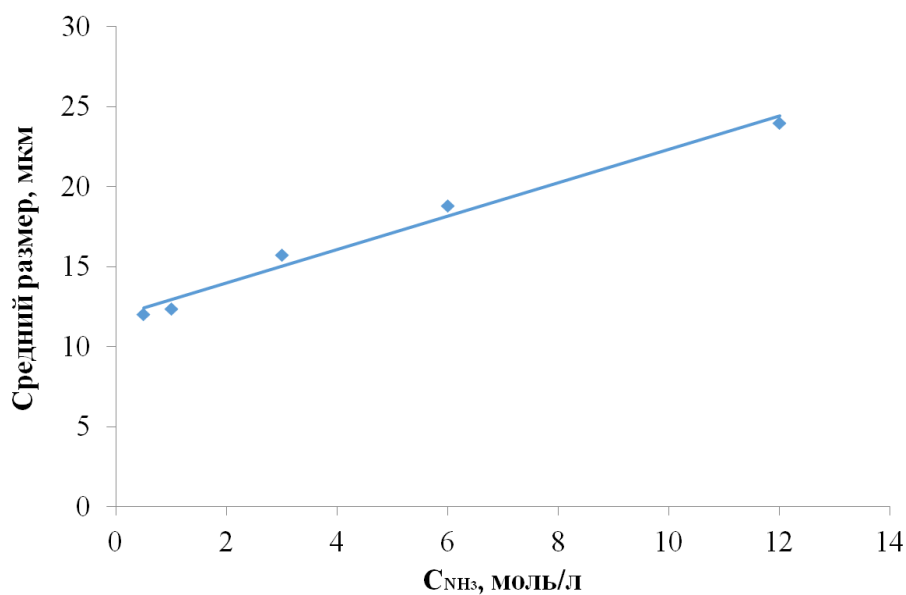


Рис. 3. Влияние концентрации раствора аммиака на средний размер агрегатов в осадках гидроксида циркония

Анализ морфологии гидроксидов, полученных распылением в растворы аммиака разной концентрации, показал, что при использовании разбавленных растворов аммиака (0,5-1 моль/л) образуются рыхлые агрегаты неправильной формы (рис. 4).

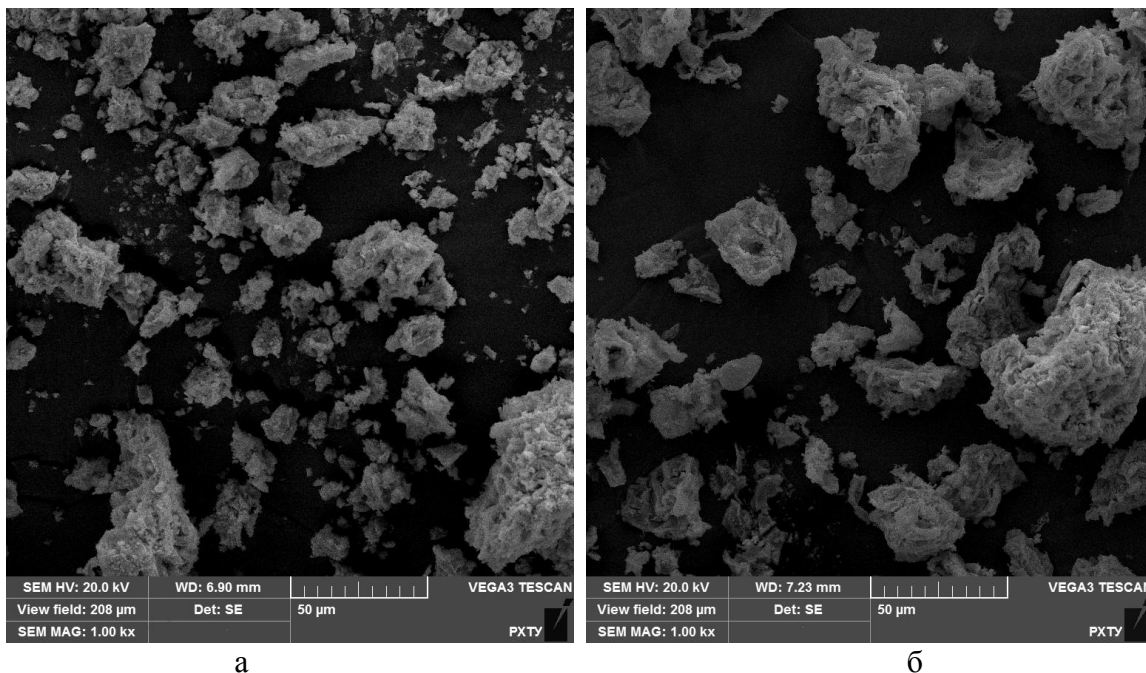


Рис. 4. Морфология гидроксидов циркония, синтезированных распылением растворов ОХЦ в раствор аммиака с концентрацией 0,5 (а) и 1 моль/л (б)

Повышение концентрации раствора основания способствует образованию сферических частиц и сфероподобных агрегатов в порошках (рис. 5).

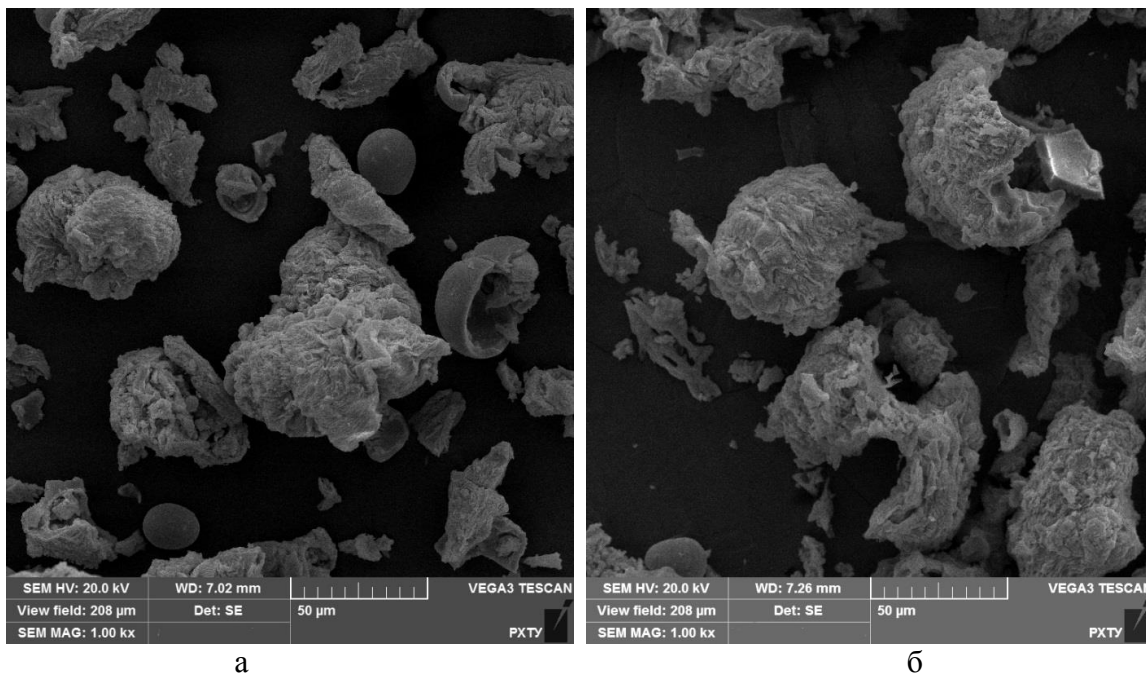


Рис. 5. Морфология гидроксидов циркония, синтезированных из растворов аммиака с концентрацией 3 (а) и 6 моль/л (б)

На рис. 6 представлены микрофотографии внутренней части частиц, позволяющие предположить механизм процесса их образования.

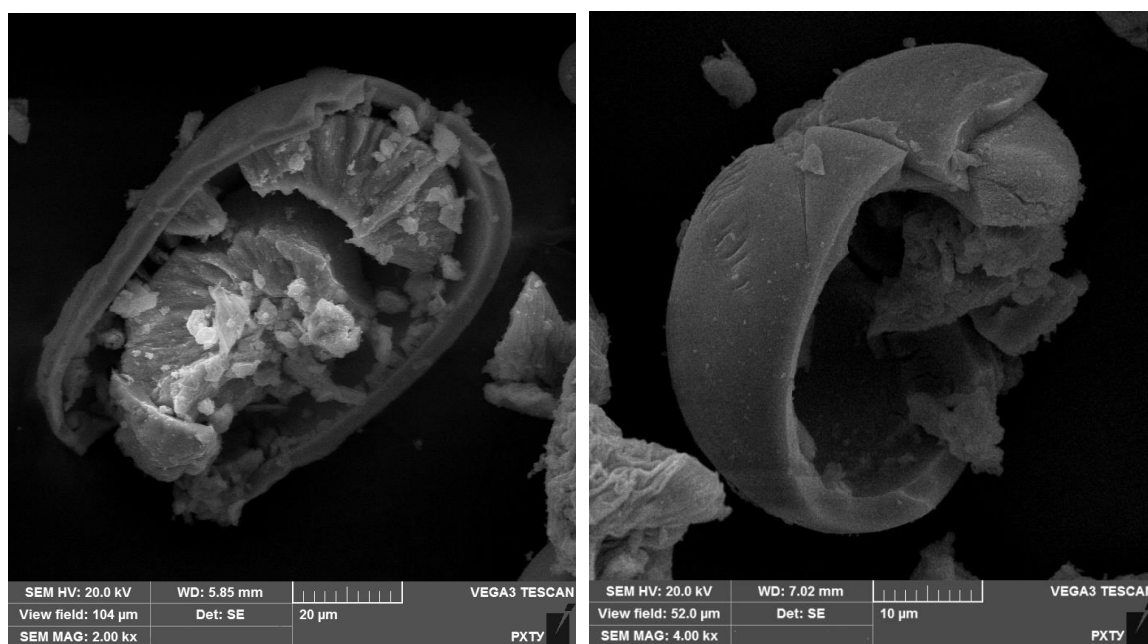


Рис. 6. Морфология гидроксидов циркония, синтезированных из концентрированных растворов реагентов

Наличие плотной оболочки с гладкой поверхностью и рыхлой сердцевины и пустот на то, что формирование таких частиц происходит следующим образом: при попадании капли концентрированного раствора ОХЦ на границу раздела фаз аммиак-воздух между каплями и раствором аммиака происходит быстрая химическая реакция, приводящая к образованию оболочки гидроксида, через которую в дальнейшем происходит диффузия основания. Поскольку диффузионные процессы медленные и концентрация основания локально снижается при продвижении внутрь сферы, образуется рыхлая сердцевина с рельефной поверхностью.

Толщина плотной оболочки небольшая – 2-5 мкм, поэтому более крупные частицы (размером от десятков до сотен микрометров) в последующих процессах разрушаются, образуя при этом плоские угловатые частицы – фрагменты оболочки и рыхлые частицы округлой или неправильной формы (сердцевина и ее фрагменты). Мелкие частицы гидроксида циркония (размером от нескольких микрометров до десятков микрометров) не разрушаются в процессе фильтрования, промывки и сушки. Снижение концентрации растворов реагентов препятствует образованию сферических частиц (отсутствует плотная оболочка).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-33-60051).

Список литературы

1. Чижевская С.В., Жуков А.В., Клименко О.М. и др. Получение наноструктурированных порошков частично стабилизированного диоксида циркония для керамики с высокой механической прочностью // *Стекло и керамика*. 2010. № 4. С. 18-21.
2. Жуков А.В., Чижевская С.В., Клименко О.М. Гетерофазная конверсия фтороцирконатов калия в гидроксиды циркония растворами КОН // *Успехи в химии и химической технологии*. 2008. Т. 22. № 8 (88). С. 34-38.

3. Коротченко Е.В., Жуков А.В., Чижевская С.В. Влияние природы фтороцирконатов щелочных элементов и аммония на гетерофазную конверсию их в гидроксиды циркония раствором КОН // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 10. С. 58-60.

4. Жуков А.В., Леванова М.А., Клименко О.М. и др. О гетерофазном методе получения гидроксидов циркония из гидроксохлорида циркония // Успехи в химии и химической технологии. 2009. Т. 23. № 9. С. 35-38.

5. Пью П., Жуков А.В., Чижевская С.В. Синтез маловодного гидроксида циркония из $ZrCl_4$ // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 10. С. 55-57.

6. Жуков А. В., Чижевская С. В., Пьяе П. Гетерофазная конверсия K_2ZrF_6 в гидроксид циркония // Неорганические материалы. 2017. Т. 53. №. 7. С. 762-768.

СИНТЕЗ ГЛИЦИН-НИТРАТНЫМ МЕТОДОМ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ИТТРИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА

Жуков А.В.

доцент кафедры технологии редких элементов
и наноматериалов на их основе, канд. хим. наук,
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Россия, г. Москва

Стюф Э.А.

студент кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе,
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Россия, г. Москва

Чижевская С.В.

профессор кафедры технологии редких элементов
и наноматериалов на их основе, д-р хим. наук, профессор,
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Россия, г. Москва

Глицин-нитратным методом синтезированы наноструктурированные порошки на основе иттрий-алюминиевого граната ($Y_{1,5}Er_{1,5}Al_5O_{12}$). Установлено, что на характеристики порошков оказывает влияние молярное отношение глицина, содержащегося в растворе, к нитрат-ионам (G/N) и температура термообработки прекурсора.

Ключевые слова: нанопорошки, иттрий-алюминиевый гранат, глицин-нитратный метод, соотношение глицин-нитрат, рентгенофазовый анализ.

Материалы на основе иттрий-алюминиевого граната (YAG), допированные лантанидами и другими переходными элементами широко применяют для изготовления активных элементов твердотельных лазеров ближнего и среднего ИК-диапазонов [1, с. 1033]. Впервые керамику на основе YAG изготовил А. Ikesue [1] с соавторами путем холодного изостатического прессования смеси порошков после распылительной сушки и спекания компактов в вакууме при температуре выше 1700°C.

В настоящее время созданы керамические материалы на основе YAG, в частности, лазерные, не уступающие монокристаллическим по механическим и химическим свойствам, с улучшенными оптическими, термическими и генерационными характеристиками. Необходимо отметить, что керамическая технология позволяет изготавливать большие по размеру элементы мощных лазеров.

В числе востребованных материалов на основе YAG для изготовления лазеров с длиной волны 3 мкм [2, с. 1272] – монокристаллы и керамика с высоким содержанием $\text{Er}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (Er: YAG).

Из многообразия методов синтеза порошков для керамических материалов интерес представляет одна из разновидностей метода сжигания растворов – глицин-нитратный метод, позволяющий получать многокомпонентные наноструктурированные порошки. В основе метода – нагревание концентрированных нитратных растворов неорганических солей, содержащих органический прекурсор, играющий роль «топлива» [3, с. 75]. Иницилируемая температурой 350-500°C экзотермическая окислительно-восстановительная реакция способствует обезвоживанию раствора и сгоранию водно-органического прекурсора с образованием пламени. Выделяющаяся тепловая энергия разогревает систему до 700-1600°C, и образующийся наноструктурированный порошок получается более однородным, имеет большую удельную поверхность, чем порошки, полученные альтернативными методами. На свойства порошков влияют природа «топлива» (глицин, мочевины, карбогидразид), соотношение его и нитратов, наличие избытка окислителя, температура, содержание воды в прекурсор. С целью удаления остатков соединений углерода синтезированные порошки подвергают термообработке при температуре ~ 1000°C.

Цель настоящей работы – подбор оптимальных режимов синтеза глицин-нитратным методом наноструктурированных порошков состава $\text{Y}_{1,5}\text{Er}_{1,5}\text{Al}_5\text{O}_{12}$.

Одним из основных параметров, влияющих на характеристики порошков является молярное отношение глицина (n_{Gly}) к нитрат-ионам ($n_{\text{NO}_3^-}$) в системе (1):

$$G / N = \frac{n_{\text{Gly}}}{n_{\text{NO}_3^-}} \quad (1)$$

Стехиометрически необходимое количество глицина рассчитывали по уравнению (2):



Все использованные в работе вещества имели квалификацию «химически чистые». Процедура синтеза включала приготовление растворов нитратов алюминия и РЗЭ, их смешивание, добавление необходимого количества глицина, упаривание раствора до состояния геля и быстрый нагрев последнего в муфельной печи до ~500°C. Полученные порошки подвергали термообработке при 900-1500°C (длительность изотермической выдержки 3 ч).

Прекурсоры и порошки YAG изучали методом рентгенофазового анализа (D2 Phaser, Bruker). Идентификацию фаз проводили с использованием базы данных JCPDS-PDF2. Размеры кристаллитов и параметры решетки оценивали с использованием программного обеспечения TOPAS 4.2.

Синтезированные порошки прекурсоров Er:YAG отличались по цвету, который с повышением соотношения G/N с 0,2 до 0,8 изменялся от белого до черного вследствие увеличения содержания в них углерода.

На рис. 1 представлена зависимость содержания $(\text{Y},\text{Er})_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ в порошках, синтезированных при разных температурах, от соотношения глицина к нитрат-ионам в растворе.

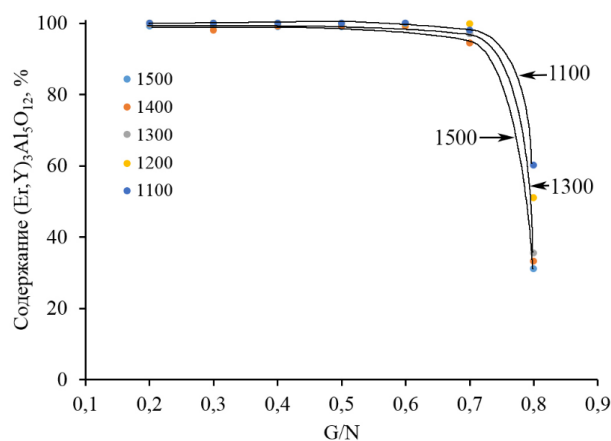


Рис. 1. Влияние глицин-нитратного соотношения и температуры синтеза на содержание в порошках фазы $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$

Можно видеть, что при соотношении G/N от 0,2 до 0,6 содержание фазы $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$ в образцах независимо от температуры синтеза близко к 100%. С увеличением соотношения G/N до 0,7 содержание $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$ снижается до 95-98%, а с увеличением до 0,8 – вплоть до 30-60%, предположительно, из-за блокирования поверхности реагирующих наночастиц углеродом.

На процесс спекания и свойства керамических материалов большое влияние оказывает дисперсность прекурсоров, в частности, известно, что уменьшение размера кристаллитов синтезируемых порошков способствует снижению температуры спекания порошков. На рис. 2 представлена зависимость размера кристаллитов фазы $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$ от температуры синтеза порошков прекурсоров, полученных при разном соотношении G/N .

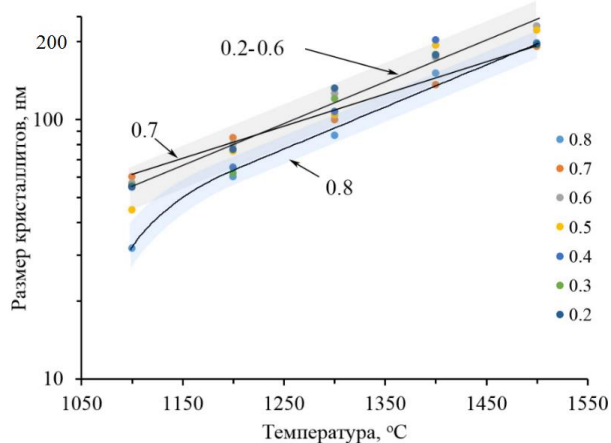


Рис. 2. Влияние температуры синтеза порошков, полученных при разных соотношениях G/N на размеры кристаллитов фазы $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$

Наименьшие размеры кристаллитов фазы $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$ (32 нм) имели образцы, полученные из порошков при соотношении $G/N = 0,8$ после термообработки их при 1100 °C. Увеличение температуры до 1500 °C, как и следовало ожидать, приводило к росту среднего размера кристаллитов до ~200 нм.

На рис. 3 представлена зависимость параметра a кристаллической решетки $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$ от соотношения G/N и температуры синтеза.

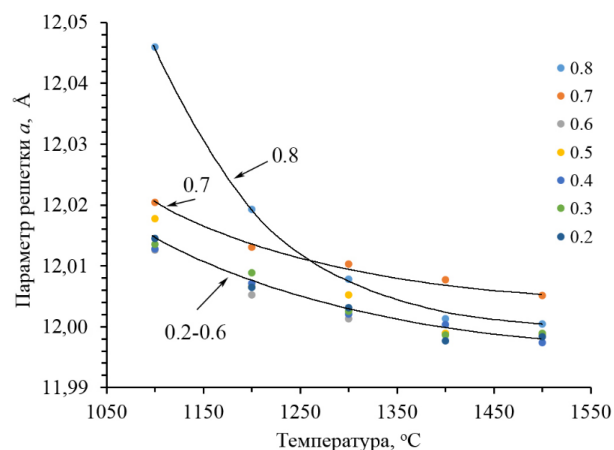


Рис. 3. Влияние температуры синтеза порошков, полученных при разных соотношениях G/N на параметр a кристаллической решетки $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$

С увеличением температуры термообработки наблюдается уменьшение параметра a решетки от 12,017-12,046 до 11,998-12,005, причем, для порошков, синтезированных при $G/N = 0,2-0,6$ величина параметра a изменяется незначительно. В отличие от практически симбатных зависимостей для образцов, полученных при $G/N 0,2-0,6$ и при $G/N 0,7$, параметр a фазы $Y_{1.5}Er_{1.5}Al_5O_{12}$ для порошка, синтезированного при $G/N 0,8$, претерпевает наибольшие изменения. По-видимому, это различие обусловлено более высоким содержанием углерода в прекурсор последнего образца.

Список литературы

1. Ikesue A, Kinoshita T, Kamata K, Yoshida K. Fabrication and optical Oxide laser ceramics properties of high-performance polycrystalline Nd:YAG ceramics for solid-state lasers // J. Am. Ceram. Soc. 1995. V. 78. P. 1033–1040.
2. Pokhrel M., Kumar G.A., Samuel P., Ueda K.I., Yanagitani T., Yagi H., Sardar D.K. Infrared and upconversion spectroscopic studies of high Er^{3+} content transparent YAG ceramic // Optical Materials Express. 2011. V. 1. P. 1272-1285.
3. Lojpur V., Egelja A., Pantić J., Đorđević V., Matović B., Dramićanin M. D. $Y_3Al_5O_{12}:Re^{3+}$ (Re=Ce, Eu, and Sm) Nanocrystalline Powders Prepared by Modified Glycine Combustion Method // Science of Sintering. 2014. V. 46. P. 75-82.

СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»

МНОГОЛЕТНЯЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ЖУЖЕЛИЦ (CARABIDAE) НА ЗАЛЕЖНОМ ЛУГУ В ПРЕДЕЛАХ ТОБОЛЬСКОГО РАЙОНА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Важенина Н.В.

научный сотрудник, Тобольская комплексная научная станция УрО РАН,
Россия, г. Тобольск

Рассматриваются особенности сезонной и многолетней динамики активности жужелиц на старовозрастной злаково-разнотравной залежи в пределах Тобольского района Тюменской области. Из 54 видов к постоянным обитателям относилось лишь 11%. Среднегодовые показатели численности изменялись в широких пределах: $9,1 \pm 0,7$ – $177,2 \pm 13,9$ экз./100 лов.-сут. В сезонной динамике активности выявлено два пика – в конце мая и в конце июля.

Ключевые слова: жужелицы, залежь, динамическая плотность, южная тайга, Западная Сибирь.

Залежные луга в пределах южной тайги Западной Сибири формируются после выведения полей из севооборота и их дальнейшего использования для сенокоса и выпаса скота, нарушающих процессы естественного лесовосстановления. При этом, флористические и фаунистические характеристики лугов во многом зависят от возраста залежей, граничащих с ними типов леса, степени антропогенного воздействия и почвенно-климатических условий территории.

Первыми на изменение условий среды реагируют представители поверхностно-подстилочной мезофауны, основу которой на лугах составляют жужелицы (Carabidae). Это семейство жесткокрылых насекомых обладает относительно высоким видовым составом, численностью, экологическим разнообразием и часто используется в мониторинговых исследованиях как объект биоиндикации. В последнее время особое внимание уделяется различным аспектам динамической активности жужелиц. В низовьях Иртыша, в этом плане, относительно хорошо изучены карабидокомплексы пойменных биоценозов [1, 7] и относительно мало – сообщества на плакоре. В связи с этим, в задачи работы входило проследить многолетнюю и сезонную динамику активности жужелиц залежного луга коренной террасы р. Иртыш в пределах южной тайги Западной Сибири.

Материал собирали на злаково-разнотравном суходольном лугу ($58^{\circ}09,487'$ с.ш. $68^{\circ}31,375'$ в.д.), расположенном на коренной террасе р. Иртыш в пределах Тобольского района Тюменской области (южная тайга Западной Сибири). Участок представляет собой старовозрастную залежь (более 20 лет). Травяной покров сплошной, (общее проективное покрытие 95%), преобладают – вейник наземный. Встречаются всходы ивы и березы. На лугу систематически проводились выпас животных и сенокосение.

Учет жуков проводили в 2005-2010 гг. почвенными ловушками Барбера [8]. Ежегодно устанавливали 10 ловчих банок с фиксатором – 4%-ный раствор формальна. Время экспозиции – с первой декады мая по третью декаду августа. Выборка материала осуществлялась каждые 10 суток. Всего отработано 5476 ловушко-суток (за исключением ловушек залитых дождевой водой и вытоптаных скотом), собран 7531 экземпляр имаго жужелиц.

Для характеристики карабидокомплекса использованы индекс обратного доминирования Бергера-Паркера (1/d), индекс разнообразия Шеннона (H'), коэффициент сходства Жаккара (K_f), доминирующий комплекс определен по шкале О. Ренкониена [6]. Номенклатура видов приводится согласно Каталогу жесткокрылых Палеарктики [9], список видов дан в алфавитном порядке.

На луговом участке выявлено 54 вида жуужелиц из 20 родов, с наибольшим числом видов в родах *Amara* (12), *Bembidion* (6), *Harpalus* (6), *Pterostichus* (5) и *Carabus* (4), что характерно для травяных сообществ в подзоне южной тайги Западной Сибири [2].

Показатель видового богатства варьировал по годам от 18 (2008 г.) до 37 (2007 г.) видов. Лишь шесть видов *Amara aenea*, *A. equestris*, *A. tibialis*, *Calathus melanocephalus*, *Poecilus cupreus* и *P. versicolor* являлись постоянными обитателями сообщества.

Карабидокомплекс луга полидоминантный, лугово-полевой вид *Poecilus versicolor* являлся супердоминантом на протяжении всего периода исследований (24,3 – 58,0% численного обилия). В разные годы в состав доминантов входили 3-4 вида, в их числе *Poecilus cupreus* (до 38,3%), *P. lepidus* (до 16,7%), *Cylindera germanica* (до 17,0%), *Amara aenea* (до 29,7%), *A. tibialis* (до 10,8%), *Calathus melanocephalus* (до 7,3%) и *Pterostichus niger* (до 5,3%). К субдоминантам относилось до 6 видов, 24 вида составляли в сборах не более 1% каждый.

Среднегодовые показатели динамической плотности жуужелиц изменялись в значительном диапазоне – от 9,1±0,7 (в 2008 г.) до 177,2±13,9 (в 2009 г.) экз./100 лов.-сут. Среднегодовая уловистость наиболее значимых видов (не менее 1 экз./100 лов.-сут.) приводится в таблице.

Таблица

Межгодовая динамика активности некоторых видов жуужелиц на лугу, экз./100 лов.-сут.

Виды	Годы исследования					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	2	3	4	5	6	7
<i>Amara aenea</i> (Deg.)	4,5	13,4	20,5	2,7	18,9	21,2
<i>Amara communis</i> (Pz.)	–	0,6	3,9	0,1	3,1	1,2
<i>Amara equestris</i> (Duft.)	6,7	0,5	0,4	0,1	1,8	0,2
<i>Amara familiaris</i> (Duft.)	–	1,4	0,9	0,1	–	–
<i>Amara lunicollis</i> Schioedte	4,8	–	0,4	0,1	–	–
<i>Amara plebeja</i> (Gyll.)	2,0	–	–	–	0,1	–
<i>Amara tibialis</i> (Pk.)	1,3	1,1	1,4	1,0	1,0	0,2
<i>Calathus melanocephalus</i> (L.)	6,3	1,5	1,6	0,3	13,0	0,5
<i>Carabus convexus</i> F.	–	1,5	0,9	0,1	0,6	0,7
<i>Carabus granulatus</i> L.	–	0,2	0,4	–	0,3	1,3
<i>Clivina fossor</i> (L.)	0,7	0,3	1,6	0,4	–	–
<i>Cylindera germanica</i> (L.)	23,6	0,6	1,4	–	1,1	–
<i>Harpalus affinis</i> (Schrnk.)	2,4	0,5	1,6	–	1,0	0,5
<i>Harpalus latus</i> (L.)	0,1	0,5	–	0,3	1,8	0,7
<i>Harpalus luteicornis</i> (Duft.)	–	1,3	3,5	–	0,9	0,3
<i>Harpalus rubripes</i> (Duft.)	–	0,4	1,8	–	2,1	1,0
<i>Harpalus rufipes</i> (Deg.)	6,5	2,5	2,6	–	0,6	0,2
<i>Poecilus cupreus</i> (L.)	8,9	8,3	10,4	0,4	67,9	29,2
<i>Poecilus lepidus</i> Leske	18,3	26,6	4,4	–	5,9	2,5

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm.)	33,7	92,1	43,5	2,6	48,3	31,5
<i>Pterostichus melanarius</i> (Ill.)	4,9	1,5	–	–	0,4	0,2
<i>Pterostichus niger</i> (Schall.)	7,5	1,5	0,5	–	0,5	1,5
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (F.)	2,0	–	–	–	–	–
<i>Trechus secalis</i> (Pk.)	2,5	0,8	2,5	–	1,9	–

На протяжении 6 лет в карабидокомплексе луга отчетливо прослеживалось снижение уловистости лесных и лесолуговых видов *Pterostichus melanarius*, *P. niger*, *P. oblongopunctatus*, *Trechus secalis*, луговых и лугово-полевых видов *Amara equestris*, *A. tibialis*, *Cylindera germanica*, *Harpalus affinis*, *H. luteicornis*, *H. rufipes*, *Poecilus lepidus*, *P. versicolor*, при значительном росте численности полевого вида *Poecilus cupreus*. Что, скорее всего, связано с постепенным изменением флористических и микроклиматических характеристик залежного участка в ходе систематического сенокоса, препятствующего естественному процессу восстановления леса.

Наибольшей активностью во все годы характеризовался *Poecilus versicolor*, с максимальной численностью в 2006 г. (таблица). Этот год отличался самым теплым июнем (среднемесячная температура 19,4°C, в прочие года $t < 17,5^\circ\text{C}$), где в первой декаде месяца учтена наибольшая уловистость вида – 187 экз./100 лов.-сут.

Особо следует отметить карабидокомплекс 2008 года с минимальным видовым составом и численностью. Известно, что погодные условия могут существенно влиять на активность жужелиц открытых территорий [3, 5]. Поэтому, можно предположить, что относительно высокая температура воздуха в июле (среднемесячная температура 20,9°C) с низким количеством осадков (47% от нормы), а также август с большим обилием осадков (107% от нормы) в 2007 г. могли повлиять на ход жизненных циклов жужелиц, что отразилась в 2008 г. на видовом составе и обилии насекомых.

Сезонная динамика активности жужелиц представлена на рисунке кривой среднееголетних значений, так как временные сроки наибольшей уловистости жуков ежегодно совпадали.

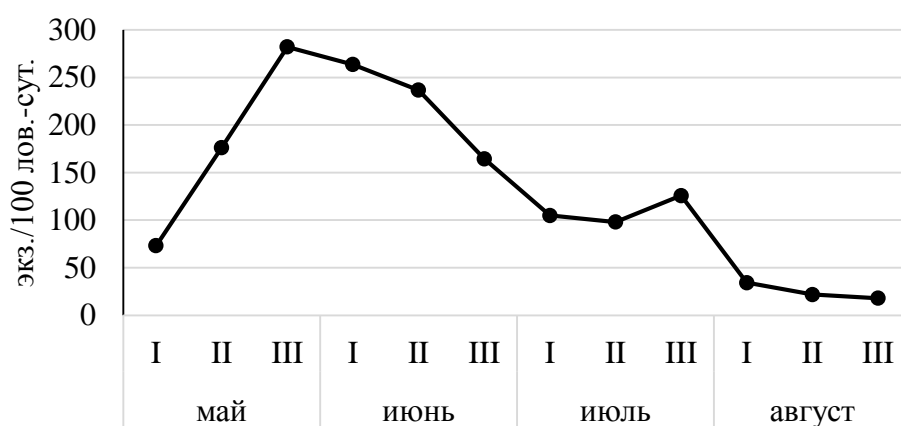


Рис. Сезонная динамика активности жужелиц на лугу (по среднееголетним значениям 2005–2010 гг.)

В целом, наблюдалось два пика активности жужелиц. Первый, максимальный пик (282,0 экз./100 лов.-сут.) приходился на третью декаду мая. Достаточно высокая уловистость сохранялась до второй декады июня (236,6 экз./100 лов.-сут.) и опреде-

лена активностью видов с весенне-летним периодом размножения [4], к которым относилось около 80% видового состава. Основу численности в этот период создавали преобладающие на лугу виды: *Poecilus versicolor* (до 187,0 экз./100 лов.-сут.), *P. cupreus* (до 125,4 экз./100 лов.-сут.) и *Amara aenea* (до 47,3 экз./100 лов.-сут.). Кроме того, в мае 2005 г. отмечался значительный подъем активности лугового вида *Cylindera germanica* (до 67,0 экз./100 лов.-сут.), не выраженный в последующие года.

Второй пик активности жуков наблюдался в третьей декаде июля (125,8 экз./100 лов.-сут.) и был определен численностью видов с летне-осенним периодом размножения. Во все годы наблюдений наибольшую активность в конце лета проявлял *Poecilus lepidus* (до 146,6 экз./100 лов.-сут.). Позднелетнюю активность жуков также определяли *Harpalus rufipes* (до 15 экз./100 лов.-сут.), *Pterostichus niger* (до 8,1 экз./100 лов.-сут.), *P. melanarius* (до 5,2 экз./100 лов.-сут.) – в 2005 г. и *Calathus melanocephalus* (до 43,8 экз./100 лов.-сут.) – в 2009 г.

Общее снижение активности жужелиц наблюдалось в первой половине июля и в августе, что скорее всего, связано с фенологией видов и погодными условиями. Так в июле отмечались самые высокие показатели среднесуточной температуры за вегетационный сезон. При этом, понижение температуры воздуха и повышение обилия осадков, возможно, сказалось на резком снижении активности жужелиц с первой декады августа (не более 34,3 экз./100 лов.-сут.).

В целом, можно сказать, что карабидокомплекс лугового участка неустойчивый. Наибольшее сходство наблюдалось между видовым составом жужелиц 2006 г. и 2010 г. ($K_f = 0,6$). В 2008 г. учтено минимальное число видов, что определило самые низкие показатели сходства фауны этого года с показателями других лет ($K_f < 0,3$). В широком диапазоне варьировали индексы разнообразия ($H' = 1,5 \pm 0,07 - 2,40 \pm 0,08$) и обратного доминирования ($1/d = 1,7-4,1$). При этом максимум отмечался для карабидокомплекса 2005 г., с наибольшим числом доминантов (6).

Таким образом, на залежном лугу, подвергающимся периодическим антропогенным нагрузкам, жужелицы представлены достаточно динамичным комплексом с выраженной полидоминантностью. К постоянным обитателям сообщества относилось лишь 11 % видов, это *Amara aenea*, *A. equestris*, *A. tibialis*, *Calathus melanocephalus*, *Poecilus cupreus* и *P. versicolor*, при чем только последний вид доминировал на протяжении 6 лет. Колебания численности по годам, в основном, определялись изменением растительного покрова, микроклимата, температуры воздуха и количества осадков. Кривая сезонной активности жужелиц имела два пика: первый, наиболее высокий приходился на конец мая, второй – на конец июля. Сезонные флуктуации динамической плотности, в первую очередь, зависели от фенологических особенностей преобладающих в сообществе видов, и, в меньшей степени, от погодных условий.

Список литературы

1. Важенина Н. В. Сергеева Е. В. Структура и динамика населения жужелиц (Coleoptera, Carabidae) поймы Нижнего Иртыша // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2018. № 43. С. 111–135.
2. Бухкало С.П., Алемасова Н.В., Сергеева Е.В. Фауна и зоогеографическая характеристика жужелиц (Coleoptera, Carabidae) центральной части южной тайги Западной Сибири // Евразият. энтомол. журнал. 2010. Т.9. Вып. 4. С. 616–624.
3. Исаева И.Н. О сезонной динамике доминирующих видов жужелиц в городских ландшафтах Самары // Извест. Самар. науч. центра РАН. 2013. Т.15. № 3–1. С. 429–434.
4. Маталин А.В. Типология жизненных циклов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Западной Палеарктики // Зоол. журнал. 2007. №. 86 (10). С. 1196-1220.
5. Моролбоев И.В., Хобракова Л.Ц. Сезонная динамика возрастной структуры массовых видов жуков-жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в лесостепи Витимского плоскогорья // Вестн. ТГПУ. 2010. Вып. 3 (93). С. 27-31.

6. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 1982. 284 с.
7. Рыбалов Л.Б., Бастраков А.И. Таксономическая и функциональная структура населения почвенной мезофауны пойменных биоценозов // Пробл. регион. экологии. 2012. № 5. С. 111–116.
8. Barber H.S. Traps for cave-inhabiting insect // J. Elisha Mitchell Science Soc. 1931. Vol. 46. PP.259–266.
9. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1. Archostemata-Мухорhаgа-Adephаgа / eds. I. Löbl, A. Smetana. Stenstrup: Apollo Books, 2003. 819 p.

О ПИТАНИИ РУЧЬЕВОЙ ФОРЕЛИ (*SALMO TRUTTA MORPHA FARIO L.*) НА р. СУАДАГДОН (ЛЕСИСТЫЙ ХРЕБЕТ) В СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ

Комаров Ю.Е.

Северо-Осетинский государственный природный заповедник,
Россия, г. Алагир

Исследование посвящено особенностям сезонного питания ручьевого форели (*Salmo trutta morpha fario L.*), обитающей в р. Суадагон Северной Осетии.

Ключевые слова: питание, ручьевая форель, обитание, неочищенные воды, Суадагон.

До первых лет XXI в. ручьевая форель была обычным видом большинства водотоков Республики. После, положение стало меняться несмотря на то, что уменьшилось число рыбаков и прекратились сбросы неочищенных вод обогатительных комбинатов и спиртзаводов. Численность вида резко сократилась практически на всех реках Осетии.

До начала 90-х годов XX в. мы собрали 31 желудок рыб, отловленных в разрешённое время на р. Суадагон. Река протекает в пойменном ольшанике днища Суадагского ущелья в системе Лесистого хребта. Материал был собран на всём протяжении реки (от сел. Суадаг до водопадов).

Полученных беспозвоночных, представляющих собой группу гидробионтных животных, любезно определила доктор биологических наук, преподаватель кафедры зоологии СОГУ Корнаухова Н.И. Эти данные представлены в таблице.

Таблица

Корм взрослых особей ручьевого форели (n=31, 1986-1991 гг.) в р. Суадагон

Вид корма	Весна (n=15)		Осень (n=9)		Зима (n=12)	
	абс.	%%	абс.	%%	абс.	%%
1	2	3	4	5	6	7
Ракообразные:						
<i>Gammarus pulex</i>	237	16,7	27	61,4	35	15,5
Ручейники:						
<i>Drusus sp.</i>	90	6,3	-	-	27	11,9
<i>Potamophylex sp.</i>	-	-	-	-	1	0,4
Веснянки:						
<i>Protonemura</i>	13	0,9	1	2,3	-	-
<i>Capnia nigra</i>	1	0,07	-	-	6	2,7
<i>Isoperla caucasica</i>	1	0,07	-	-	1	0,4
<i>Nemoura cinerea</i>	24	1,7	-	-	2	0,9
<i>Phithrogena sp.</i>	7	0,5	-	-	-	-
Simulidae	-	-	1	2,3	-	-
<i>Perlodes sp.</i>	-	-	1	2,3	-	-

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7
Подёнки:						
<i>Rhithrogena laciniosa</i>	1	0,07	-	-	-	-
<i>Isonychia caucasica</i>	-	-	-	-	6	2,7
Baetidae	-	-	1	2,3	-	-
Нематоды	11	0,8	-	-	-	-
Жесткокрылые	6	0,4	5	11,4	-	-
Двукрылые:						
Diptera sp.	792	55,6	7	15,9	-	-
Chironomidae	241	16,9	-	-	148	65,5
Hydropsyche sp.	1	0,07	-	-	-	-
Tipula sp.	-	-	1	2,3	-	-
ИТОГО:	1425	100	44	100	226	100

Из таблицы следует, что весной основным кормом форели служат двукрылые, падающие в воду (72,6%) и ракообразные (16,7%). В осеннее время доля ракообразных повышается (61,4%), а двукрылых резко уменьшается до 15,9%. Зимой в корме ручьевого форели преобладают личинки водных двукрылых (65,5%), ракообразные (15,5%) и представители ручейников (12,3%).

Но не только насекомыми питается форель. 23.04.89 г. на р. Цахсаддон была поймана рыба, в желудке которой нами был обнаружен 7-ми дневный птенец крапивника. Видимо, гнездо птицы располагалось над водой, что характерно для вида, устраивающего гнезда в подушках мха на камнях, лежащих в потоке, или на небольших скальных полках, обрывающихся к воде. Как правило, на расстоянии 0,5 – 1 м от водной поверхности. Птенец крапивника мог выпасть из такого гнезда в воду, где его могла проглотить форель (20-28-35-см длины тела). По расспросам местных рыбаков было выяснено, что иногда в желудках рыбы находили и небольших малоазиатских лягушек, и очень редко сеголетков зелёной жабы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У СТУДЕНТОВ

Яруллин А.Г.

старший преподаватель кафедры «Физическое воспитание»,
Казанский государственный аграрный университет, Россия, г. Казань

Федоров Н.А.

доцент кафедры «Физическое воспитание», канд. биол. наук,
Казанский государственный аграрный университет, Россия, г. Казань

В статье описаны функциональные пробы и тесты для определения объективной и достоверной характеристики состояния организма студентов и его резервных возможностей. При исследовании мы можем оценить функциональное состояние студентов, проанализировать реакцию кардиореспираторной системы у студентов, как в условиях покоя, т.е. при долговременной адаптации, так и во время выполнения физических нагрузок разной мощности, раскрывая механизмы срочной адаптации.

Ключевые слова: сердечно сосудистая система, дыхательная система, кардиореспираторная система, внешнее дыхание.

В настоящее время исследования по физиологии физических упражнений и спорта ведутся во многих высших учебных заведениях Российской Федерации. В этих условиях физиологи наших дней получили новые технические возможности для решения поставленных задач путем широкого применения современных приборов и оборудования. В связи с этим на первый план выходит комплексность научных исследований, применение неинвазивных методов исследования, использование при определении функциональных параметров кардиореспираторной системы, полученных при различных пробах и тестах во время самой двигательной деятельности. Все это позволило изучать организм современного спортсмена в реальных условиях соревновательной и тренировочной деятельности.

Для определения объективной и достоверной характеристики состояния организма студентов и его резервных возможностей использовали различные функциональные пробы и тесты. Они способны моделировать различные стороны окружающей среды, что очень важно при правильном построении учебно-тренировочного процесса студентов.

Для определения функционального состояния и показателей кардиореспираторной системы у студентов, нами использовались следующие методы: ортостатическая проба, физические нагрузки различной мощности, проба Руфье-Диксона, электрокардиография, тетраполярная грудная реография, пневмотахография, велоэргометрия, в результате применения которых мы можем судить о механизмах срочной и долговременной адаптации.

В наших исследованиях применялась активная и пассивная ортостатическая проба, состоящая в изменении положения тела из горизонтального в вертикальное. Ортостатическая проба проводилась следующим образом. Испытуемый ложился на ортостол. В таком положении на него крепились электроды. После этого испытуемый переходил в вертикальное положение, в котором он находился в течение некоторого времени, зависящее от условий эксперимента. За это время несколько раз производилась регистрация показателей систем кровообращения и дыхания.

Обследуемые студенты выполняли нагрузки ступенчато повышающейся мощности на велоэргометре в диапазоне от 50 до 200 Вт. Частота педалирования, при этом была постоянной и равнялась 60 об/мин. Длительность каждой ступени составляла 4 мин, т.к. считают [2, с. 200; 3, с. 86; 4, с. 162], что этого времени достаточно, для наступления устойчивого состояния кардиореспираторной системы. Продолжительность всей работы равнялась 16 минутам, т.е. по времени, затрачиваемом на нагрузку, исходя из классификации зон относительной мощности работы [1, с. 180,], используемую нагрузку можно отнести к зоне большой мощности, требующей от организма поддержания высокой функциональной активности в течение достаточно длительного времени.

В качестве главных критериев при оценке физической работоспособности, в системе тестов с использованием физических нагрузок с последующим изучением быстроты восстановления ЧСС учитываются, прежде всего, стандартные реакции организма на нагрузку: экономичность реакции и быстрая восстановления.

Индекс Руфье – Диксона рассчитывают по формуле:

$$ИР = 4 (P_1 + P_2 + P_3) - 200/10$$

где ИР – индекс Руфье – Диксона;

P_1 – ЧСС в покое сидя за 15 с;

P_2 – ЧСС за первые 15 с первой минуты восстановления;

P_3 – ЧСС за последние 15 с первой минуты восстановления.

Оценочная таблица для расчета индекса Руфье-Диксона

Баллы:	Работоспособность:
0 – 3	Высокая
4 – 6	Хорошая
7 – 9	Средняя
10 – 14	Удовлетворительная
15 и более	Плохая

Метод электрокардиографии использовался для записи электрокардиограммы, по которой определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС). Для этого использовалась общепринятая формула. Метод тетраполярной грудной реографии применялся для записи дифференциальной реограммы, с помощью которой определяли ударный объем крови (УОК), [в модификации Ванюшина Ю.С. 2007]. Данный метод отличается высокой точностью, атравматичностью, технической простотой, возможностью проведения исследования при свободном дыхании и при сохранении двигательной активности испытуемого. С целью определения показателей внешнего дыхания был использован прибор пневмотахограф (ПТГ 3-01), с помощью которого определялись следующие показатели внешнего дыхания: жизненная емкость легких (ЖЕЛ), дыхательный объем (ДО), частота дыхания (ЧД), минутный объем дыхания (МОД). Контакт испытуемого с дыхательной трубкой осуществлялся через загубник, с использованием зажима для носа. При помощи велоэргометрии мы определяли общую физическую работоспособность студентов и задавали функциональные нагрузки различной мощности. Таким образом, показатели кардиореспираторной системы у студентов проводились на основании анализа следующих показателей: ЧСС – частоты сердечных сокращений (ЧСС уд/мин), УОК – ударного объема крови, мл, МОК – минутный объем крови, л/мин, ЖЕЛ – жизненная емкость легких, ДО – дыхательный объем, ЧД – частота дыхания, МОД – минутный объем дыхания.

Заключение. При использовании данных методов исследования мы можем оценить функциональное состояние студентов, проанализировать реакцию кардиореспираторной системы у студентов, как в условиях покоя, т.е. при долговременной адаптации, так и во время выполнения физических нагрузок разной мощности, раскрывая механизмы срочной адаптации.

Список литературы

1. Ванюшин Ю.С. Физиология спортивных упражнений: учеб. пособие для студентов факультетов физической культуры педагогических / Ю.С. Ванюшин. – Казань: Изд-во ТГГПУ, 2007. – 180 с.
2. Ванюшин Ю.С. Хайруллин Р. Р. Кардиореспираторная система в онтогенезе при адаптации к функциональным нагрузкам: монография. – Казань. Изд-во «Отечество», 2016. – 200 с.
3. Федоров, Н.А. Комплексная оценка функционального состояния студентов / Н.А. Федоров, Д.Е. Елистратов, Ю.С. Ванюшин. – Казань, 2014. – 86 с.
4. Хайруллин, Р.Р. Вегетативное обеспечение двигательной деятельности спортсменов / Р.Р. Хайруллин, Д.Е. Елистратов. – Казань, 2014. – 162 с.

СЕКЦИЯ «СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ»

ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЙ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ФОРМЕ АММИАКА НА ЦВЕТЕНИЕ И ПЛОДООБРАЗОВАНИЕ ХЛОПЧАТНИКА СОРТА АНДИЖАН-36

Атабаева М., Носиров И.

ассистенты кафедры «Растениеводство»,

Андижанский филиал Ташкентского государственного аграрного университета,
Узбекистан, г. Андижан

В результате исследования выявлено что, новая комбинированная технология обработки почвы, оказала положительное влияние даже при возделывании самой более 140-150 тыс/га густоты стояния и способствовало интенсивному цветению и накоплению плод элементов сорта хлопчатника Андижан-36 и создавала возможность получению высокого и качественного урожая хлопка сырца.

Ключевые слова: хлопчатник, удобрения, урожай, густота, посев, вариант, почва.

Из-за нестабильных засушливых климатических условий в Андижанской области в последние годы способность существующих технологий снижалась в связи с проблемой нехватки воды. Многочисленные исследования были проведены по таким вопросам и были введены в производство. Например, для улучшения почвенных условий и повышения эффективности использования рудных удобрений технология сушки аммиака осенью (0-30 см) была обусловлена основной движущей силой.

В посевных сортах температура верхнего слоя почвы была на 1,5-5,0 °С выше точки сглаживания семян. Кроме того, в результате процессов цветения, сбора урожая и ускорения количество лошадей увеличилось в 2-3 раза по сравнению с контролем [1, с. 15-16].

В условиях Андижанской области новые технологии комбинирования для обработки почвы еще не изучены с точки зрения плодородия почвы, экономии влаги, эффективности удобрений, экономии воды и других факторов.

Исходя из этих проблем, опыт полевой работы фермы «Давр хамкорлик» в Кургантепском районе был реализован на основе применения аммиачных азотных удобрений в процессе выращивания хлопка Андижан-36 в новой комбинированной технологии почвы до 2015-2017 гг.

Методы исследования. Экспериментальное поле – это замасленная почва, орошаемая заранее. Механическая композиция – средний песок. Вода реки на 2,0-3,0 м ниже нее. Щелочность почвенного раствора составляет 7-7,4, масса почвенного слоя почвы составляет 1,43 г/м³. Содержание гумуса и валового азота составляет 0,9-1,2 и 0,08-0,153% соответственно.

Экспериментальные варианты были помещены в 4-рядный ряд. Площадь участка 300 м², площадь участка 100 м². Всего было 48 вариантов. Все анализы и расчеты проводились в соответствии с «Методами проведения полевых практик» (2007). Экспериментальные данные были математически проанализированы в методе Б. Доспехова «Методология поляризации» (1985).

Результаты исследований. В новой комбайновой технологии осенью под листовым азотом выращивают в разновидностях толщины (5-7 и 8-10) с содержанием азота 100 и 50% аммиака при 200 кг/га, а также ростом хлопка в Андижане-36, было определено, что конкретно.

В технологии, в сочетании с почвенными технологиями в 2015 году, осенью, под уровнем азота 200 кг/га, 100% и 50% аммиака под азотом осенью (в диапазоне 6-7, 9-10 Количество саженцев составляет 110 000 т/га (5,7) и 30-35 см в обычном порядке, при этом количество рассады составляет 3-4 дня раньше, чем 1-контрольный вариант с стоимостью посадки 95 000 тонн на га, на 3-4 дня раньше, чем 1-контрольный вариант толщины растения.

Осенью под листвой 100 и 50% годового азотного удобрения (200 кг/га) в форме аммиака, 129,7 и 149,2 тыс. тонн/га, 6 и 7 посадок дают 95,6 и 94,6% выросли до 100% за 64 дня в 64 дня по сравнению с контролем за 3 дня до 29,06 (таблица). Осенью количество рассады, высаженной 50% аммиака в год годового азотного удобрения (200 кг/га) под бороздами, составляло 8,4% посаженных саженцев, 74,3% растений расцвели и 100% в 65 дней в 1.07.

Таблица

Влияние агротемов на дни цветения в Андижане-36 (100 растений)

Вар	2015 год		2016 год		2017 год	
	100 % цветок	За несколько дней до цветения	100 % цветок	За несколько дней до цветения	100 % цветок	За несколько дней до цветения
1	3.07	67	5.07	65	8.07	69
2	2.07	66	5.07	65	8.07	68
3	1.07	65	3.07	63	7.07	67
4	1.07	65	2.07	62	8.07	68
5	2.07	66	5.07	65	7.07	63
6	29.06	64	2.07	62	5.07	64
7	29.06	64	1.07	61	4.07	65
8	1.07	65	4.07	64	7.07	65
9	27.06	61	2.07	62	5.07	63
10	28.06	62	1.07	61	5.07	62

Кроме того, количество рассады с толщиной 127,8 и 147,6 тыс. туп/га и 9 и 10 вариантных сортов выросло до 94,8 и 96,9% растений и на 5-6 дней раньше, чем 27,06 и 28,06 соответственно. 100% каждый день.

В новой комбинированной технологии выращивания хлопка в 2016 году 3 июля, 80,0 посевных сеянцев (2, 5, 8) сеянцев, посаженных с добавлением фасоли, последний раз контролировали хлопок Андижана-36; 84,0 и 81,3%, тогда как количество рассады составляло 90,4-94,5% загущенных растений и выросло до 100% за 61-63 дня (28,06 и 1,07 дня) 3,6,1). Влияние минеральных удобрений не наблюдалось. Количество рассады в вариантах разбавления (2, 5, 8), а цветение растений продолжалось до 4,07 и 5,07 дня и увеличилось до 100% за 4-5 дней на 64-65 дней (таблица).

Так обстоит дело с экспериментами 2017 года, и новая комбинированная технология выращивания хлопка Андижан-36, которая была посеяна на холмах, имеет потенциал для выращивания урожая зерновых культур и производства драгоценного и качественного урожая хлопка, сохраняя при этом законы цветения в утолщенных вариантах рассады.

Таким образом, толщина саженцев была важна при цветении и уборке, и стало ясно, что это был важный фактор в выращивании урожая. Кроме того, благодаря новой технологии выращивания хлопка Андижан-36 в новой комбинированной технологии обработки почвы были ускорены самые высокие урожаи процесса посадки

и уборки урожая, появилась возможность производить высококачественный и высококачественный сбор хлопка.

Список литературы

1. Курбонтаев Р. Икрамов Дж. Посева хлопчатника по грядкам и гребням в пустынной области Узбекистана // Хлопководство. 1985. №10. С. 15-16.

МЕТОДЫ, СРОКИ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ ПОСЕВОВ НА ВЕСОВУЮ ЁМКОСТЬ ПОЧВЫ

Атажанов М.М.

научный соискатель, Андижанский филиал Ташкентского государственного аграрного университета, Узбекистан, г. Андижан

В Асакинском районе Андижанской области, в условиях светлого серозема издавна поливаемых полей опытной станции ПСУЕАИТИ изучены методы обработки почвы в летний период после озимой пшеницы. Здесь в основном изучены водно-физические свойства почвы и её агрохимическая структура глубиной в 25 см. В исследованиях были изучены методы влияния летней обработки почвы на урожайность повторных посевов, методы обработки почвы и влияние повторных посевов на урожайность хлопчатника.

Ключевые слова: почва, урожайность, посев, пшеница, агрегат, серозема, обработка, грунт.

Актуальным считается проведение исследований по определению урожайности повторных посевов, связанных с методами летней обработки почвы. Приёмы обработки почвы, сроки и связанный с видами повторных посевов агрегатный состав, а также определение изменений водно-физических, агрохимических свойств почвы, урожайность хлопчатника в условиях светло-серозёмных поливаемых земель.

В целях определения факторов, влияющих на урожайность хлопчатника, были проведены исследования в полях опытной станции ПСУЕАИТИ Асакинского района Андижанской области в период 2007-2010 годов.

Опытное поле состоит из светлого серозёма, из средне глинистого механического состава, незасолённого. Грунтовые воды находятся на глубине 4-5 метров от земли.

Система опыта предполагает деление 12 вариантов на 4 цикла, расположенных в одном ряду, общая площадь каждого цикла составляет $0.9 \times 8.0 = 7.2 \text{ м} \times 50 = 360 \text{ м}^2$ рассчитана на 180 м^2 . Общая площадь опыта $360 \times 4 = 1440 \text{ м}^2 \times 12 = 1.728$ гектаров.

Опытный участок был вспахан после сбора озимой пшеницы (соответственно) на 32-35 см. В 1-2 вариантах были разбиты грядки. Из каждого поля уточнилось количество остатков корневой части пшеницы и впоследствии общее количество ИРК в их составе. В 3-4 вариантах в качестве контроля были оставлены на осень и осенью были вспаханы глубиной 32-35 см, в 4-варианте была разбита грядка. 5-8 вариантах было вспахано глубиной на 20-25 см, не переворачивая грунт. 5-вариант в качестве контроля оставили без посева. 6-8 вариантах были повторно посеяны кукуруза, маш и соя. 9-12 вариантах грунтопродезиллировали на 15-18 см. Опять же в 9 варианте, повторный посев не был посеян (контроль). В 10-12 вариантах при повторном посеве были посеяны кукуруза, маш и соя.

Следующие агротехнические мероприятия по измерению и определению работ опыта проводились на основе методического пособия УзПИТИ (2007) «Методика проведения полевых опытов».

В исследованиях влияния летних обработок почвы на урожайность повторных посевов, методов обработки почвы и влияния повторных посевов на урожайность хлопчатника наблюдалось, что весомость хлопка связана с вышеуказанными агротехническими приёмами.

Здесь, почва после озимой пшеницы вспахана глубиной 32-35 см (2007-2008-2009 годы) со следующего года в первом варианте, где посеян хлопчатник. Относительно к годам опытов урожайность хлопка составляет 31.2, 32.1 и 30.8 ц/га, в три года в среднем 31.4 ц/га. Следует отметить, среди годов исследования в 2009 году наблюдалось, что урожай хлопка повысился на 0.5-1.2 ц/га, это связано с климатическими условиями. Летом почва вспахивается глубиной 32-35 см, разбиваются грядки, со следующих племенных семян хлопчатника показатели урожая относительным способом составляют 31.7, 32.8 и 30.7 ц/га, в среднем 31.7 и за счёт разбитых летом грядок на 0.3 ц/га было получено добавочного урожая хлопка.

На 3 варианте, который был вспахан 30-35 см показатели составили соответственно 33.6, 34.3, 33.6 и 33.8 ц/га, то есть в соотношении к 1 варианту летней вспашки был собрано дополнительно 2.4 ц/га урожай хлопка.

Значит, было определено, что существуют сроки обработки земли. Если земля после озимой пшеницы вспахивается летом, урожайность хлопка снижается на 2.4 ц. Если грядки распределены при осенней вспашке, дополнительный урожай хлопка повышается на 1 центнер, т.е. составляет 94.8 ц/га

Значит, в летней вспашке за счёт грядок получен 0.3 ц/га дополнительного урожая, а в осенней пахоте 3.4 ц/га или был получен более 3.1 ц/га дополнительного урожая.

Определено, если грядки распределяются при осенней вспашке, улучшается агрегатный состав, водопроницаемость и пористость почвы, определено соответственное снижение объемной массы.

Следует отметить, в эти дни при обработке почвы после озимой пшеницы и при применении других агротехнических мероприятий поставлена задача разработать более экономичное израсходование водных и других ресурсов.

Исходя из этого, в фермерских хозяйствах после сбора озимой пшеницы при повторном посеве почва (летом) должна быть глубиной в 20-25 см и разрыхлена.

В наших же экспериментах (5-8 варианты) был произведен повторный посев на разрыхленной почве глубиной 20-25 см. 5 вариант в качестве контроля оставили без повторного посева, здесь трёхгодовой урожай хлопка в среднем составляет 30.9 ц/га.

В этом показателе наблюдалось, что при летней основной вспашке (32-35 см) относительно 0.5 ц/га, в осенней пахоте (3 вариант) относительно на 2.9 ц/га меньше урожая.

Прилетный диззелляции, при повторном посеве кукурузы (6 вариант) трёх годовой урожай хлопка в среднем составляет 34.9 ц/га, относительно летней вспашки было получено на 1.6 ц/га добавочного урожая. Этот показатель относительно осенней вспашки на 0.8 ц/га меньше, но при повторном посеве влияние кукурузы оказало хороший результат и был получен добавочный урожай, это говорит о том, что остатки корневой части улучшили водно- физические свойства почвы.

Но, следует отметить, что повторный посев кукурузы не повышает плодородность, а улучшает свойства почвы.

Значит, оптимальным считается то, что чем оставить поле не посеянным до следующего года, лучше посеять кукурузу на разрыхлено-вспаханном глубиной 20-25 см поле.

При такой же технологии обработки почвы после повторного посева маша осенью вспахивается ещё глубиной 32-35 см, в седьмом варианте где разбиты грядки трёх годовой урожай хлопка составляет 34.0 ц/га и при летней обработке (1 вариант) относительно на 3.5 ц/га больше было получено добавочного урожая. Это на 1.1 ц/га выше показателей осенней пахоты, на 4.0 ц/га выше влияния повторного посева маша.

Следует уточнить одно явление, что в (3-вариант) варианте, где почва обработана осенью на 3.4 ц/га было получено добавочного урожая, после повторного же посева маша было получено 3.5 ц/га. После посева улучшились все свойства почвы.

При разрыхлённо-вспаханном поле глубиной почвы (32-35см) при повторном посеве растения сои на 4.1 ц/га больше получено добавочного урожая. Этот показатель относительно летней обработки, при осенней вспашке на 1.7 ц/га, при осенней вспашке с распределением грядок на 0.7 ц/га получено добавочный урожай.

Значит, доказано, что после озимой пшеницы, если не сеять повторный посев, не посеянные поля нужно вспахать только осенью и, если возможно, нужно разбить грядки. Потому что при этом методе создаются оптимальные условия для улучшения агрохимических и водно- физических свойств почвы.

В варианте, где почва летом разровнена глубиной в 15-18 см относительно методов осенней разрыхлённой пахоты были показаны меньшие результаты. Только при повторном посеве маша и сои (11-12 вариант) получено на 1.4 и 1.7 ц/га добавочно урожая, но даже этот показатель по сравнению с осенней пахотой на 1.0 и 0.7 ц/га был меньше.

В условиях светлого серозёма Андижанской области для получения относительно высокого урожая хлопчатника, посеянного после озимой пшеницы, нужно обработать почву осенью на (32-35см), распределить на грядки или разрыхлить глубиной 20-25 см и посеять маш или сою.

УРОЖАЙНОСТЬ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ КУЛЬТУР НА УПЛОТНЕННЫХ ПОСЕВАХ

Мамадалиева С.Б.

ассистент кафедры «Растениеводство»,
Андижанский филиал Ташкентского государственного аграрного университета,
Узбекистан, г. Андижан

Жумабоев З.М.

доцент кафедры «Растениеводство»,
Андижанский филиал Ташкентского государственного аграрного университета,
Узбекистан, г. Андижан

Мамадалиев Ж.Ш.

студент факультета «Агробиология»,
Андижанский филиал Ташкентского государственного аграрного университета,
Узбекистан, г. Андижан

Проведенными исследованиями установлена высокая эффективность смешанных посевов, состоящих из двух, трёх и четырёх компонентов, особенно при насыщении их бобовыми культурами обеспечивающими не только высокие урожаи зеленой массы, но и улучшение качества кормов.

Ключевые слова: севооборот, горчица, ячмень, тритикале, рапс, вика, горох, редька масличная, кормовая единица.

Уплотненные посевы наиболее интенсивно используют ресурсы почвы и солнечную энергию. Агробиологическая основа их применения – большое разнообразие требований разных видов и сортов растений к теплу, влажности почвы и воздуха, питанию, продолжительности вегетационного периода года, а также разные темпы и характер роста и развития, как надземной массы, так и корневой системы.

За последнее время накопилось немало экспериментальных работ, доказывающих эффективность возделывания промежуточных культур. Различные виды промежуточных культур позволяют повысить аккумуляцию ФАР (фотосинтетическая активная радиация), наиболее полно использовать чрезвычайно благоприятные условия осенне-зимнего и раннее-весеннего периода.

Результаты четырехлетнего исследования по изучению продуктивности кормовых культур и их смесей в промежуточном посеве доказано, что урожайность зеленой и сухой массы, а также сбор кормовых единиц и переваримого протеина определяются подбором компонентов. Смесей сортовых культур обеспечивают более высокий сбор переваримого протеина [2, с. 35-39].

Возможности получения двух урожаев зерновых или урожаев кормовых культур, а один год с одной площади. Они рекомендуют для Узбекистана промежуточные культуры такие как рожь, овес, ячмень, зимующий овес, озимая вика, кормовой зимующий горох, шабдар, берсим, горчица, рапс, перко как в чистых посевах, так и в виде мешанок, а также кормовой тритикале Праг-1 и Яровой «Узор» [4, с. 4-8].

В сумме за два урожая от промежуточного посева тритикале и пожнивного – кукурузы и сахарного сорго было получено 535 ц/га зеленой массы, или более 9000 кормовых единиц с гектара [1, с. 37-38].

При возделывании на одной и той же площади двух кормовых культур – кукурузы на силос и рапса на зеленый корм можно получить 1067,4 ц/га силосной и зеленой массы 19658 кормовых единиц, ячмень на зерно и кукурузы на силос – 23,9 ц/га, зерна ячменя 32,8 ц/га, соломы 422,7 ц/га силосной массы кукурузы, или 12510 кормовых единиц, овса на зеленый корм и кукурузы на силос – 718,6 ц/га зеленой, силосной массы, или 14090 кормовых единиц [3, с. 79-82].

В задачу исследований опыта входило определение повышения продуктивности кормового поля, хлопкового севооборота путем максимального уплотнения посевов (от одной культуры до четырех) с целью увеличения выхода кормов и одновременного улучшения его качества.

Исследования проведены на светло-сероземных почвах Андижанской области, по территории Андижанского филиала (УзНИХИ), Площадь опытного участка 2 га. Общая площадь делянки 240 м², учетная 120 м². Расположение делянок одноярусное. Повторность вариантов четырехкратная.

Результаты исследования показали при посеве в чистом виде горчицы, ячменя заметное преимущество в росте растений имеют растения ячменя, опережающие по этому показателю растения горчицы.

В двойных смесях тритикале + рапс незначительно снижается высота растений обеих культур, по сравнению с их отдельным посевом в чистом виде.

Уплотнение путем смешанных посевов трех культур (тритикале + рапс + вика) и четырех (тритикале + рапс + вика + горох) и (тритикале + рапс + горох + редька масличная) культур не оказывает заметного снижения растений по сравнению с посевом в чистом виде ячменя.

Если растения горчицы имели к моменту уборки высоту 104,7 см, ячменя 126,7 см, то в двойных смесях высота тритикале была – 123,7 см, в тройных смесях – 119,1 см и при уплотнении четырьмя культурами 118,3 и 115,1 см. Аналогичная закономерность отмечена и по другим изучаемым культурам (рапс, вика, горох, редька масличная).

Результаты исследований показали, что совмещение посевов различных по биологическим особенностям кормовых культур не оказало отрицательного влияния на рост растений, что является важным фактором, влияющим, как на общий выход кормов, так и на его качество.

Уплотнение посевов снижает травостой кормовых культур, причем, чем больше кормовых культур в смешанном посеве, тем меньше травостой отдельных компонентов.

По мере уменьшения количества культур в смешанных посевах густота стояния тритикале снижается от 1134,3 до 893,6 тыс./га в двойных смесях от 872,3 до 819,6 тыс./га в посевах, состоящих из четырех компонентов. Травостой растений рапса снижается от 581,9 до 573,4 тыс./га в двойных смесях от 411,7 до 406,3 тыс./га и 406,5; 396,1 тыс./га в смешанных посевах, состоящих из четырех компонентов, вика от 451,3 до 411,4 тыс./га в тройных смесях от 401,6 до 398,7 тыс./га в четверенных смешанных посевах. Аналогичная закономерность отмечена во всех вариантах опыта.

Результаты исследования показали дальнейшее уплотнения смешанных посевов путем использования третьей культуры – вики, создавая таким образом совмещенные посевы озимые – тритикале – озимой рапс+ озимая вика (вар.6), обеспечивает не только повышение урожая зеленой массы – 445,3 ц/га но улучшает качество кормовой продукции за счет присутствия в кормовых смесях бобового компонента.

Наиболее эффективными по урожаю зеленой массы оказываются варианты где в смешанных посевах с четырьмя культуры – озимые тритикале +рапс+ вика +горох (вар.7) и озимые – тритикале + рапс+ горох +редька масличная (вар.8). Урожай зеленой массы в этом случае составил в среднем за три года 456,9; 495,3 ц/га.

Увеличение выхода продукции и улучшение ее качества при чистых посевах (горчица и ячмень), предполагалось достичь за счет уплотнения посевов двойными (тритикале + рапс), тройными (тритикале + рапс + вика), четверными (тритикале + рапс + вика + горох) и (тритикале + рапс + горох + редька масличная) смесями.

Наименьший выход кормовых единиц и переваримого протеина был при чистых посевах озимой горчицы (вар.3) – 3236,2 кг/га кормовых единиц и 411,9 кг/га переваримого протеина.

Эффективным приемом оказалось также возделывание чистого посева ячменя (вар.4). По сравнению с чистыми посевами озимой горчицы (вар.3), когда обеспечивается выход кормовых единиц до 7114,2 кг/га и переваримого протеина до 1185,7 кг/га.

Незначительное снижение выхода кормовых единиц и переваримого протеина наблюдается при использовании смешанных посевов без бобового компонента (вар.5), где выход кормовых единиц составил в среднем за три года 7220,4 кг/га, переваримого протеина – 1071,7 кг/га.

Включение бобового компонента в смешанных посевах способствует дальнейшему повышению продуктивности кормового поля.

Наибольшее влияние компонентов в кормовых смесях на качество продукции наблюдается при возделывании смешанного посева, состоящего из злаково-крестоцветных и бобовых мещанок где выход кормовых единиц при трех компонентах смешанных посевов составил 7518,4 кг/га, при четырех компонентах – 8022,0 и 8207,6 кг/га выход переваримого протеина – соответственно увеличивается до 1216,2 и 1323,9 – 1351,3 кг/га.

Проведенными нами исследованиями установлена высокая эффективность смешанных посевов, состоящих из 2-х, 3-х и 4-х компонентов, особенно при насыщении их бобовыми культурами, обеспечивающими не только высокие урожаи зеленой массы, но и улучшение качества кормов.

Список литературы

1. Масандилов Э., Гамзаев Н., Нафталиев Ш.В. Промежуточных посевах // Сельские зори. – Н 4. – 1985. – С.37-38.
2. Мартинчук Н.В. Эффективность выращивания кормовых культур покосном промежуточном посеве // Пути интенсификации кормопроизводства. Т.: 1991. (Сб. тр./БСА). С. 35-39.
3. Рустамов О. Резервы повышения продуктивности кормового поля хлопкового севооборота на лугово-сероземных почвах Самаркандской области. – Т.: 1985. (Сб. тр./Союзники). вып. №57. С.79-82.
4. Турсуноджаев З.С., Болкунов А.С. Пути производства разнообразных кормов и зерно в хлопковых севооборотах // Круглогодичное использование орошаемых земель. Т.: 1981. (Сб. та./Союзники). вып. №46. С.4-8.

СЕКЦИЯ «МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ»

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИХ ПРОТЕЗОВ В КЛИНИКЕ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ СТОМАТОЛОГИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ЧАСТИЧНОГО ОТСУТСТВИЯ ЗУБОВ

Андреева А.О.

врач-стоматолог общей практики, ординатор кафедры детской стоматологии,
Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, г. Санкт-Петербург

Озрина Н.А.

к.м.н., доцент, выполняющий лечебную работу кафедры ортопедической
стоматологии, Санкт-Петербургский государственный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург

Шашорин Р.В.

к.м.н., ассистент, выполняющий лечебную работу кафедры ортопедической
стоматологии, Санкт-Петербургский государственный университет,
Россия, г. Санкт-Петербург

В статье рассмотрена сравнительная оценка эффективности протезирования пациентов частичными съёмными протезами, изготовленными из акриловых и термопластических базисных полимеров при лечении частичного отсутствия зубов. Период адаптации к частичным съёмным протезам – индивидуальный процесс, на который оказывают влияние различные факторы. Одним из таких факторов является материал, из которого изготавливается конструкция [1].

Ключевые слова: термопластические протезы, термопласты, адаптация, частичный съёмный протез, частичное отсутствие зубов.

Объектами исследования стали 58 человек, проходившие ортопедическое лечение частичными съёмными протезами на базе стоматологической клиники ООО «Белая Медведица» г. Санкт-Петербурга в 2018г. Для изучения и сравнения сроков адаптации к двум группам материалов базисов частичных съёмных протезов, был выбран социологический метод анкетирования, так как он является наиболее доступным и удобным клиническим методом для статистического анализа данных. Для исследования были выбраны две группы материалов – термопласты и акрилы, наиболее часто используемые полимеры для протезирования в современной практике ортопедической стоматологии. Различия в их физических и химических свойствах, позволяют предположить разницу в сроках адаптации к протезам, изготовленным по стандартным методикам. В связи этим, обследуемые пациенты были разделены на две группы.

Первой группе пациентов ($n = 29$) были изготовлены акриловые частичные съёмные протезы, а второй группе ($n = 29$) – частичные съёмные протезы были выполнены из термопластических полимеров (термопластов).

Критериями для включения больных в исследование стали:

- частичное отсутствие зубов,
- показания для съёмного протезирования,
- информированное добровольное согласие пациента,
- изготовление частичного съёмного протеза впервые,
- время после протезирования 2-4 месяца.

Пациенты обеих групп были приглашены на контрольную консультацию, где им предлагалось пройти социологическое исследование и заполнить анкету, в случае согласия пациента – подписывалось добровольное информированное согласие на обработку персональных данных.

Пациентам были предложены вопросы, позволяющие оценить сроки адаптации, основные жалобы при использовании съемных протезов, оценить качество изготовления и их гигиеническое состояние, вкусовые пристрастия и удовлетворенность конструкцией. Для анализа результатов ортопедического лечения была разработана анкета для пациентов, представленная ниже (рис. 1).

Анкета.

1. Ф.И.О.
2. Возраст
3. Пол м / ж
4. Пользовались ли ранее съемными зубными протезами?
 - Да
 - Нет
5. Привыкли ли вы к протезу?
 - да, полностью
 - не до конца, есть дискомфорт
 - нет, не ношу
6. Отношение к следующим продуктам: курение / кофе / крепкий чай (подчеркнуть):
 - не увлекаюсь
 - 1-3 раза в день
 - более 3-х раз в день
7. Как часто Вы чистите протез?
 - один раз в 2-3 дня
 - один раз в день
 - утром и вечером
 - после каждого приема пищи
8. Пользовались ли профессиональной чисткой протезов?
 - да
 - нет
9. Режим использования протеза в первые дни после начала ношения?
 - Не мог(ла) носить совсем
 - Снимал(а) при дискомфорте (носил(а) несколько часов в сутки)
 - Снимал(а) на ночь
 - снимал(а) только с целью гигиены
10. Спали ли вы с протезами в первые дни ношения?
 - да
 - нет
 - редко
11. Основные жалобы в первые дни ношения протеза. Оценить по шкале от 1 до 5 степень беспокойства. 5 – беспокоило больше всего, 1 – беспокоило меньше всего.
 - болевые ощущения (натираание, давление, боли в мышцах/суставе)
 - трудно говорить в протезе
 - не устраивает внешний вид протеза
 - затруднительная гигиена и уход за протезом
 - изменение вкуса при ношении протеза
12. Посещали ли Вы доктора с целью коррекции протеза?
 - нет
 - да, сколько раз? _____
13. Через какое время вы перестали ощущать дискомфорт от ношения протеза?
 - 5-7
 - 7-14 дней
 - 14-21 день
 - более месяца
14. Режим использования протеза сейчас?
 - снимаю на ночь
 - снимаю только с целью гигиены
 - снимаю с целью гигиены и на ночь
15. Уровень удовлетворенности протезом?
 - отлично
 - хорошо
 - удовлетворительно
 - неудовлетворительно

Рис. 1. Разработанная анкета

На основании исследованной литературы по термопластическим и акриловым материалам было выяснено, что в современной стоматологии термопласты отличаются большей эластичностью и амортизирующими свойствами. Средние сроки адаптации к протезам из акриловых пластмасс составляют 19-30 дней [2]. Для сравнительного анализа эффективности протезирования двумя видами материалов для базисов съемных протезов была проведена статистическая обработка данных, полученных в ходе анкетирования.

В пунктах 6-8 анкеты представлены вопросы, характеризующие качество гигиенического ухода за протезами. Лишь 19% опрошенных пациентов не имеют факторов регулярного употребления продуктов (сигареты, кофе, крепкий чай), окрашивающих материалы частичных съемных протезов.

Из данных, отраженных в 7 пункте анкеты, можно сделать следующие заключения:

- Все пациенты осуществляют гигиену протеза не менее 1 раза в день,
- 1 раз в сутки чистят протез 10 % пациентов 1 группы и 14 % – второй,
- Дважды в день чистку проводят 83% опрошенных 1 группы, 76% – второй,

- Максимальный уход за конструкцией (очистление протеза после каждого приема пищи) отмечен у 7% обследуемых 1 группы и 10% – 2 группы.

На 8 вопрос анкеты о прохождении процедуры профессиональной чистки протезов 100% опрошенных пациентов ответили отрицательно. Можно предположить необходимость внесения в рекомендации врачей после протезирования пояснений о пользе комплексного ухода за частичным съемным протезом.

Вопросы 9-13 анкеты носили характер детализации периода адаптации к съемному протезу в первые дни после сдачи конструкции.

По данным 9 и 10 пунктов можно сделать вывод о том, что большая часть пациентов по рекомендации врача носили протез в первые 14 дней длительное количество часов в сутки, 31 % снимали на ночь, а 60% только с гигиенической целью. Из общего числа опрошенных спали с протезами 67% пациентов. Это свидетельствует о создании благоприятных условий для сокращения сроков адаптации к протезу и быстрому вводу конструкции в активную эксплуатацию.

Пункт 11 анкеты был направлен на выявления основных жалоб в первые 14 дней ношения протезов у пациентов обеих групп. На рис. 2 и 3 представлена визуализация распределения рейтинга наиболее часто встречающихся жалоб после начала использования частичных съемных конструкций.

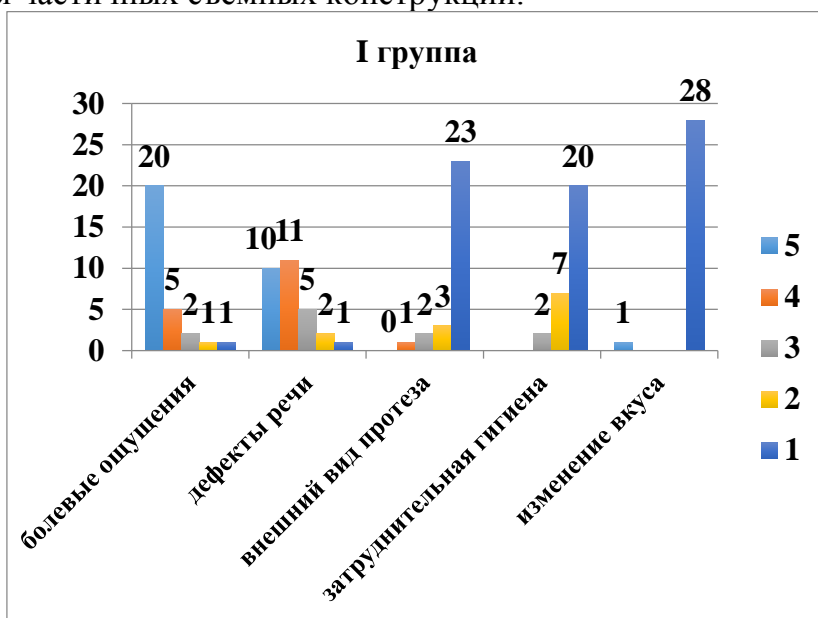


Рис. 2. Рейтинг жалоб по 5-ти бальной шкале в 1 группе пациентов

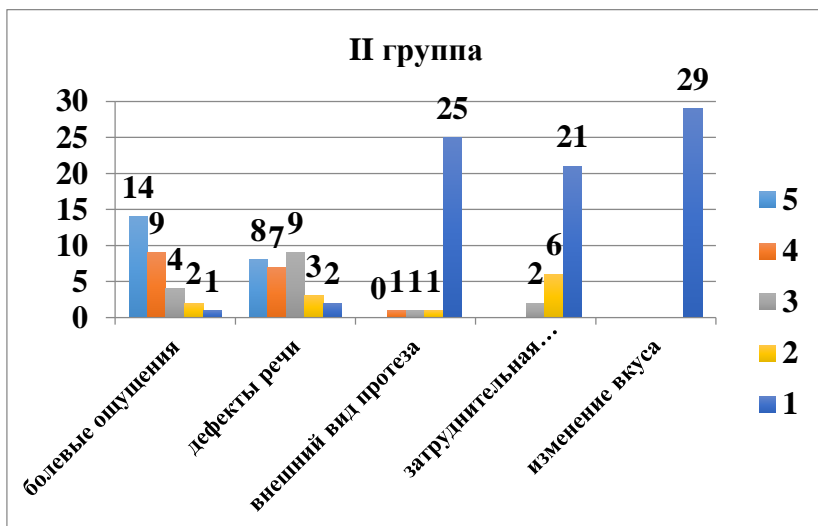


Рис. 3. Рейтинг жалоб по 5-ти бальной шкале во 2 группе пациентов

Для определения статистической значимости различий полученных результатов был использован непараметрический критерий Манна-Уитни для оценки различий между двумя независимыми выборками. Для этого пунктам анкеты были присвоены баллы от 1 до 4, они были занесены в таблицы, и каждому баллу присвоен ранг. Произведен подсчет суммы полученных рангов для каждой таблицы.

Определение эмпирического значения критерия Манна-Уитни для результатов, полученных из пункта 13 анкеты для двух групп, было осуществлено по следующей формуле:

$$U_{emp} = (n1 * n2) + \frac{n_x * (n_x + 1)}{2} - T_x;$$

где $n1$ – количество ответов в первой группе, $n2$ – количество ответов во второй группе, T_x – большая из двух ранговых сумм, n_x – количество ответов в группе с наибольшей ранговой суммой.

$$U_{emp} = (29 * 29) + \frac{29 * (29 + 1)}{2} - 989,5 = 286,5$$

После расчета данных нам необходимо оценить степень значимости результатов, посредством сравнения U_{emp} с критическим значением U-критерия Манна-Уитни при заданной численности сравниваемых групп. Табличное значение U-критерия Манна-Уитни равно 294 при погрешности 0,05%. $286,5 < 294$, следовательно, различия уровня признака в сравниваемых группах статистически значимы.

По результатам статистической оценки данных полученных из 13 пункта анкеты о сроках адаптации к частичным съёмным протезам выявлена статистически значимая корреляция. 41% опрошенных пациентов второй группы указали период адаптации 7 – 14 дней и лишь 24% отметили данный период в первой группе. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что процесс реабилитации и привыкания к протезам, изготовленным из термопластических базисов, протекает быстрее, чем при использовании акриловых пластмасс.

По результатам исследования были получены статистически значимые доказательства того, что процесс реабилитации и привыкания к частичным съёмным протезам, изготовленным из термопластических полимеров, протекает быстрее, чем при использовании акриловых пластмасс (рис.4). Большая часть пациентов, следуя рекомендациям врача, в первые дни использования протеза носили их максимально продолжительное время, тем самым создавая благоприятные условия для сокращения периода адаптации и ускоренного ввода конструкции в активную эксплуатацию.

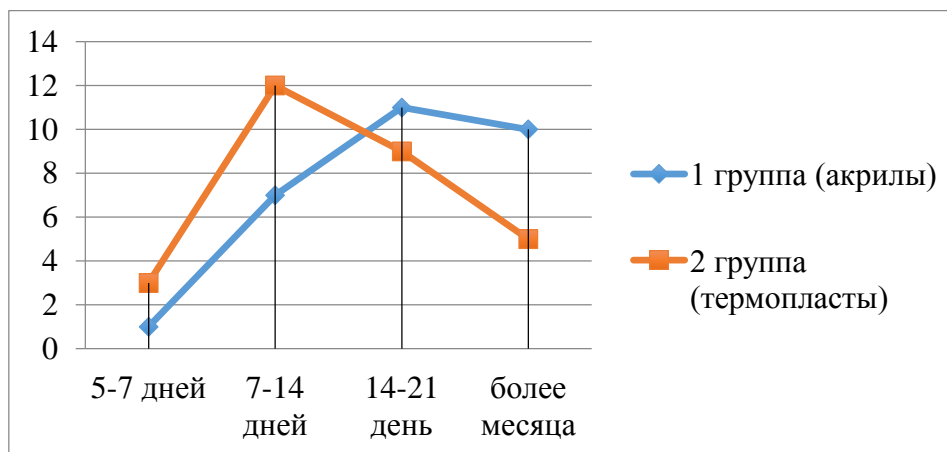


Рис. 4. График адаптации пациентов двух групп по времени

Данные пункта 14 анкеты свидетельствуют о том, что в 100% протезы введены в активную эксплуатацию. 93% пациентов снимают протезы для гигиенической обработки и ночь, 7% спят в протезах.

Основными жалобами в первые дни после протезирования частичными съёмными протезами, являются болевые ощущения и дефекты речи, связанные с непривычной артикуляцией. Эти симптомы имеют меньший уровень проявления и купируются в более ранние сроки в группе людей, использующих частичные съёмные протезы из термопластических материалов. Такие различия можно объяснить тем, что термопластические протезы более точно повторяют границы протезного ложа и оказывают меньше раздражающего механического влияния на окружающие ткани. Подтверждением этого служат данные о нуждаемости в коррекции протеза, в группе с использованием термопластических полимеров этот показатель значительно ниже.

При переработке термопластов в изделия не используется и не выделяется резко токсичный мономер, что исключает риск возникновения аллергической реакции и симптома извращения вкуса [3]. В нашем исследовании проявление такого симптома было обнаружено в группе пациентов, использующих акриловые частичные съёмные протезы, что служит подтверждением недостатка этой группы базисных материалов.

Немаловажным показателем является удовлетворенность пациентов ортопедической конструкцией. По результатам данного исследования этот критерий во второй группе оказался немного выше.

Таким образом, проведенное в данной работе исследование свидетельствует о преимуществах использования термопластических съёмных протезов у пациентов с частичным отсутствием зубов и уменьшения сроков адаптации, а также снижения негативных проявлений в период реабилитации.

Список литературы

1. Kenji Fueki, Chikahiro Ohkubo, Masaru Yatabe – Clinical application of removable partial dentures using thermoplastic resin – Part I: Definition and indication of non-metal clasp dentures – journal of prosthodontics research 58 (2014). – С. 3-10 с.
2. Трегубов И.Д., Болдырева Р.И., Михайленко Л.В., Маглакелидзе В.В., Трегубов С.И., Применение термопластических материалов в стоматологии: учебное пособие. М.: Издательство «Медицинская пресса», 2007 – 140 с.
3. Михальченко Д.В., Слётов А.А., Жидовинов А.В. Мониторинг локальных адаптационных реакций при лечении пациентов с дефектами краниофациальной локализации съёмными протезами // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4. – С. 407.

КЛИНИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ ВНУТРИОРГАННОГО ВЕНОЗНОГО РУСЛА СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Михалкина М.В.

ассистент кафедры анатомии человека,

Уральский государственный медицинский университет, Россия, г. Екатеринбург

Интерес к внутриорганному венозному руслу сердца в последние годы возобновился в связи с сообщениями о возможной роли составляющих его сосудов в танатогенезе внезапной сердечной смерти у детей и взрослых. Также эти сосуды интересны как корни и предистоки вен системы венозного синуса, которые стали широко использоваться в диагностических и лечебных манипуляциях. Чтобы составить целостное представление о венозной системе сердца человека, необходимо владеть характеристикой всех её звеньев. Настоящий обзор предпринят с целью подытожить, что

нам хорошо известно, а что еще следует уточнить в строении внутриорганный венозный русла сердца человека.

Ключевые слова: синусоиды, вены Вьессена-Тебезия, мелкие подэпикардальные вены, внезапная сердечная смерть.

Венозную систему сердца целесообразно подразделять на две части: внутриорганный венозный русло и пути венозного оттока от сердечной стенки. Другими словами, нужно различать поверхностные (субэпикардальные) и глубокие (внутриорганные) вены сердца, что соответствует общей классификации венозных сосудов [19, с. 107].

Внутриорганный венозный русло сердца представлено венозными сетями, расположенными во всех слоях сердечной стенки. Различают внутриэндокардиальную и подэндокардиальную, внутримиекардиальную, внутриэпикардальную и наиболее крупную подэпикардальную венозные сети [16, с. 208].

В.Н. Рыбка предлагал считать начальным звеном внутриорганный венозный русла сердца посткапилляры и венулы [19, с. 107], но их правильнее относить к элементам микроциркуляторного русла [15, с.11; 16, с.205]. До 10 и более венул, сливаясь, образуют лауну в виде цилиндрического или булавовидного расширения – синусоид. Его можно считать элементом начального звена внутриорганный венозный русла сердца. Известный пермский топографоанатом А.А. Лопанов [13, с. 12] описал две формы синусоидов. У одних из них устья венул, вливающих в лауну, концентрируются у верхушки синусоида, и он имеет вид метелочки или кустика. У других – венулы приходят к синусоиде со всех сторон фронтально, и он выглядит как ёршик с узкой, вытянутой в середине лауной. Синусоиды – сосуды безмышечного типа, у которых функцию мышечного слоя выполняют постоянно и ритмично сокращающиеся волокна миокарда. В момент сокращения миокарда мышечные пучки сдавливают синусоиды, способствуя быстрому и массированному продвижению крови из миокарда. Разная форма организации синусоидов обуславливает различный принцип их функциональной деятельности. Согласно законам гидродинамики, в первом типе синусоида (в форме метелочки) происходит «сифонное» всасывание крови из венул, во-втором (в форме ершика) – методом одномоментной пропульсации [13, с. 12]. Синусоиды, как и другие интрамуральные вены миокарда, формируются из межтрабекулярных щелей губчатого миокарда, который обнаруживается на четвертой неделе эмбрионального развития [12, с. 14; 3, с. 28; 20, с. 257]. Но у плодов, новорожденных и детей до 3 лет синусоидность венозной сети миокарда выражена слабо. Синусоиды еще не сформированы, конфигурация их не всегда ясна, диаметр очень близок к просвету венул. С возрастом увеличиваются размеры, изменяется форма. В 8-12 лет синусоиды представлены вытянутыми конусообразными или булавовидными образованиями, к расширенной части которых подходят 10 и более венул. В возрасте 22-45 лет синусоиды определяются в миокарде повсеместно. Это неправильной формы образования, сильно вытянутые в длину, с изгибами и расширениями на протяжении. Нередко на боковых стенках синусоидов обнаруживаются различной величины выпячивания. Синусоидальную группу интрамуральных вен сердца А.А. Лопанов определил, как дренирующее венозное звено [14, с. 75]. Собственно, он писал о венулярно-синусоидальной группе, но венулы – элемент микроциркуляторного русла сердца. Большое значение придавали синусоидам миокарда в условиях кардиоваскулярной патологии Н.А. Джавахишвили и М.Э. Комахидзе [6, с. 29]. Они утверждали, что по мере сокращения артериального кровоснабжения

сердечной мышцы увеличивается объем венозного русла сердца. С первого взгляда это явление парадоксально: пути притока уменьшаются, пути оттока увеличиваются. Н.А. Джавахишвили и М.Э. Комахидзе утверждали, что наблюдаемое явление можно объяснить компенсацией недостаточного артериального кровоснабжения расширением венозного колена сосудистого русла, которое осуществляет питание миокарда ретроградным путем. В этом механизме, по мнению Н.А. Джавахишвили и М.Э. Комахидзе, синусоидам принадлежит исключительная роль: благодаря способности менять свой объем и тем самым замедлять ток крови в венозном отрезке капиллярной сети, они способствуют более продолжительному контакту крови с тканью и, следовательно, увеличению масштаба обмена веществ между ними. Таким образом подтверждается исключительная роль венозных синусоидов в сохранности метаболизма миокарда на определенном уровне в условиях патологии [6, с. 29].

Следующую ступень внутриорганный сосудистого русла А.А. Лопанов обозначил как выносящие вены. Они определяют макроскопическую архитектуру внутриорганный русла. Выносящие вены собираются по одно-, двух-или трехступенчатому принципу в сосуды магистральной, смешанной или рассыпной формы. В местах впадения выносящих вен в подэпикардальные стволы определяются различной степени сужения. Поэтому вена имеет веретенообразный вид. А.А. Лопанов считал, что и это звено сохраняет принцип функционально выгодного синусоидного образования [13, с. 13].

И, наконец, подэпикардальные вены, которые А.А. Лопанов разделил на 2 морфофункциональных звена: коллекторные и магистральные вены [13, с. 13]. Магистральные вены – это притоки венозного синуса, они не относятся к внутриорганный руслу сердца. Коллекторные вены располагаются как внутримышечно, так и поверхностно под эпикардом. Интрамуральные вены почти лишены мышечной оболочки. Продвижению крови по ним способствует систолическое сокращение мощной мускулатуры миокарда. Это «выжимающее» действие сердечной мышцы, по видимому, не оказывает своего влияния на мелкие подэпикардальные вены сердца, отделенные от миокарда жировой клетчаткой. В связи с этим в стенках подобных вен образуются приспособительные механизмы в виде мышечных утолщений, способствующих проталкиванию крови по направлению к сердцу. Такое предположение не лишено оснований, потому что толстостенные вены встречаются под эпикардом исключительно среди жировой клетчатки. В тех участках, где жировая клетчатка отсутствует и где эпикард близко прилегает к мускулатуре сердца, подобные вены не встречаются. Об этом же говорит тот факт, что при погружении толстостенных вен в миокард на границе с последним стенка вены теряет свою мышечную оболочку и становится очень тонкой [1, с. 35]. Таким образом, в системе мелких подэпикардальных вен имеются свои приспособительные механизмы, которые представляют собой сегментарные утолщения в виде муфт, а также парные и непарные клапаны, препятствующие обратному кровотоку [1, с. 35]. Еще ряд особенностей внутриорганный вен сердца отметила Р.А. Бардина [2, с. 53]:

1. Расположение вен сердца точно соответствует направлению пучков миокарда.
2. Внутриорганные вены сердца анастомозируют во всех его участках.
3. Венозное русло левой половины сердца значительно богаче венозного русла правой половины.
4. Крупные вены сердца содержат клапаны.

5. Парными являются лишь мелкие вены сердца (вены третьего порядка). Крупные артериальные стволы сердца сопровождаются одиночными венами.

Согласно результатам исследования А.В. Архангельского, у мелких подэпикардальных вен тоже есть клапаны [1, с. 37]. Как отмечали К.И. Кульчицкий и О.Ю. Роменский, интрамуральные вены сердца не сопровождают артериальные сосуды. По гистологической структуре стенок интрамуральные вены миокарда желудочков представляют собой сосуды безмышечного типа. По своему ходу они имеют большое количество расширений и вздутий, которые называют синусоидами. Особенностью этих вен является резкий перепад калибра сливающихся сосудов. Эти закономерности характерны как для вен синусоидальной группы, так и для вен, открывающихся в камеры сердца (тебезиевых вен) [12, с. 14].

Тебезиевы вены, или наименьшие вены сердца занимают особое положение среди других групп сердечных вен. Их можно отнести и к венам, совершающим отток от стенки сердца, и в то же время к внутриорганному венозному руслу [10, с. 270]. По определению С.А. Захарова, тебезиевы вены – это группа различных по структуре и направлению кровотока (из полости или в полость сердца) сосудов, общим для которых является непосредственное сообщение с полостями сердца [7, с. 370]. Известный самаркандский топографоанатом А.К. Габченко, посвятивший тебезиевым венам свою кандидатскую диссертацию [4, с. 19] и монографию [5, с. 150], считал, что сосуды Вьессена-Тебезия представляют собой мощную, пластичную, многофункциональную систему, изменяющуюся в течение всей жизни человека. Эта система резервирует другие сосудистые системы и имеет компенсаторно-заменительное значение [5, с. 135]. А.А. Лопанов, который тоже изучал вены Вьессена-Тебезия, напротив пришел к выводу, что эти вены являются одним из звеньев внутриорганного венозного русла и нет оснований выделять их в отдельную систему с наименованием: «сосуды тебезия», «вены тебезия», или «наименьшие вены сердца». По мнению А.А. Лопанова, эти вены соответствуют в основном среднему выносящему звену внутриорганных вен. Их дренирующая функция с укороченным путем крови в камеры сердца очевидна. Предложенный А.А. Лопановым термин «выпускники Тебезия» характеризует их функционально, так как в условиях быстрой смены режима работы сердца, постоянно меняющегося венозного тонуса и широкого диапазона колебаний сосудистого давления в миокарде они способствуют снижению давления как в отдельных участках миокарда, так и общего венозного давления в сердце. Идентичность строения сосудистой стенки не исключает и трофическую функцию выпускников в той мере, которая присуща всем интрамуральным венам сердца [13, с. 17].

Тебезиевы вены были детально исследованы в XX веке, но возобновление интереса к ним в последние годы связано с предположением, что они могут играть определенную роль в танатогенезе внезапной смерти. В терапии и кардиологии есть термин «внезапная сердечная смерть (первичная остановка сердца)». Это по классификации Всемирной Организации Здравоохранения (1979 г.) и Всесоюзного кардиологического научного центра Академии медицинских наук (1983 г.), которая продолжает использоваться в России, – одна из форм ишемической болезни сердца (ИБС). Согласно определению, внезапная сердечная смерть (ВСС) – естественная смерть, связанная с сердечными причинами, наступившая в течение одного часа после появления острых симптомов (смерти предшествует внезапное потеря сознания); пациент может страдать заболеванием сердца, однако время и характер смерти яв-

ляются неожиданными [17, с. 15]. По мнению А.И. Осипова, Тебезиева система заполняется кровью во время диастолы при сокращении наружных слоев миокарда, и, следовательно, чем энергичнее протекает фаза быстрого заполнения левого желудочка, тем больше крови поступает в сосуды Тебезия и тем полнее кровоснабжается сердце. Анастомозы длинных ветвей сосудов Тебезия с крупными ветвями коронарных артерий, в случае их стенозов, компенсируют коронарную недостаточность. В положении лежа, когда сердце работает с громадным остаточным объемом, Тебезиева система в кровоснабжении сердца практически не участвует, поэтому внезапная смерть больных ИБС в 70% случаев наступает во сне и в утренние часы. Причину внезапной смерти в утренние часы связывают со скачками артериального давления вследствие циркадной активности симпатической нервной системы. Но есть способы включения Тебезиевой системы для улучшения кровоснабжения сердца в положении лежа в утренние часы, они известны со времен Гиппократа. В положении ортопноэ происходит отток крови от сердца в нижнюю часть тела, и оно начинает работать с меньшим остаточным объемом, усиленной диастолической функцией и улучшенным кровоснабжением за счет Тебезиевой системы. Таким образом, сон в положении небольшого ортопноэ (с приподнятым на 10 см головным концом кровати) снижает риск внезапной сердечной смерти в утренние часы [18, с. 31].

Скоропостижная смерть детей составляет от 0.5 до 20 % всей детской смертности. Причины скоропостижной смерти детей различны. Известен синдром внезапной смерти детей (СВС), при котором клинико-анатомические признаки угрожающих жизни состояний вообще отсутствуют, либо выражены слабо. Одной из причин СВС младенцев предлагается считать недоразвитие и резкое уменьшение количества сосудов Вьессена-Тебезия в сердечной мышце [8, с. 20]. Л.А. Каратаева и М.М. Шертаев провели морфологические исследования сердец внезапно умерших детей, которые показали, что регистрируются в различной степени деструктивные изменения стенки сосудов Вьессена-Тебезия и прилежащей мышечной ткани: отслойка и слущивание эндотелиальных клеток; лейкостазы сосудов, вплоть до полного их закрытия. Наблюдается достоверная разница в недоразвитии и уменьшении капиллярной сети данных сосудов у внезапно умерших детей до 1 года. Недоразвитие или резкое уменьшение количества вен Вьессена-Тебезия в миокарде свидетельствует о гипоксии его, что зачастую приводит к нарушению сердечного ритма и, как следствие, к остановке сердца [9, с.262].

Далеко не все авторы, изучающие возможные причины внезапной сердечной смерти, придают значение в танатогенезе ее состоянию сосудов Вьессена-Тебезия. Видимо, надо продолжать морфологические исследования этих вен у внезапно умерших детей и взрослых, чтобы окончательно подтвердить или опровергнуть роль наименьших вен сердца в механизме внезапной сердечной смерти.

Список литературы

1. Архангельский А.В. О структуре мелких подэпикардальных вен сердца / А.В. Архангельский // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1957 г., т.34, №6. С.32-37.
2. Бардина Р.А. Архитектура внутриорганных вен сердца / Р.А. Бардина // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1954. Т. 31, №2. С.46-53.
3. Габченко А.К. Вазоиды трабекулярной части губчатого миокарда эмбриона как основа формирования сосудистой системы сердца человека / А.К. Габченко // Морфология. 2008. Т.1 33, №2. С.28-28.
4. Габченко А.К. Анатомо-гистологическое строение и развитие сосудов Вьессена-Тебезия у плодов и новорожденных / А.К. Габченко: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Самарканд, 1967. – 19 с.

5. Габченко А.К. Система сосудов Вьессена-Тебезия у человека в возрастном и прикладном аспекте / А.К. Габченко, под ред. Ф.Ф. Амирова // Ташкент, Медицина, Уз ССР, 1980. – 150 с.
6. Джавахишвили Н.А. Синусоиды миокарда / Н.А. Джавахишвили, М.Э. Комахидзе // Вопросы анатомии сосудистой системы. – Труды Таджикского государственного медицинского института им. Абуали Ибн-Сино. – Душанбе, 1977. Т. 130, вып.6. С. 25-30.
7. Захаров С.А. Морфофункциональная характеристика сосудов Вьессена-Тебезия у крыс / С.А. Захаров // Вестник Российского государственного медицинского университета, 2006; 2(49): 370.
8. Karataeva L.A. Consideration of vessels Vessena-Tebezia in the aspect of reasons sudden death / L.A. Karataeva, S.S. Inoyatova, M.M. Shertaev, N.M. Nosirova // Papers of the 5th International Scientific Conference European Applied Sciences : Challenges and Solutions. Stuttgart, Germany, 10.12.2015. – p. 19-22
9. Каратаева Л.А. Роль определения сосудов Вьессена-Тебезия в диагностике скоропостижной смерти детей раннего возраста / Л.А. Каратаева, М.М. Шертаев // Врач-аспирант. – 2014. Т. 64, №3.2. С. 258-264.
10. Климец Д.А. Сосуды Вьессена-Тебезия / Д.А. Климец, Е.Н. Горинович // Молодой ученый. – 2015., №22. С. 269-273.
11. Кузовахо В.В. Значение сосудов Вьессена-Тебезия в условиях патологии // Фундаментальные исследования. – 2005. – №5. – С .64-64.
12. Кульчицкий К.И. Эволюция кровеносных сосудов стенки сердца / К.И. Кульчицкий, О.Ю. Роменский // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1986. Т. ХС, №1. С. 8-16.
13. Лопанов А.А. Вены сердца в норме, патологии и эксперименте / А.А. Лопанов // Автореф. дис. ... докт. мед. наук. – Пермь, 1994. – 49 с.
14. Лопанов А.А. Индивидуальные различия формирования внутриорганных венозных русел сердца человека / А.А. Лопанов // Морфогенез лимфатической и кровеносной систем и их тканей в норме, при патологии и в эксперименте: сборник научных трудов Пермского государственного медицинского института. – Пермь, 1984. – С. 74-76.
15. Миронов А.А. Микроангиоархитектоника (внутриорганные кровеносные русла) / А.А. Миронов, В.А. Миронов // учебно-методическое пособие. – Иваново, 1990. – 68 с.
16. Михайлов С.С. Клиническая анатомия сердца / С.С. Михайлов. – Москва. Медицина. – 1987 г. – 288с.
17. Мухин Н.А. Внутренние болезни / под ред.акад.РАМН Н.А. Мухина , акад.РАМН В.С. Моисеева , акад. РАМН А.И. Мартынова // учебник в двух томах , т.1 . – М., ГЭОТАР – Медиа. – 2010. 656 с.
18. Осипов А.И. Сосуды Вьессена-Тебезия и их роль в кровоснабжении сердца / А.И. Осипов // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2007. – №1. – С. 29-32.
19. Рыбка В.Н. Морфофункциональные особенности внутриорганных вен сердца у лиц пожилого возраста / В.Н. Рыбка // Морфология. – Республиканский межведомственный сборник, выпуск 3. – Патология сердечно-сосудистой системы. – Киев, Здоровье, 1977. С. 106-110.
20. Sedmera D. Function and form in the developing cardiovascular system // Cardiovascular Resonance. – 2011. – vol.91, p. 252-259.

СЕКЦИЯ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Алисин В.В.

ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук,
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Россия г. Москва

В статье исследуется влияние количества кислорода, содержащегося в наноструктурированных кристаллах диоксида циркония и концентрации стабилизирующего оксида на трибологические и прочностные свойства кристаллов. Методология исследования базировалась на отборе кристаллических образцов, их механическом измельчении до размера частиц 70...100 мкм.

Ключевые слова: трение, диоксид циркония, механическая активация, полиморфные переходы.

Проведение кислородных исследований кристаллов после механической активации позволяет установить связи между параметрами термообработки, подвижностью кислорода, фазовым составом и механическими свойствами кристаллов. Эксперименты выполнены на оборудовании и методике кислородных исследований кристаллов на основе ZrO_2 описанной в [1, с. 193]. При использовании специализированного оборудования с размольными элементами, изготовленными из высокопрочных современных материалов (Si_3N_4 , $WC+Co$, ZrO_2 и др.), удалось подобрать многостадийный режим размола (в комплексе с ультразвуковой обработкой), обеспечивающий получение из кристаллов чистых порошкообразных образцов с требуемым размером частиц (~75 мкм). Однако, при этом дорогостоящая размольная аппаратура подвергалась интенсивному износу.

Одной из наиболее важных особенностей материалов на основе диоксида циркония является большая подвижность кислорода в них уже при небольших температурах ($>300^{\circ}C$). Так, этот материал широко известен, как твердый электролит с высокой кислород-ионной проводимостью [3, с. 250]. Изменение подвижности кислорода в монокристаллических материалах на основе ZrO_2 в зависимости от состава, условий синтеза и термообработки является весьма актуальной проблемой, поскольку одним из главных критериев их пригодности для наиболее ответственных практических применений является стабильность параметров при повышенных температурах.

При более высоких концентрациях Y_2O_3 интенсивность изнашивания возрастает. Образцы с достаточно высоким содержанием стабилизатора (выше 8 мол%) демонстрируют резкое увеличение интенсивности изнашивания при снижении коэффициента трения. Это связано с тем, что при увеличении содержания Y_2O_3 до 8 мол% и выше кристаллы становятся однофазными кубическими, в которых отсутствует нанокристаллическая структура, возникающая в результате полиморфного перехода кубической фазы в тетрагональную. В однофазных кубических монокристаллах хрупкость существенно возрастает, что и способствует увеличению износа. Кристаллы, полученные из расплава, являются термодинамически не равновесным, метастабильным материалом, о чем свидетельствуют данные фазового анализа. Так для области составов, соответствующей содержанию оксида иттрия от 8 до 35 мол%, условия синтеза из расплава таковы, что кристаллы содержат только кубическую

фазу, поскольку, как видно по диаграмме состояния температура полиморфного перехода кубическая – тетрагональная фаза резко снижается с увеличением содержания оксида иттрия. Скорость снижения температуры кристаллов после выращивания высока, коэффициенты диффузии катионов в материалах на основе диоксида циркония очень низки (особенно при температурах ниже 1000С), в результате чего в кристаллах сохраняется фазовый состав, соответствующий высоким температурам. Технологические режимы синтеза кристаллов, в частности, скорость роста кристаллов также может оказывать влияние на фазовый состав и, соответственно, на характеристики изнашивания.

Впервые для изучения особенностей перераспределения кислорода при росте и отжиге кристаллов на основе ZrO_2 , а также для исследования влияния подвижности кислорода на физико-химические свойства кристаллов применен количественно-изотопный анализ кислорода, основанный на индикаторных свойствах изотопа ^{18}O на уровне его естественной распространенности. Стабильные изотопы кислорода используются в качестве «меченых атомов», что позволяет идентифицировать источник кислорода и установить особенности его миграции в процессе роста и отжига кристаллов. Экспериментально изучалось влияние отжига в разных средах на фазовый состав исходного диоксида циркония [2, с. 85].

Проведенные методико-экспериментальные исследования показали, что из процесса механического измельчения образцов кристаллов для кислородного анализа (до порошкообразного состояния с размером частиц ~ 75 мкм) целесообразно исключить процедуру истирания. Расчетным путем определены количественные кислородные характеристики оксидных систем « $(1-x)ZrO_2 + xY_2O_3$ » и твердых растворов замещения $Zr_{1-x}Y_xO_{2-x/2}$, формирующихся при введении в ZrO_2 стабилизатора Y_2O_3 . Оценено количество кислорода, уходящего из расплава при формировании твердых растворов в диапазоне содержаний Y_2O_3 от 2 до 35 мол%. Установлено, что, по мере увеличения концентрации стабилизатора, в молярной массе кристалла уменьшается масса кислорода от 32 мг для ZrO_2 до 31,68 мг для 4 мол% Y_2O_3 (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные значения содержания кислорода в оксидных системах $[(1-x)ZrO_2 + xY_2O_3]$ и твердых растворах $Zr_{1-x}Y_xO_{2-x/2}$

Состав	Химическая формула твердого раствора	Молярная масса, мг	Количество O_2 , мг			
			Смесь оксидов	Тв. раств.	Уход,	
					мг	вес%
ZrO_2		123,22		32,00		
Y_2O_3		225,84				
$ZrO_2 - 2\text{мол}\%Y_2O_3$	$Zr_{0,980} Y_{0,02} O_{1,99}$	123,013	32,32	31,84	0,48	1,48
$ZrO_2 - 2,5\text{мол}\%Y_2O_3$	$Zr_{0,975} Y_{0,025} O_{1,9875}$	122,950	32,40	31,80	0,60	1,85
$ZrO_2 - 3\text{мол}\%Y_2O_3$	$Zr_{0,970} Y_{0,03} O_{1,985}$	122,910	32,48	31,76	0,72	2,22
$ZrO_2 - 3,5\text{мол}\%Y_2O_3$	$Zr_{0,965} Y_{0,035} O_{1,9825}$	122,847	32,56	31,72	0,84	2,58
$ZrO_2 - 4\text{мол}\%Y_2O_3$	$Zr_{0,960} Y_{0,04} O_{1,98}$	122,807	32,64	31,68	0,96	2,94

Анализ морфологии поверхности трения образцов с 2-4 мол% Y_2O_3 при больших увеличениях показывает, что структура пленок достаточно однородна со следами границ более мелких частиц перенесенного материала. Кое-где просматриваются волосовидные трещины, в основном локализованные в пределах небольших зон.

Испытания образцов кристаллов ЧСЦ проводились на машине трения УМТ-1 [4, с. 97] при трении без смазки по контртелу – диску из стали У10А при скорости скольжения ≈ 2 м/с и контактном давлении ≈ 5 МПа. В процессе испытаний непрерывно измерялся момент трения по средней величине которого вычислялся коэффициент трения (f). После завершения испытаний на оптиметре модели ИКВ измерялся линейный износ образца с точностью 1 мкм (точность прибора $\pm 0,5$ мкм) и путь трения (L), по которым вычислялась интенсивность изнашивания ($I_{\text{исп}}$). Средние значения коэффициента трения и интенсивности изнашивания образцов кристалла на износ приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Экспериментальные значения характеристик
механических свойств кристаллов ЧСЦ**

Мол.% Y_2O_3	K_{1c} МПа*м ^{0,5}	$\sigma_{\text{изг}}$, МПа	Коэффициент трения	Интенсивность износа
2,5	11	1071	0,33	$4,99 \cdot 10^{-9}$
3	10	880	0,34	$4,68 \cdot 10^{-9}$
3,5	9	630	0,22	$3,08 \cdot 10^{-9}$
4	7,2	561	0,26	$3,12 \cdot 10^{-9}$

Рассматривая трибологические свойства кристаллов ЧСЦ в интервале стабилизирующих добавок Y_2O_3 в количестве 2,5 – 4 мол. % следует отметить, что при 2,5 мол % Y_2O_3 в экспериментах отмечается повышенная склонность к разрушению. Лучшие показатели по критерию износостойкости соответствуют интервалу (3,5 -4) мол.% Y_2O_3 . Изменение коэффициента трения в этом интервале мало заметно и соответствует установленным ранее зависимостям. Экспериментально установлено, что при механической активации ZrO_2 так же, как и при отжиге в вакууме, основным фактором, контролирующим подвижность кислорода, является температура.

Наибольшей подвижностью кислорода при росте и термообработке характеризуются кристаллы ЧСЦ в диапазоне составов ZrO_2 –2,5...4,0 мол% Y_2O_3 , оптимизированных по механическим и электрическим параметрам. При отжиге в вакууме (1000^oС, 1.5 ч.) и при механической активации в течение 30 мин. наблюдается практически одинаковое отклонение от кислородной стехиометрии $ZrO_{[1,75]}$, сопровождающееся обеднением кислорода изотопом ¹⁸O.

Список литературы

1. Алисин В.В. Влияние температуры на перераспределение кислорода в нанокристаллических материалах на основе диоксида циркония с высокими механическими характеристиками/В.В. Алисин, Х.Б. Амосова, В.П. Войтицкий, В.В. Воронов, В.А. Гриненко, Е.Е. Ломонова, И.И. Медведовская, В.И. Устинов // Перспективные материалы и технологии: Наноконпозиты. Т.2 (под. ред. А.А. Берлина и И.Г. Асовского). – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2005. С. 189-199.
2. Алисин В.В., Борик М.А., Ломонова Е.Е. Влияние термообработки на трибологические свойства наноструктурированных кристаллов диоксида циркония/Сб. Роль естественознания и технических наук в современном обществе. Под. общ. ред. Е.П. Ткачевой//Белгород, Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2018, 84-87 с.
3. Кузьминов Ю.С., Ломонова Е.Е., Осико В.В. Тугоплавкие материалы из холодного тигля. – М.: Наука, 2004. С. 369.
4. Куксенова Л.И. Методы испытания на трение и износ / Л.И. Куксенова, В.Г. Лаптева, А.Г. Колмаков, Л.М. Рыбакова. – М.: Интернет инжиниринг, 2001. – С. 152.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТОПЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Беляев С.В.

доцент кафедры транспортных и технологических машин и оборудования института лесных, горных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет, Россия, г. Петрозаводск

Давыдков Г.А.

доцент кафедры транспортных и технологических машин и оборудования института лесных, горных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет, Россия, г. Петрозаводск

Статья посвящена проблемам поиска новых видов топлив для транспорта, отвечающих самым строгим экологическим требованиям. Среди альтернативных топлив особое внимание в последнее время уделяется диметиловому эфиру ДМЕ. Дается анализ свойств этого топлива и применение на транспорте.

Ключевые слова: диверсификация топлив, альтернативные топлива, диметиловый эфир.

С точки зрения защиты окружающей среды развитие автомобилей и их приводов определяется в дальнейшем постоянно ужесточаемыми требованиями к отработавшим газам

Главным требованием к автомобилям является соблюдение норм по выбросам вредных веществ с отработавшими газами.

Применение нового поколения экологически чистых топлив может существенно способствовать решению самых актуальных проблем в недалеком будущем [3]. Синтетические топлива играют в этом плане главную роль, так как они предоставляют возможность использовать для производства топлива большое количество самых различных первичных источников энергии. Поиск новых путей повышения ценности природного газа ускорил развитие так называемых технологий «газ – в жидкость», позволяющих производить синтетические жидкие топлива из природного газа, такие как средние дистилляты, «метанол» и «диметиловый эфир» (ДМЭ) Диметиловый эфир – экологически чистое топливо без содержания серы, содержание оксидов азота в выхлопных газах на 90% меньше, чем у дизельного топлива.

Исследования показывают, что применение диметилового эфира в качестве моторного топлива для дизелей становится поводом для весьма оптимистичных прогнозов. Действительно, у ДМЭ есть ряд преимуществ по сравнению с дизельным топливом и другими альтернативными видами топлива. Он является газообразным. В нормальных условиях это газ, и его молекулы не имеют химических связей углерод–углерод, что исключает образование в пламени радикалов C_2 , способствующих сажеобразованию при сгорании. При этом снимется главная проблема дизеля – карбонизация значительной части топлива с последующим замедлением скорости выгорания дисперсного углерода. К благоприятным физико-химическим параметрам ДМЭ относят повышенную испаряемость, что снижает требования к дисперсности распыления, позволяет понизить давление впрыска и обеспечивает хорошее смесеобразование. Отличная самовоспламеняемость в дизельном двигателе (у ДМЭ цетановое число ЦЧ = 55...60 по сравнению с ЦЧ = 45...50 для дизельного топлива) улучшает пусковые качества и способствует «мягкому» сгоранию. Высокое содержание в ДМЭ связанного кислорода (35%) повышает равномерность распределения в камере сгорания, препятствуя образованию NO_x , наиболее агрессивного компонента

дизельного топлива. Использование диметилэфира – это практически полное отсутствие дымности отработавших газов и значительное снижение шума от двигателя.

Немаловажно и то, что по физическим свойствам ДМЭ подобен пропан-бутановым газам, нашедшим широкое применение в качестве альтернативного топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Основным недостатком ДМЭ является малая кинематическая вязкость (на порядок меньше, чем дизельного топлива), в результате чего затрудняется герметизация подвижных узлов уплотнения топливной аппаратуры, а также повышается склонность к задирам прецизионных трущихся пар. По сравнению со сжиженным природным газом теплотворная способность на тонну диметилэфира на 45% ниже теплотворности на тонну сжиженного природного газа. Для производства диметилэфира требуется не только более высокий уровень предварительных капиталовложений, но и больший объем сырьевого газа для производства продукта с эквивалентной теплотворной способностью. Для снижения выбросов CO и CH необходимо предусмотреть дополнительные меры конструкционного характера.

Адаптация обычных дизелей для работы на диметиловом эфире заключается в модернизации существующей топливоподающей аппаратуры. Поскольку плотность ДМЭ на 20%, а удельная массовая теплотворность на 32% ниже, чем дизельного топлива, для сохранения энергоемкости объемная подача ДМЭ в цилиндры двигателя должна быть значительно большей (объемная теплотворная способность ДМЭ составляет 18,2 МДж/л). Для устранения склонности к задирам прецизионных трущихся пар в конструкции топливоподающей аппаратуры принимаются специальные меры, например, подвод к плунжерным парам масла под давлением с целью их уплотнения, а также подмешивание к ДМЭ специальной противозадирной присадки. По зарубежным данным, этот компонент способствует увеличению кинематической вязкости ДМЭ до уровня дизельного топлива.

Получение ДМЭ

Переработка природного газа и других источников углерода (уголь, древесные остатки и т.п.) в моторные топлива в 21 веке становится одной из важнейших проблем газохимии. Синтез диметилового эфира (ДМЭ) и бензина через диметиловый эфир – одно из новых направлений в этой области [3].

Наличие в составе ДМЭ атома кислорода обеспечивают бездымное горение топлива, надежный холодный пуск двигателя, снижение уровня шума. В таблице представлены свойства дизельного топлива и альтернативных топлив.

Согласно оценкам и зарубежных, и отечественных специалистов, адаптация автотранспорта к новому топливу не встречает принципиальных затруднений [1, 3]. Серьезные затруднения могут возникнуть лишь в связи с необходимостью создания соответствующей инфраструктуры, роль которой имеющаяся «пропан-бутановая инфраструктура» может выполнить лишь частично, так что потребуются значительные инвестиции.

По физическим свойствам ДМЭ близок к пропан-бутановым смесям, так что могут быть использованы уже отработанные условия их хранения и транспорта.

Как универсальное, эффективное и экологически чистое топливо ДМЭ может быть использован более широко.

Однако, применение ДМЭ для дизельных двигателей транспортных средств является в настоящее время особенно актуальным из-за острой необходимости защиты окружающей среды городов и населённых пунктов [1, 2].

Некоторые свойства ДМЭ, дизельного и альтернативных топлив

Свойство	Диметиловый эфир	Дизельное топливо	Метанол	Этанол	Метан
Теплотворная способность, МДж/кг	28,8	42,5	19,5	25,0	50,0
Плотность, г/см ³	0,66	0,84	0,79	0,81	–
Цетановое число	55-60	40-55	5	8	–
Температура самовоспламенения, °С	235	250	450	420	650
Соотношение воздух/топливо	9,0	14,6	6,5	9,0	17,2
Температура кипения, °С	-25	180-370	65	78	-162
Теплота испарения при 20°С, кДж/кг	410	250	1110	904	–
Пределы воспламенения (в воздухе), %	3,4-18	0,6-6,5	5,5-26	3,5-15	5-15

Выводы и заключения. Несмотря на то, что на современном этапе еще существуют серьезные проблемы для широкого использования альтернативных топлив на транспорте можно ожидать, что интерес к применению ДМЭ в качестве топлива для дизелей будет возрастать. Также следует отметить:

- ДМЭ наряду с другими альтернативными топливами может играть существенную роль в изменении климата и уменьшению выбросов парниковых газов;
- ДМЭ уже используются в промышленно развитых странах, получая серьезную поддержку со стороны правительств и международных организаций;

Однако остается много вопросов, среди главных можно отметить – развитие и коммерциализация передовых эффективных технологий для производств ДМЭ.

Имеются несколько важных факторов могут привести к более широкому применению ДМЭ, среди которых:

- Более активная политика по диверсификации энергоносителей;
- Ужесточение требований по защите окружающей среды и повышения качества воздуха.

Список литературы

1. Альтернативные источники энергии для транспорта и энергетики больших городов. Тез. докладов межд. конференции. – М.: Изд-во Прима-Пресс-М. 100 с.
2. Беляев С.В., Беляев В.В Топлива для современных и перспективных автомобилей. Петрозаводск: ПетрГУ, 2005. 236 с.
3. Розовский А.Я. Диметиловый эфир и бензин из природного газа // Рос.хим. журнал. 2003. С. 653-651.
4. Воропай Н.И. Глобальные тенденции в энергетике на рубеже столетий // Энергия: экономика, техника, экология. № 12. 2000. С. 38-31.
5. Интернет ресурс: <http://altfuel.com>.

ТОПЛИВНЫЙ ЭТАНОЛ – ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Беляев С.В.

доцент кафедры транспортных и технологических машин и
оборудования института лесных, горных и строительных наук,
Петрозаводский государственный университет, Россия, г. Петрозаводск

Давыдков Г.А.

доцент кафедры транспортных и технологических машин и
оборудования института лесных, горных и строительных наук,
Петрозаводский государственный университет, Россия, г. Петрозаводск

В статье дается анализ применения топливного этанола в двигателях внутреннего сгорания современных автомобилей. Одним из значимых направлений, позволяющих, с одной стороны существенно сократить выбросы вредных веществ, а с другой снизить потребление нефтяных топлив, является применение бензоспиртовых топлив.

Ключевые слова: топливный этанол, бензоспиртовые смеси, автомобильный транспорт.

Для специалистов известно, что значительная часть мирового потребления энергоресурсов приходится на транспорт, прежде всего автомобильный [1]. Очевидно также, что решение многих проблем возможно только через развитие и внедрение энергосберегающих и экологически чистых транспортных технологий. Наиболее активно эти технологии развиваются и внедряются в странах, где запасы нефти и газа сильно ограничены, и в странах, где постоянно ужесточаются требования по охране окружающей среды, национальная политика которых ориентирована на применение более экологически чистых моторных топлив (США, Япония, Европа). Производители транспортных средств поставлены перед необходимостью развивать и внедрять в эксплуатацию все более энергетически эффективные и экологически чистые способы их приведения в движение – например, использование альтернативных видов топлива, к которым относятся спиртовые топлива, а в частности, топливный этанол [2, 3].

Автомобили, способные работать как на бензине, так и на спирто-бензиновых смесях в США называют «Flex-Fuel Vehicle» или FFV. В Бразилии такие автомобили называют «гибридными» [7].

Этанол как моторное топливо

Спирты – это производные углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на функциональную группу – ОН.

Этанол (этиловый спирт, метилкарбинол, винный спирт, гидроксид пентагидродикарбония, часто в просторечии просто «спирт» или алкоголь) – C_2H_5OH или CH_3-CH_2-OH , второй представитель гомологического ряда одноатомных спиртов. Легковоспламеняющаяся, бесцветная жидкость с характерным запахом, кипящая при температуре $78,3^{\circ}C$. Основным источником получения этанола в настоящее время служит возобновляемое растительное, растительное сырье (сахарный тростник, сахарная свекла, картофель, кукуруза и др.).

Принципиально ДВС с принудительным воспламенением могут работать на чистом спирте. Однако в настоящее время получают все большее развитие двигатели, работающие на бензоспиртовых смесях, в которые для предотвращения расслоения при хранении добавляют соответствующие присадки высоких спиртов [4].

За рубежом товарное топливо, представляющее из себя смесь бензина и этанола, имеет буквенночисловое обозначение: буква Е и число. Число обозначает процентное содержание этанола. Например: Е85 – означает смесь из 85% этанола и 15% бензина.

Основные свойства этанола, бензоспиртовой смеси Е85 в сравнении с бензином приведены в таблице.

Таблица

Сравнительные свойства бензина, этанола и Е85

Свойство	Этанол	Бензин (ОЧ 87)	Е85
Химическая формула	C_2H_5OH	C_4-C_{12}	-
Содержание, % по массе:			
С	52	85..88	57
Н	13	12..15	13
О	35	-	30
Октановый индекс, ОИ	98..100	86..94	96
Цетановое число	8	12..14	10
Низшая теплота сгорания, кДж	26000	44000	-
Бензиновый эквивалент, галлон	1,5	1	1,4
Пробег на 1 галлон, %	70	100	72
Потребное увеличение объема бака к бензиновому	1,5	-	1,4
Пределы воспламенения	3..19	1..8	2..14
Температура воспламенения, °С	363..404	255..370	-
Плотность kg/m^3 , при 20°С	789,3	720..770	-
Вероятность запуска двигателя при температурах ниже 0°С	низкая	высокая	удовл.
Изменение мощности двигателя	+ 5%	-	+ 3..5%
Стехиометрический состав смеси	1:9	1:14,7	1:10
Скрытая теплота испарения, кДж/кг	840	330..350	-
Температура вспышки, °С	13	-27..39	-
Температура кипения, °С	78,4	-	-

При малом содержании в бензине спирта последний выполняет лишь функцию антидетонационной присадки и его объемное содержание ставится в зависимость от климатических условий эксплуатации, влияющих на пусковые характеристики двигателя, от степени решения проблемы расслоения смеси топлив, желаемой степени снижения токсичности отработавших газов и так как бензоспиртовые смеси повышают экологические характеристики двигателей.

Сравнивая физико-химические свойства спиртовых и нефтяных моторных топлив можно сделать некоторые общие заключения. Близкие значения массовой теплотворности смеси стехиометрического состава для рассмотренных видов топлив, несмотря на существенно более низкие значения теплоты сгорания спиртов по сравнению с бензином, указывают на то, что использование в качестве топлива спиртов не должно оказать заметного влияния на мощностные показатели двигателей [5, 6].

Вместе с тем наличие значительного количества кислорода в составе спиртов предопределяет заметное уменьшение теоретически необходимого количества воздуха для сжигания 1кг спирта по сравнению с бензином топливом, вследствие чего

приспособление двигателей к работе на спиртах потребует внесения соответствующих изменений в топливоподающую систему и увеличенных емкостей для их хранения.

Высокая скрытая теплота испарения спиртовых топлив, особенно метанола, вызывает затруднения при холодном пуске двигателей.

Проблема в известной степени решается добавлением в спиртные топлива низкомолекулярных ароматических углеводородов или эфиров. Для устойчивости работы в режиме прогрева использование спирты требует более высокой энергии искрового разряда в свечах зажигания, по сравнению с бензином.

Низкая вязкость спиртов затрудняет смазку топливо-подающей аппаратуры, а относительно высокая электропроводность совместно с высоким содержанием в спиртах кислорода вызывает необходимость решения проблем, связанных с коррозией и химическим разрушением материалов, контактирующих со спиртовым топливом.

В России для производства топливных спиртов имеется достаточно серьезная сырьевая, технологическая и промышленная база.

Развивая технологии применения бензоспиртовых топлив в России можно с одинаково успешно решить комплекс социально-экономических задач.

Заключение

Резюмируя можно отметить основные факторы, стимулирующие распространение этанола в качестве топлива массового потребления:

- этанол проверенное практикой топливо для мобильных транспортных средств, одобренное как в чистом виде, так и в качестве добавок к бензинам, для повышения их экологических и антидетонационных свойств;
- производство этанола, возможно, организовать из любого органического сырья, что в дальнейшем может привести к снижению его себестоимости;
- этанол содержит больше энергии, чем требуется для его производства;
- этанол биоразлагающееся вещество, как в воде, так и в почве;
- производство этанола способствует развитию экономики и занятости в аграрноориентированных районах;
- эффективное применение топливного этанола потребует значительного повышения уровня технического состояния средств хранения и транспортирования горючего, заправки техники.
- этанол повышает конкурентно способность через развитие новых технологий. Использование в качестве сырья лигнинов и других органических отходов деревообрабатывающей и сельскохозяйственной промышленности может в перспективе повысить энергетическую безопасность и значительно сократить выбросы парниковых газов.

Список литературы

1. Беляев С.В., Беляев В.В. Топлива для современных и перспективных автомобилей. – Петрозавдск: ПетГУ, 2005. 236 с.
2. Макаров Б.В., Петрышкин А.А. и др. Спирты как добавки к бензинам // Автомобильная промышленность. 2005. №8. С. 24-26.
3. Brusstar M. Sustainable Technology Chooses for Alternative Fuels. USAF XV // International symposium on Alcohol Fuels. September 2005 web: <http://www.epa.gov>
4. E85 as a vehicle Fuel. AEVI. <http://www.doe>
5. Fuel Ethanol. Industry Guidelines, specifications and Procedures. December 2003. Renewable Fuels Association. <http://www.ethanolrfa.org>

6. Launder K. From promise to purpose: opportunities and constraints for ethanol-based transportation fuels // MSU. DRD. 2001. P. 49.

7. Swarz A. An Introduction to Fuel Ethanol // Briefing to the Sao Paulo Sugar Cane Agroindustry Union, Sao Paulo, Brasil, February 2005.

ВЫБОР ДИАГНОСТИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА БИОТОПЛИВЕ

Бодякина Т.В.

аспирант кафедры ТС и ОД инженерного факультета,
Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского,
Россия, г. Иркутск

Бураев М.К.

профессор кафедры ТС и ОД, доктор технических наук,
Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского,
Россия, г. Иркутск

Болоев П.А.

профессор кафедры машиноведения, доктор технических наук,
Бурятский государственный университет, Россия, г. Иркутск

Елтошкина Е.В.

доцент кафедры математики инженерного факультета, кандидат технических наук,
Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского,
Россия, г. Иркутск

В статье проведен анализ литературных источников по техническому обслуживанию, диагностированию и ремонту сельскохозяйственной техники в РФ. Рассмотрены разные подходы к выбору диагностируемых параметров. Представлены исследования по выявлению закономерностей изменения технического состояния деталей, узлов и механизмов машин по функциональной и структурной диагностике, обоснованию допусков на диагностируемые параметры, а также разработана методика прогнозирования остаточного ресурса элементов машин. Для повышения экономической эффективности крестьянско-фермерских хозяйств можно использовать различные виды альтернативных топлив. В России для дизельных двигателей в качестве топлива применяются различные топлива на основе растительных масел. Используются смеси нефтяных с растительными маслами и альтернативными топливами, а также сложные эфиры растительных масел.

Ключевые слова: диагностируемые параметры, диагностика, ремонт, растительные масла, биодизельное топливо.

Важную роль в эффективной эксплуатации машин играет техническое состояние. Машины и их механизмы, агрегаты подвергаются воздействию различных факторов в процессе работы, которые могут носить как случайный характер, так и детерминированный. Для поддержания на определенном уровне технического состояния машины необходимо проводить определенные мероприятия, которые представляют собой определенную систему технического обслуживания и ремонта. Техническое диагностирование является составной частью системы технического обслуживания и ремонта, его информационной базой.

С целью определения вида и объема технического обслуживания или ремонта,

а также остаточного ресурса отдельных частей и объекта в целом проводится техническая диагностика, представляющая собой отрасль знаний, исследующей техническое состояние объектов.

Важный характер в настоящее время носят вопросы контроля работоспособности и качества работы машинно-тракторного агрегата. Они рассматриваются как основные в повышении эффективности сельскохозяйственной техники [1, 2, 4, 6]. Своевременный контроль эксплуатационных показателей и устранение неисправностей позволяет улучшить показатели работы и надежность. При анализе литературы выявлено, что наибольшую эффективность дает автоматизированный контроль.

Для диагностирования и автоматизированного учета и контроля работы машинно-тракторного агрегата требуется решить такие задачи, как выбор контролируемых параметров и их допусков, обоснование диагностируемых параметров и средств измерений, периодичность и непрерывность контроля, организация диагностирования и др.

Существуют разные подходы к выбору и обоснованию диагностируемых параметров. В работе Бельских В.И. рассмотрены показатели технического состояния тракторов, выбранные конструктивно. А также имеются работы, в которых выбор диагностируемых параметров основан на параметрах «годен» и «не годен». В качестве критерия выбора взята вероятность P_{ei} выхода параметра за пределы допустимых значений. Для контроля выбирают параметры, значения вероятностей которых больше или равно P_{ei+1} ($P_{ei+1} \leq P_{ei}$). Более приемлемым следует считать критерий для выбора диагностируемых параметров, основанный на взаимосвязи функциональных параметров с параметрами элементов.

В работах Павлова Б.В., Согомояна Е.С. и др. встречаются параметры, выбранные для диагностики и контроля по наиболее несущей информации.

Б.В. Павловым было предложено проводить ТО во время поломок машин. Это предложение обосновывалось тем, что работы на устранение поломки и профилактики могут быть совмещены, что значительно снизит затраты на ТО. В данном предположении не учитывается то, что поломки могут быть разные. Одни могут устраняться быстро, а другие требовать разборки машины.

М.С. Богомоллов предложил метод установления периодичности ТО по доверительному уровню вероятности появления отказов. Имеет те же недостатки, что и у предыдущих.

Организация технической диагностики в основном определяется ее видами. Поэлементная диагностика, комплексная диагностика и функциональная диагностика.

Согласно классификации С.А. Иофинова, функциональную диагностику следует применять при массовых осмотрах машин и при индивидуальных проверках их состояния.

Диагностику технического состояния узлов и механизмов машин рекомендуется проводить при ТО-1 и ТО-2 мастерами-наладчиками, а при ТО-3 – инженерами или техниками-диагностами.

Третий вид диагностики должен проводиться в мастерских с целью прогнозирования остаточного ресурса машин и их агрегатов.

В работах Б.А. Улитовского подробно рассмотрены вопросы технической диагностики двигателей.

Г.В. Веденяпин предложил способ поиска неисправностей, который предусматривает сбор предварительной информации, контроль на пуске и прогреве, на холостом ходу, под нагрузкой и специальные операции контроля.

Н. Шевцов и Е. Чечуров предложили рекомендацию поиска неисправностей, которая заключается в том, что двигатель проверяют по симптомам работы. Вначале проверяют наиболее вероятные причины неисправностей, затем те, которые вызваны неудовлетворительным проведением ежесменного ТО, далее – ТО-1, ТО-2 и т.д.

Для объективной и качественной оценки технического состояния нужны специальные приборы, приспособления, устройства и приемы контроля.

В связи с этим разработаны методы, приборы, приспособления для диагностики двигателя, его узлов и отдельных механизмов. На практике известны тормозной, бестормозной и парциальный методы определения основных эксплуатационных показателей тракторов. К основным эксплуатационным показателям трактора относятся мощность, расход топлива.

Н.С. Ждановский предложил бестормозной метод. Для упрощения подсчетов в полевых условиях по результатам бестормозных испытаний разработаны специальные таблицы и диаграммы.

Методов и средств диагностирования двигателей множество.

В настоящее время техническая диагностика значительно выросла в крупный раздел науки. Проведены многочисленные исследования по выявлению закономерностей изменения технического состояния деталей, узлов и механизмов машин по функциональной и структурной диагностике, обоснованию допусков на диагностируемые параметры и разработана методика прогнозирования остаточного ресурса элементов машин.

Широко известны диагностические комплекты и приборы СибИМЭ, Рязанского, Волгоградского и других.

В развитие данного направления большой вклад внесли Г.В. Веденяпин, С.А. Иофинов, Н.С. Ждановский, В.М. Михлин, Б.В. Павлов, И.П. Терских, Б.А. Улитовский и др.

В настоящее время для безразборной проверки технического состояния разработано и изготовлено много измерительных приборов, устройств и приспособлений. Несмотря на это в практику, внедряются слабо. Это объясняется тем, что часть приборов сложна по устройству и дорого стоит. Дальнейшее совершенствование системы технического обслуживания невозможно без технической диагностики.

К основным эксплуатационным показателям технологического процесса относятся:

- качественные показатели технологического процесса K ;
- производительность W ;
- скорость движения V ;
- частота вращения коленчатого вала двигателя n_d ;
- расход топлива G ;
- мощность N ;
- крутящий момент M и др.

Проанализируем перечисленные показатели с целью определения необходимости и возможности их диагностирования.

Диагностика и техническое обслуживание предназначены для поддержания технического состояния машин нормальным. Качество работ, производительность

машинно-тракторного агрегата, расход топлива и стоимость работ принять за обобщающий оценочный показатель работы машинно-тракторного агрегата. На основании их контроля можно решить вопрос о необходимости диагностирования и ТО. Показатель стоимости работ используем для определения возможности диагностики и профилактики, а также ремонта.

Приведенный анализ показывает, что все перечисленные эксплуатационные показатели взаимосвязаны между собой и зависят от технического состояния трактора. Опираясь на приведенный анализ, основные эксплуатационные показатели будем считать обобщающими диагностическими параметрами.

Для снижения производственных затрат крестьянско-фермерских хозяйств можно использовать различные виды альтернативных топлив.

Наиболее перспективным считается получение в качестве компонентов топлива различных эфиров жирных кислот. Это направление используется в Чехии, Германии, Франции, Австрии и других странах. Западный вариант заключается в создании заводов для получения биотоплива из растительных масел большой производительности (свыше 200000 т в год). Стоимость таких заводов очень высокая – порядка 140 млн. рублей, при этом обеспечить их соответствующим сырьем отечественных товаропроизводителей становится весьма проблематично.

Первые положительные испытания метиловых эфиров рапсового масла были проведены в Визельбурге (Австрия), где был построен первый опытный завод по производству биотоплива. Первые стандарты на биодизельное топливо были разработаны и опубликованы в Австрии в 1990 г. они же стали, впоследствии, международными.

В качестве топлива в России для дизельных двигателей применяются различные топлива на основе растительных масел. Применяют смеси нефтяных с растительными маслами и альтернативными топливами, а также сложные эфиры растительных масел [3, 5].

Для обеспечения автотранспорта топливом более пригодны сложные эфиры растительных масел метиловые, этиловые и бутиловые, которые получают при обработке спиртами растительных масел [3, 5].

Практическое применение получили метиловые эфиры растительных масел. Их называют еще биодизельным топливом. Получают такое топливо с помощью разных методов смесеобразования.

Работ, посвященных комплексному исследованию получения биотоплива и его свойств, включая описание технологического процесса (или изучение отдельных его стадий) в научной литературе крайне мало – имеются лишь общие фразы о реакции этерификации, хотя правильнее эту реакцию следует назвать реакцией переэтерификации, поскольку свободных кислот в растительном масле мало.

Из-за пониженной теплоты сгорания топливная экономичность двигателя несколько ухудшается, а при длительной работе на его стенках наблюдается повышенное количество углеродистых отложений. Эксплуатационные свойства растительных масел могут быть улучшены путем их очистки или введения специальных присадок. Большое разнообразие в строении молекул ацилглицеридов различных масел существенно влияет на их физические и химические свойства. Свойства жирных кислот, образующих ацилглицериды, определенным образом влияют на физико-химические свойства масел, в состав которых они входят. Поэтому знание жирнокислотного состава растительного масла имеет большое значение.

Вывод. Затраты на проведение технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных тракторов будет зависеть не только от технологии диагностирования, технического обслуживания и ремонта, но и от используемого моторного топлива, приготовленного в условиях КФХ. Таким образом, основные эксплуатационные показатели будем считать обобщающими диагностическими параметрами дизельных двигателей при работе на биотопливе.

Список литературы

1. Аллилуев В.А. Техническая диагностика тракторов и сложных сельскохозяйственных машин на индустриальной основе: автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Л., 1983. – 39 с.
2. Бельский, В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1980. – 575 с.
3. Девянин, С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – М.: Изд. Центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 340 с.
4. Мартынов Б.Г. Обоснование набора диагностических средств в зависимости от условий их применения // Науч. труды ЛСХИ. – Л., 1990. – С. 30-34.
5. Савельев Г.С. Современные возможности использования рапсового масла в качестве топлива в дизельных двигателях / Л.Ю. Измайлов, М.Н. Кочетков // С.-х. машины и технологии. №5, 2009. – С. 20-23.
6. Терских И.П. Функциональная диагностика машинно-тракторных агрегатов. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 1987. – 312 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ МОБИЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Брусенцев А.Г.

д-р физ.-мат. наук, профессор,

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
Россия, г. Белгород

Зарудный А.В.

аспирант, Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова, Россия, г. Белгород

Мобильные устройства, используемые сотрудниками для выполнения своих обязанностей, способны повысить эффективность работы компании, но и приносят новые риски. В статье классифицированы эти угрозы, а также определены существующие способы защиты от них. Выполнено сравнение подходов MDM и MAM, способных оказывать влияние на утраченное мобильное устройство. Рассмотрена технология предотвращения утечек конфиденциальной информации из информационной системы вовне (DLP), и определено, что при её внедрении возникает потребность в специальной инструментарии для помощи компании в категоризации информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, корпоративные мобильные устройства, предотвращение утечек конфиденциальной информации, категоризации информации, анализ исходящего трафика.

Проникновение мобильных устройств на рабочие места сегодня происходит невиданными темпами. Многие компании уже считают мобильность сотрудников ключевым фактором своего успешного развития и реальным конкурентным преиму-

ществом, так как предоставление доступа к корпоративным информационным системам из любого места и в любое время – это возможность значительно интенсифицировать работу сотрудников и повысить эффективность всей компании.

При этом основными моделями использования корпоративных мобильных устройств являются следующие:

BYOD (Bring Your Own Device, «принеси свое устройство») – использование для выполнения рабочих задач личных устройств сотрудников;

COPE (Corporate-Owned, Personally-Enabled, «корпоративное устройство, управляемое пользователем») – использование работником мобильных устройств, принадлежащих работодателю и обслуживаемых им, не только для работы, но и в личных целях;

CYOD (Choose Your Own Device, «выбери свое устройство») – в отличие от предыдущей, работнику не разрешается использовать устройство, выданное работодателем, в личных целях.

Каждая из приведенных моделей имеет свои достоинства и недостатки. Основным недостатком BYOD являются необходимость оформления значительного объема документов, регламентирующих порядок обработки информации работодателя, права и обязанности пользователя при работе с данным устройством, а также отсутствие правовых оснований по изъятию этого устройства у работника при его увольнении.

При использовании модели CYOD необходима строгая регламентация возможных вариантов использования устройства, технические настройки безопасности, не позволяющие пользователю осуществлять работу с неразрешенным программным обеспечением.

Вместе с преимуществами «мобилизации» у компании появляются новые проблемы, среди которых особенно важно отметить возникающие риски угроз информационной безопасности. В силу некоторой специфики мобильных устройств эти риски имеют свои специфические угрозы, а характерные для остальных информационных ресурсов угрозы приобретают определенные особенности (таблица).

Таблица

Риски информационной безопасности, возникающие при использовании мобильных корпоративных устройств и способы защиты от них

Риски информационной безопасности	Способы защиты
1	2
Вредоносное программное обеспечение	Использование мобильных устройств, операционные системы которых предусматривают возможность изолированного запуска приложений, т.н. "песочницу" (Sandbox) – iOS, Windows Phone, Кнох. Использование программ-антивирусов, охватывающий все указанные платформы
Наличие уязвимостей и недеklarированных возможностей	Своевременная установка обновлений системы и исключение возможности отключения встроенных средств защиты системы (Root, Jailbreaking и т.п.)
Перехват информации в процессе обмена между узлами (устройствами)	Использование шифрования, осуществляемого ГОСТовыми алгоритмами и криптографических средств, имеющих действующие сертификаты

1	2
Беспроводные точки доступа в локальную вычислительную сеть организации	Для минимизации указанной угрозы необходимо выводить беспроводные точки доступа в отдельный сегмент сети, где нет критических информационных ресурсов. Кроме того, целесообразно проводить частую смену паролей доступа к этим точкам
Подмена узлов или данных при передаче	Для минимизации угрозы при соединении устройства с корпоративным информационным ресурсом рекомендуется использование VPN-сетей, которые могут как строиться на основе программных продуктов (например, технологии ViPNet), так и арендоваться у оператора мобильной связи
Утечки по каналу побочных электромагнитных излучений и наводок.	Исключение обработки информации высокой важности за пределами контролируемой территории (как это, например, делается на режимных объектах, где обрабатываются сведения, составляющие государственную тайну)
Постановка или использование помех	Угрозы таким свойствам информации, как конфиденциальность и целостность, данная атака, как правило, не наносит. В то же время фактор возникновения помех и невозможности подключения к корпоративным ресурсам для работы или выдачи своевременного распоряжения необходимо учитывать при планировании своей деятельности
Утрата мобильного устройства	Снизить риски несанкционированного доступа к информации позволит применение различных способов авторизации (пароль, биометрическая аутентификация), а также шифрование имеющейся на устройстве информации. Большими возможностями оказывать влияние на утраченное мобильное устройство обладают подходы MDM (Mobile Device Management) и MAM (Mobile Application Management). С их помощью возможно удаленное уничтожение информации на мобильном устройстве, поиск мобильного устройства, блокировка и информирование лица, его нашедшего, о способе возврата.
Угроза, исходящая от самого сотрудника: возможность передачи конфиденциальной информации третьим лицам по неконтролируемым каналам	Использование комплекса программных и технических средств DLP (Data Loss Prevention). Этот тип программного обеспечения устанавливается на компьютеры сотрудников и корпоративные серверы и позволяет отслеживать все их действия в интернете, а также переписку и обмен информацией. Кроме того, стандарт безопасности подразумевает применение защищенных сетевых протоколов. Конкурентным преимуществом большинства систем является модуль анализа

При использовании подхода MAM не предоставляются права на все устройство, а управление ограничивается только приложениями и данными, относящимися к этим приложениям (рисунок). В случае утери устройства администратор посылает сигнал на стирание только корпоративной информации с устройства или блокировку входа пользователя только в корпоративное рабочее пространство и корпоративные приложения. Если владелец найдет свой потерянный телефон или планшет, то в данном случае он не потеряет ничего личного. MAM позволяет с удобством использовать корпоративное устройство как личное, корпоративная информация и корпоративные приложения при этом находятся в так называемом «контейнере», а личная информация и личные приложения – вне контейнера.

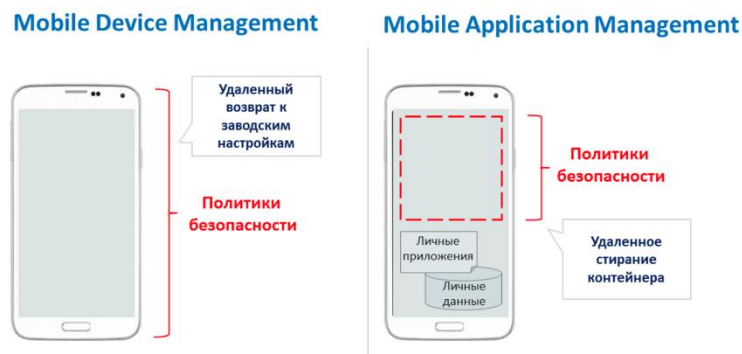


Рис. Сравнение подходов MDM и MAM

DLP (Data Loss Prevention) – технологии предотвращения утечек конфиденциальной информации из информационной системы вовне, а также технические устройства (программные или программно-аппаратные) для такого предотвращения утечек. Можно выделить три этапа взаимодействия с клиентом в DLP-проекте. На первом этапе команда вендора, интегратора и заказчика совместно разбираются с объектами защиты, выясняют, какую именно конфиденциальную информацию будет отслеживаться в компании. При этом возникает потребность в специальной инструментарию для помощи компании в категоризации информации. В дальнейшем, на втором этапе, при анализе исходящего трафика, система сможет определять, к какой категории или категориям относится исходящий документ, сопоставлять его с уже имеющимися образцами и в случае необходимости сообщать об угрозе или блокировать отправку (в зависимости от настроек). Третий этап предполагает работу с системой, когда инцидент уже произошел. При соблюдении в компании ряда процедур данные системы могут использоваться в качестве доказательства в суде.

Мобильность ради повышения эффективности – это несомненное достоинство для бизнеса, однако на другой чаше весов оказываются вопросы управления настройками и защита корпоративных данных, находящихся на мобильных устройствах. Главное в этой ситуации найти баланс между защитой данных и удобством доступа к ним, и обеспечить этот баланс на протяжении всего жизненного цикла мобильных устройств в компании. При этом возникает потребность в разработке специального инструментарию для помощи компании в категоризации информации, выполняемой на этапе внедрения в компанию технологии предотвращения утечек конфиденциальной информации из информационной системы вовне DLP.

Список литературы

1. Малюк А.А. Информационная безопасность: концептуальные и методологические основы защиты информации. М.: ГЛТ, 2004. 280 с.
2. Системы предотвращения утечек конфиденциальной информации (DLP). URL: https://studbooks.net/2259633/informatika/sistemy_predotvrascheniya_utechek_konfidentsialnoy_informatsii_dlp (дата обращения: 24.10.2018).
3. Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2006 г. N 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
4. Шаньгин В.Ф. Информационная безопасность и защита информации. М.: ДМК, 2014. 702 с.
5. Ярочкин В.И. Информационная безопасность. М.: Академический проект, 2008. 544 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ИТ-ПРОФЕССИОНАЛОВ СРЕДСТВАМИ РЕШЕНИЙ КЛАССА ERP

Еремина И.И.

доцент кафедры Бизнес-информатики и математических методов в экономике, канд. пед. наук, доцент, профессор РАЕ, Набережночелнинский институт (филиал) Казанского (Приволжского) федерального университета, Россия, г. Набережные Челны

В результате долголетней работы в системе профессионального образования и на кафедре бизнес-информатики и математических методов в экономике экономического отделения Набережночелнинского института КФУ был накоплен определенный успешный опыт подготовки ИТ-профессионалов со знанием программных продуктов «1С». Формализовать и предложить его в качестве универсальной модели конечно нельзя, но основные моменты могут быть вполне интересны и применимы в других учебных заведениях.

Ключевые слова: программные продукты 1С, учебно-методический комплекс, информационные технологии, облачные технологии.

Государство, система образования и предприятия сферы информационных технологий уже много лет ведут совместную системную работу по устранению кадрового дефицита в ИТ-отрасли. С 2015 года государственный заказ на ИТ-специалистов уже вырос более чем на 70% (с 25 тысяч до более чем 42,5 тысяч бюджетных мест) [1]. Однако даже в этом случае перспективы выпуска бакалавров в среднем по России в 2020 г. составят лишь 0,03% от численности экономически активного населения (ЭАН). При этом по оценкам Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий (АПКИТ) только для восполнения ротации ИТ-кадров при их численности на уровне развитых стран (3% от ЭАН) требуется ежегодный приток не менее 0,1% ЭАН [2].

Не меньшего внимания требует качество подготовки специалистов. Таким образом, разработка и модернизация ОПОП подготовки высококвалифицированных кадров для ИТ-отрасли является в наше время наиболее приоритетной задачей образовательных организаций высшего образования.

В результате долголетней работы в системе профессионального образования и на кафедре бизнес-информатики и математических методов в экономике экономического отделения Набережночелнинского института КФУ был накоплен определенный успешный опыт подготовки ИТ-профессионалов со знанием программных продуктов «1С». Формализовать и предложить его в качестве универсальной модели конечно нельзя, но основные моменты могут быть вполне интересны и применимы в других учебных заведениях.

Основным содержанием подготовки ИТ-профессионалов по направлениям **09.03.03** (новый шифр по ФГОС 3+) «Прикладная информатика в экономике» и **38.03.05** «Бизнес-информатика» является формирование компетенций в сфере информационных технологий, методов и средств разработки и сопровождения информационных систем для различных предметных областей на современном научно-техническом уровне.

Студенты младших курсов знакомятся с историей развития информационных технологий, архитектурой и устройством компьютеров и коммуникационных систем, изучают теоретические основы экономических информационных систем. На

основе полученных теоретических знаний и в параллель с изучением экономических дисциплин студенты погружаются в освоение методов и средств информационных технологий.

Первоначальное знакомство с программными продуктами «1С» студентов данных направлений происходит на первом курсе при изучении дисциплины Алгоритмизация и программирование (Программирование). Студенты осваивают интерфейс платформы, элементы программирования в «1С».

На третьем курсе в рамках дисциплины Проектирование и разработка корпоративных систем (Системы управления базами данных) предусматривается рассмотрение информационного, технического, технологического и эргономического обеспечения информационных систем. На практических занятиях применяется программа типовой конфигурации «1С:Бухгалтерия 8». Занятия проходят в компьютерных классах с использованием сетевой версии программы. Основное внимание на этом этапе обучения отводится изучению состава и содержания справочников, изначально представленных в программе; изучению состава реквизитов шаблонов форм первичных документов; анализируется содержание различных хронологических журналов (проводок, операций и других). На практических занятиях студенты осваивают всю технологическую цепочку, реализуемую на рабочем месте пользователя. Студенты приобретают навыки выполнения различных технологических операций (от ввода исходных данных до формирования отчетов) на основе материалов контрольного примера. Таким образом, практическая работа студентов является иллюстрацией по теме «Информационные технологии конечного пользователя».

Учебным планом предусмотрена дисциплина «Проектный практикум». Студенты вновь встречаются с готовой конфигурацией «1С:Бухгалтерия 8», но работа с программой проходит в другом аспекте. Учебно-методический комплекс этой дисциплины ориентирован на программу «1С:Бухгалтерия 8» как на базу освоения технологических возможностей экономических программ. Один из разделов посвящен продолжению работы с программой «1С:Бухгалтерия 8» мощного инструмента в решении огромного числа организационно-экономического управления любой организацией. Студенты осваивают элементы программирования в «1С», приобретают навыки конфигурирования, приобретают опыт создания приложений на основе платформы «1С:Предприятие 8», знакомятся с подходами к внедрению программ семейства «1С» на предприятиях различных отраслей экономики. Другой раздел посвящен освоению возможностей программного продукта «1С: Управление небольшой фирмой», являющимся пропедевтикой применения корпоративных информационных систем. На этом этапе активно используются облачные технологии. Облачные технологии (cloud computing) предполагают использование интернет ресурсов для создания, хранения, представления, обмена и обработки информации. Учебном процессе сервис <https://edu.1cfresh.com/> огромным подспорьем в организации и проведении занятий со студентами.

Кроме того, на третьем же курсе при изучении дисциплины «Проектирование информационных систем» будущему ИТ-профессионалу в области экономики, специалисту по финансам и управлению важно получить представление о практике применения корпоративных информационных систем, непосредственно в ходе учебных занятий попробовать себя на месте руководителя, принимающего решения, от которых зависит успешность предприятия. Такую возможность дает использование в учебном процессе программного продукта Фирмы «1С» – «1С:ERP Управление

предприятием 2.1.2.86». И в этом случае мы используем «в облаке edu.1cfresh.com» каркасную и учебную базы для ведения регламентированного учета.

Знакомство с программным продуктом «1С:ERP Управление предприятием 2.1.2.86» направлено на формирование у студентов системы взаимосвязанных знаний о практическом применении ERP-решений, готовности и способности использования их в своей трудовой деятельности. Широкое применение «1С:ERP Управление предприятием 2.1.2.86» на российских, украинских и казахстанских предприятиях выступает гарантией востребованности получаемых знаний со стороны работодателей.

На четвертом курсе на основе полученных теоретических знаний и в параллель с изучением экономических дисциплин студенты погружаются в освоение методов и средств информационных технологий. Выпускные квалификационные работы студентов имеют практическую направленность и зачастую используются организациями в своей работе. Выпускные работы студентов ИТ-направления выполняются и по заказу градообразующего предприятия «КАМАЗ», комитетов финансов, образования информатизации и связи, банков и финансовых организаций Набережных Челнов и Закамского региона, и многих др. Опыт применения ИТ в учебном процессе можно описать по таким составляющим, как техническое, программное, методическое, кадровое и информационное обеспечение, а достижения студентов могут иллюстрировать его эффективность. Таким образом, студентам направлений подготовки «Прикладная информатика (в экономике)» и «Бизнес-информатика» созданы условия преемственности при изучении специализированных программ фирмы «1С» в различных аспектах, учитывая содержание основных образовательных программ.

Магистральным направлением развития кафедры является повышение качества образовательных услуг, стандартизация преподавания и методического обеспечения всех читаемых дисциплин, еще более тесная связь экономических и технологических дисциплин, развитие творчества и инициативы студентов и аспирантов, организация постоянно действующих семинаров и школ (факультативов) совместно с внешними компаниями и фирмами по следующим направлениям:

- методы и средства проектирования системы информационных технологий;
- моделирование бизнес-процессов;
- информационные технологии линейки продуктов компании IBM, Microsoft, 1С;
- корпоративные информационные системы и технологии (крупно-масштабные базы данных, хранилища данных, корпоративные порталы).

Ключевыми факторами для поддержки современных информационных технологий является сохранность и укрепление материально-технической базы компьютерных классов, дальнейший рост квалификации профессорско-преподавательского состава, создание методических материалов в формате сайтов и электронных образовательных ресурсов учебных модулей, работа по сертификации специалистов из числа студентов, аспирантов и магистрантов.

«Учебная практика», «Производственная практика» на базе кафедры Бизнес-информатики и математических методов в экономике НЧИ КФУ по договору о сотрудничестве и обучению работе с программными продуктами фирмы "1С" позволила организовать занятия по изучению сертифицированного курса фирмы 1С «Азы программирования в системе «1С: Предприятие 8.3»». Студенты 1 и 2 курса полу-

чили знания и практические навыки, касающиеся получения навыков конфигурирования, освоения на начальном уровне языка запросов и механизма компоновки данных, а также приобретения начальных навыков программирования для решения учетных задач. В результате обучающиеся получили сертификаты, удостоверяющие о прослушивании сертифицированного курса.

Одним из самых эффективных мероприятий по организации практик студентов с последующим трудоустройством на базе организаций партнерской сети фирмы «1С», как показала практика, стал «День 1С:Карьера», который уже традиционно проводится в ноябре месяце во многих городах России, Украины, Казахстана, Молдовы. В Набережных Челнах данное мероприятие проводится на базе нескольких вузов, в том числе Набережнчелнинского института КФУ с 2007 года, его официальным организатором выступает ООО «Фирма ЛИСТ» (официальный партнер фирмы «1С» в Набережных Челнах). Участие в «Дне 1С:Карьера» принимают ведущие фирмы-партнеры «1С», хорошо известные на татарстанском рынке информационных услуг: 1С-Рарус, Интелком, Внедренческий Центр СТИВ и др. На пленарной части с докладами выступают директора и ведущие специалисты фирм-партнеров. Также для студентов и выпускников НЧИ КУФ в рамках данного мероприятия представляется возможность пройти льготное тестирование «1С:Профессионал». За семь лет «День 1С:Карьеры» в НЧИ КФУ посетили более 3000 студентов и выпускников.

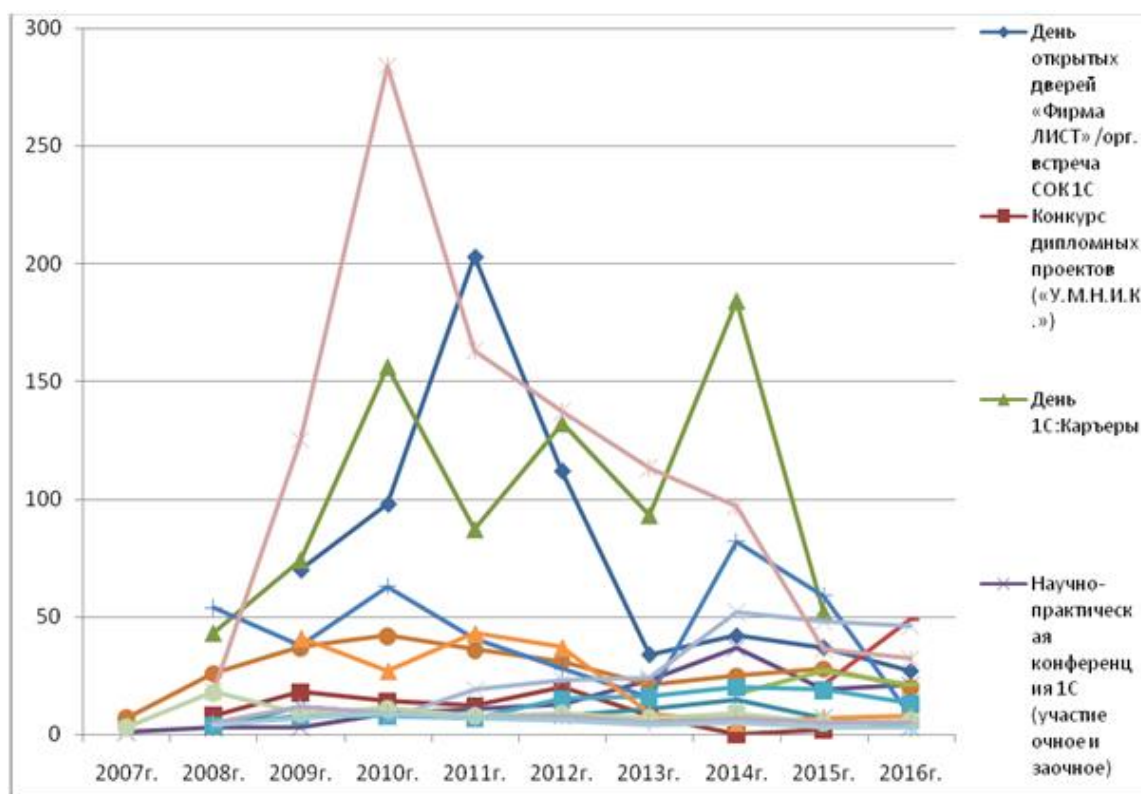


Рис.

Еще одним новым для НЧИ КФУ направлением работы стало участие в проекте WorldSkills Russia. WorldSkills International (WSI) [2]. Соревнования WorldSkills являются практико-ориентированными, участник этих соревнований не должен показывать какие-то уникальные знания в одной предметной области, он должен продемонстрировать широкий инженерный кругозор, который позволит ему решить полноценную инженерную задачу от начала и до конца за строго отведенное время.

Соревнования WorldSkills имеют новый формат, отличный от олимпиадных форм. В этом определяется еще одна особенность его проведения. Так, студенты демонстрируют приобретенные знания и навыки в течение 8-часового рабочего дня несколько дней. Большое задание разбивается на сессии по 4 часа. При этом, участники не имеют право пользоваться ни какими источниками, за исключением интернета, 15 минут в каждую сессию для получения справочной информации.

На выходе участник обязан предоставить полноценную работающую информационную систему, и чем большая функциональность системы будет доведена до конца и будет соответствовать предъявляемым требованиям, тем больший балл будет проставлен участнику.

Таким образом, в настоящее время возникает необходимость модернизации методики и инструментария, сопровождающего учебный процесс, позволяющие студентам ознакомиться с основными тенденциями информатизации профессиональной области, овладеть теоретическими основами по дисциплине, аппаратно-программным комплексом, практическими навыками использования информационных технологий в профессиональной деятельности.

Выводы

Спрос на ИТ-профессионалов, владеющих навыками бизнес аналитики и экономического анализа в среде современных информационных систем (ИС), очень высок. Информационные технологии оснащают и воспроизводят практически все методы, приемы финансового менеджмента, маркетинга и логистики, правила и инструкции бухгалтерского и налогового учетов, учетную политику и стандарты МСФО и управленческого учета. Поэтому все чаще в учебных программах подготовки бакалавров появляются дисциплины с целевой направленностью, раскрывающие применение информационных систем в управлении бизнесом и экономической деятельности на крупных предприятиях.

Таким образом, для подготовки в НЧИ КФУ бакалавров по направлениям «Прикладная информатика» и «Бизнес-информатика» обеспечивается практическая направленность обучения при сохранении необходимой теоретической базы. Для этого выделяется главное содержание подготовки, ориентируясь на передовой опыт ВУЗов и требования потенциальных работодателей к компетенциям выпускников. Умение работать с ПП «1С» расширяет диапазон трудоустройства выпускника, позволяет приобрести производственные навыки, что приносит уверенность в своих силах, а, следовательно, повышает профессионализм будущего ИТ-специалиста и его конкурентоспособность на рынке труда.

Список литературы

1. Приказ Минобрнауки РФ от 31.01.2014 №78 URL: <http://Минобрнауки.рф/документы/4783> (дата обращения 13.01.2017) Приказ Минобрнауки РФ от 27.01.2016 №40 URL:<http://Минобрнауки.рф/документы/7942> (дата обращения 13.01.2017).
2. Аналитическое исследование "ИТ-кадры в российской экономике", 2010 г. URL: <http://www.apkit.ru/committees/education/projects/itcadry2010.php> (дата обращения 13.01.2017).
4. Официальный сайт WORLDSKILLS RUSSIA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://worldskills.ru>. – (дата обращения: 28.01.2017).
5. Макаров Д.А., Задорнов К.С., Макарова И.А. Проведение комплексного экзамена по системе WorldSkills по специальности «Корпоративные информационные системы». Сборник научных трудов 17-й международной научно-практической конференции "Новые информационные технологии в образовании" (Инновации в экономике и образовании на базе технологических решений «1С») 31 января – 1 февраля 2017 г. / Под общ. ред. проф. Д.В. Чистова. Часть 1. – М.: ООО «1С-Публишинг», 2017. С. 74-77.

6. Eremina I.I., Ishmuradova I.I., Sibaeva G.R. Analysis Of Results Of Experimental Control Of Information Communication Competency Development Diagnostic Program For To-Be IT-Professionals Via Federal University Information Educational Environment Means // Журнал «Life Science Journal». 2014. №11(9). – С. 778-783.

8. Eremina I.I. Installation and testing of server component of the information educational environment of the university on the LMS Moodle platform. // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), Volume 10, Number 24 (2015), pp. 45417-45422.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ АРБОЛИТОВЫХ БЛОКОВ

Исакулов Б.Р.

доцент кафедры «Строительство», д-р техн. наук, доцент,
Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова,
Казахстан, г. Актюбе

Кульшаров Б.Б.

старший преподаватель кафедры «Строительство»,
Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова,
Казахстан, г. Актюбе

Жекеев С.У.

преподаватель кафедры «Строительство», магистр техники и технологии,
Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова,
Казахстан, г. Актюбе

Исакулов А.Б.

преподаватель кафедры «Строительство», магистр техники и технологии,
Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова,
Казахстан, г. Актюбе

В статье рассматривает исследование механические свойства крупных серосодержащих арболитовых блоков и обоснование эффективности их использования в жилищном строительстве. Исследования серосодержащего арболита при сжатии, растяжении, изгибе и срезе позволили получить достаточно достоверные значения механических характеристик данного исследуемого материала. Полученные результаты позволяет уменьшение трудозатраты машин и механизмов при возведении и монтажа стеновых материалов и повысить их прочностные показатели.

Ключевые слова: серосодержащий арболит, прочность при сжатии, плотность, крупные блоки, сжимающая сила, призмечная прочность.

Серосодержащие арболитовые блоки при своей небольшой плотности (600-650 кг/м³) имеют достаточно высокую прочность, позволяющую использовать их в качестве теплоизоляционно-конструкционного материала, удовлетворительную морозостойкость и хорошие теплотехнические показатели. Поэтому возникла необходимость определения их поведения при монтаже и эксплуатации.

Для опыта были использованы стеновые блоки изготовленных в Актюбинском заводе железобетонных изделий совместно с Актюбинским региональным государственным университетом им. К. Жубанова и Ивановским государственным политехническим университетом России. Для исследования прочности серосодержащего арболита были испытаны блоки по четырехрядной и двухрядной разрезке.

Размеры блоков достигали 1200x400x400 и 1200x200x400 мм. Исследованию подверглись блоки из серосодержащего арболита со средней плотностью 600-650 кг/м³. При исследовании прочности кладки стеновых блоков из серосодержащего арболита было произведено испытание более 10 образцов кладки из двух, трех и четырех крупных блоков на растворах с прочностью от 50 до 75 МПа. Кроме того, были испытаны образцы кладки на разных растворах.

Как известно, предел прочности при сжатии легких бетонов зависит от их плотности [1, с. 256-260; 2, с. 75-78; 3, с. 97-81; 4, с. 6-15]. Класс прочности и коэффициент однородности k серосодержащего арболита должен устанавливать и гарантировать завод-изготовитель. Для предварительных подсчетов сопротивлений коэффициент однородности k на заводах, где технология хорошо отработана, следует принимать равным 0,5. Для заводов, где технология производства недостаточно отработана $k = 0,25$. Анализ коэффициентов однородности для показателей прочности серосодержащего арболита показали, что их значение ниже чем у обычных бетонов, вследствие влияния изменчивости плотности. Исследования изменения прочности с течением времени показали, что предел прочности при сжатии серосодержащего арболита в первые два месяца возрастает на 28%, при дальнейшем хранении в естественных условиях в течение 180 сут прочность практически остается постоянной. Незначительные изменения прочности с течением времени следует отнести за счет изменения влажности опытных образцов. Серосодержащий конструкционный арболит является достаточно однородным материалом. Предел прочности его при сжатии, как показали испытания, не зависит от ориентации направления сжимающей силы.

Нами установлено, что разрушение крупных блоков носит хрупкий характер, однако, в отличие от призм появление первых трещин в блоках отмечается при нагрузках, составляющих 0,5-1 % от разрушающей нагрузки (а в отдельных случаях и раньше). Ранее появление трещин в крупных блоках, опорные поверхности которых достигают 5000 см² и более, объясняется тем, что на большой поверхности очень трудно создать равномерную передачу нагрузки. В блоках возникает местное перенапряжение на отдельных участках, что ведет к срезу одной части блока относительно другой. Как правило, первые трещины в блоках имеют продольное или слегка наклонное направление. После появления первых трещин, которые обычно отмечаются на противоположных широких гранях блоков, в них происходит перераспределение давлений, и они выдерживают значительную нагрузку – до 50% и более. Ранее появление трещин имеет место также в блоках с жестким фактурным слоем, который срезается при первых нагружениях. При разрушении в блоках появляются продольные наклонные и горизонтальные трещины, в результате чего происходит откалывание кусков блоков. Окончательное разрушение блока происходит от раздробления отдельных его частей.

Многочисленные исследования серосодержащего арболита при сжатии, растяжении, изгибе и срезе позволили получить достаточно достоверные значения механических характеристик данного исследуемого материала [5, с. 32-41, 6, с. 61-74, 7, с. 17-21]. В зависимости от плотности и класса прочности серосодержащего арболита могут быть рекомендованы следующие нормативные сопротивления в МПа (табл.).

Нормативные сопротивления серосодержащего арболита, МПа

Плотность, кг/м ³	Класс прочности	Предел прочности при			
		при осевом сжатии, МПа	при растя- жении, МПа	растяжения при изгибе, МПа	при срезе, МПа
550	В 1,5	0,75	3	6	5
600	В 2,0	1,0	6	10	8
650	В 2,5	1,25	10	16	14

Опыты показали, что в крупноблочной кладке при центральном сжатии возникают напряжения сжатия, растяжения, изгиба и среза, которые вызывают разрушение блоков в кладке. Первые трещины в образцах кладки на растворах низких марок появились при нагрузках 0,53-0,73 от разрушающих, а при кладке на растворах высоких марок – при нагрузках 0,69 – 0,96 от разрушающих. Опыты показали, что относительная прочность кладки из блоков при изменении марки раствора от 0 до 50 и выше соответственно менялось от 0,64 до 1. Повышенная деформативность и неравномерная плотность слабого раствора в горизонтальных швах, очевидно, явились причиной раннего появления трещин и разрушения образцов кладки на растворе низких марок.

Список литературы

1. Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Джумабаев М.Д., Сартова А.М. Разработка и исследование свойств вяжущих на основе отходов промышленности / Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Джумабаев М.Д., Сартова А.М. // Вестник Российской академии архитектурно-строительных наук. Курск; Воронеж, 2013. С. 256-260.
2. Акулова М.В., Исакулов, Б.Р. Механохимическая активация и детоксикация промышленных отходов для получения вяжущих легких бетонов / Исакулов Б.Р., Акулова М.В.// Вестник ВолГАСУ, Волгоград, 2013. С. 75-78.
3. Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Кульшаров Б.Б. Технологические особенности получения серосодержащих вяжущих, методика их исследования // Материалы международного сборника научных трудов МНПФ «SMARTEX» "Физико-химические и математические аспекты строительного материаловедения и технологий". ИВГПУ, г. Иваново, 2015. С. 97-81.
4. Соколова Ю. А., Акулова М.В., Имангазин Б.А., Толеуов Т. Ж. Исакулов Б.Р. Разработка состава и исследование характера формирования прочности арболитовых композитов на основе различных отходов промышленности и растительного сырья // Журнал «Научное обозрение» № 2. Саратов, 2017 г. С. 6-15.
5. Жив А.С., Исакулов Б.Р. Ресурсосберегающие технологии получения и исследования свойств арболита на основе серосодержащих вяжущих // Журнал «Научный Вестник ВГАСУ». №1(29). С. 32-41. Воронеж, 2013.
6. Isakulov B.R., Zhiv A.S. Resource-saving technologies for the production and research of the properties of wood concrete based on a sulfur-containing binder / B.R. Isakulov, A.S. Zhiv //Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture, 2014. № 3 (23). С. 61-74.
7. Issakulov B.R., Zhiv A.S., Zhiv Yu.A., Strelnikova A.S. Light concrete on the base of industrial and agricultural waste // В сборнике: 2nd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies 2010.

ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ КУМТОР: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Камчыбеков Д.К.

доктор технических наук, Ассоциация горнопромышленников и геологов,
Кыргызстан, г. Бишкек

В статье отражена история становления проекта, а также вклад в экономику республики, существующие проблемы и прогнозы на перспективу.

Ключевые слова: кумтор, бюджет, Центерра Голд Инк, стратегическое соглашение, концепция.

Кумторское золоторудное месторождение, расположенное в условиях высокогорья (на отметке 3900-4200 м) и на вечной мерзлоте является национальным богатством Кыргызстана, обрабатывается начиная с 1997 года. За 21 год на руднике Кумтор было произведено 359,82 тонн золота, от реализации которого был получен доход 8887,3 млн. \$, в том числе в 2017 году – 17,5 тонн золота, 681,2 млн. \$ дохода. В бюджет республики с начала освоения месторождения поступило 1341,6 млн. \$, в том числе в 2017 году 119,8 млн. \$.

С начала освоения Кумторского золоторудного месторождения (с 1997 г.) предприятие (проект) работает на основе трех юридических документов. С 1997-2003 годы (7 лет) Генерального соглашения, утвержденного в 1994 году. С 2004-2007 годы (4 года) нового соглашения, после реструктуризации «Кумтор голд компани», и образования компании «Центерра Голд инк», с передачей «Кумтор Голд Компани» в распоряжение «Центерра Голд инк». С 2008 года продолжается деятельность компании под руководством соглашения, утвержденного в апреле 2009 года законодательными органами Кыргызской Республики с введением в действие с января 2008 года. Данное соглашение составлено в 2007 году национальными специалистами-профессионалами и одобрено Правительством КР в августе 2007 года, в связи с роспуском парламента в ноябре 2007 года соглашение было утверждено парламентом нового созыва в апреле 2009 года с изменениями и дополнениями.

Таким образом, освоение Кумторского месторождения прошло в три этапа, которые характеризуются следующими признаками: первый этап –предприятием полностью руководили иностранные граждане типа Бориса Бирштейна, в деятельность предприятия были внедрены коррупционные элементы; второй этап – передача Кумторского месторождения вновь созданной иностранной компании «Центерра Голд Инк»; 3 этап – с 2008 года улучшена экономическая эффективность предприятия для Кыргызской Республики, были внесены изменения и дополнения в договор, а также внедрены рычаги влияния на управленческую деятельность компании правительственных органов и общественности республики.

Основные технико-экономические показатели Кумторского золоторудного месторождения («Кумтор Голд Компани») характеризуется следующими цифрами (см. таблицу):

Таблица

№ п/п	Показатели	I этап 1997-2003 гг. (7 лет)		II этап 2004-2007 гг. (4 года)		III этап 2008-2017 гг. (10 лет)		С начала освоения (21 год)		III этап по сравнению к II этапу
		Всего	В среднем в год	Всего	В среднем в год	Всего	В среднем в год	Всего	В среднем в год	
1.	Добыча золота, кг	139,15	19,5	54,77	13,69	166,6	16,6	359,82	17,1	Всего 85,0 %
2.	Доход от реализации, млн.\$	1381,4	197,3	835,0	208,0	6856,0	658,6	8887,3	423,2	3,4 раза
3.	Поступление денежных средств в бюджет КР, млн.\$	79,6	11,4	122,2	30,5	1126,16	112,1	1334,6	63,6	9,8 раз
4.	Оплата в республике (остались денежные средства в КР), млн.\$	357,0	45,3	356,7	89,2	2513,3	251,3	3478,1	165,3	5,6 раза
5.	Инвестиции (капвло- жения) в период экс- плуатации, млн.\$	39,4	5,4	200,9	52,2	2198,4	214	2427,4	115,6	Более 30 раз
6.	Расходы на геологи- ческую разведку, млн.\$	7,9	1,12	43,3	11,3	61,1	6,7	112,3	5,3	Около 6 раз

Как видно из таблицы технико-экономические показатели на III этапе растут в пользу Кыргызстана. Так например: отчисления в бюджет на III этапе в среднем в год выросли в 9,8 раз (на I этапе – 11,4 млн.\$ в год, в III этапе – 112,6 млн. \$), также выросли платы за услуги в 5,6 раз (остались денежные средства в Кыргызстане), инвестиции также увеличились. В «Кумтор Голд Компани» был создан дружный, интернациональный коллектив, способный решить любые производственные задачи. В коллективе хорошо налажена подготовка и воспитание кадров. Сегодня непосредственно в «Кумтор Голд Компани» числится около 3-х тысяч человек, более 97% из них являются гражданами Кыргызской Республики. Руководителями крупных производств на руднике являются кыргызстанцы. Созданы хорошие взаимоотношения между местными жителями и трудящимися компании. Таким образом, в результате больших настойчивых работ общественности Кыргызстана, в том числе специалистов-профессионалов Ассоциации горнопромышленников и геологов Кыргызской Республики «Кумтор Голд Компани» за последние 10 лет стал флагманом горной отрасли республики. Сейчас рудник оснащен передовой техникой: имеет 15 экскаваторов, с емкостью ковша 20 м³, около 100 автосамосвалов, грузоподъемностью более 120 тонн и другим горным оборудованием и техникой. Принимаемые руководством «Кумтор голд компани» меры по улучшению технологий освоения кумторского месторождения имеют положительную тенденцию. Увеличение запасов Центрального, Юго-восточного и Сарыторского участков до 142 тонн золота даст возможность увеличения срока работы рудника и после планируемого закрытия в 2023 году.

Безусловно, экономические показатели могли бы быть намного лучше, если бы ранее не были бы допущены политико-организационные ошибки в деятельности на I и II этапах работы Кумтора. В результате грубейшей ошибки, связанной с прекращением геологической разведки, в настоящее время не подготовлена сырьевая база для будущей работы, рудник будет сокращать добычу руды с 2023 года, и деятельность «Центерры Голд Инк» прекратится с 2026 года.

Какие будут последствия в связи с прекращением деятельности «Кумтор Голд Компани». По экономическим вопросам: будет сокращен по республике объем товарной продукции до 8-10%, экспорт продукции снизится до 50%, снизятся поступления в бюджет республики до 10 млрд. сомов, будут сокращены более 4,0 тысяч рабочих мест с высокими зарплатами. В связи с тем, что Кумторское золоторудное месторождение расположено в особых горно-технических условиях, появится новый район экологического неблагоприятного характера международного значения. Предусмотренные 69 млн. \$ для рекультивации объектов не обеспечат выполнение всех объемов рекультивационных работ. В будущем потребуется необходимость проведения мониторинга и наблюдений за этими опасными объектами не менее 15-20 лет с дополнительными затратами после окончания разработки Кумторского месторождения. Возникает вопрос: за счет каких средств будут выполняться эти работы в будущем?

Исходя из этих соображений специалисты Ассоциации, представленные горными инженерами и геологами, пришли к единому мнению о том, что останавливать деятельность «Кумтор Голд Компани» в экономическом и экологическом отношении не допустимо. Необходимо изыскать пути продолжения деятельности «Кумтор Голд Компани» еще не менее 15-20 лет, и повысить ответственность «Центерры Голд Инк» за экологическое состояние Кумторского месторождения.

В настоящее время не решенными являются следующие вопросы:

1. Чрезвычайно важным и принципиальным представляется то, что КГК не выделяет средств на развитие минерально-сырьевой базы Кыргызской Республики в размере 4% от валового дохода начиная с 2010 года в соответствии с п.53 (Б) Соглашения. Также вызывает озабоченность снижение коэффициента извлечения золота по сравнению с плановыми показателями, что по всей видимости связано с специфическими свойствами части руды, направляемой на переработку. Поэтому необходимо получить информацию о проделываемой работе по оптимизации технологического процесса на фабрике.

2. Вызывает беспокойство глубоко заложенные мотивы КГК по снижению запасов золота на 48 тонн, за которыми скрываются действия по выборочной хищнической разработке и как следствие, порчи запасов месторождения Кумтор, нарушающие статью 21-1 закона КР «О недрах». Так при анализе плана развития горных работ выявляются скрытые факты о том, что основное направление деятельности «Центерры» принято на разработку запасов месторождения, не требующих больших финансовых затрат, т.е. ими в ближайшие годы будут изъятые легкодоступные запасы. Кроме этого специалисты Ассоциации горнопромышленников и геологов Кыргызской Республики неоднократно отмечали, что в настоящее время КГК производит разработку подземных ресурсов открытым способом, тем самым «Центерра» нарушает норму, заложенную как в соглашении от 2003 года, так и от 2009 года, в соответствии с которой КГК за 24 месяца до предполагаемого прекращения открытых горных работ на карьере должен уведомить Правительство КР о своей позиции относительно разработки подземных ресурсов. Кроме этого «Центеррой» было произведено не аргументированное списание денежных средств в объеме 190 миллионов долларов США, затраченных на проходку 2-х подземных горных выработок. В связи с этим возникает резонный вопрос, почему члены Совета директоров в «Центерре», представляющие интересы Кыргызстана настоятельно не поднимали вышеотмеченные вопросы?

На основании вышеизложенного специалисты Ассоциации предлагают:

1. «Кумтор Голд Компани» является самым крупным инвестором в республике, поэтому взаимоотношения «Кумтор голд компани» с Правительством КР небезынтересны другим потенциальным зарубежным партнерам, рассматривающим возможность финансирования проектов в горнодобывающей отрасли Кыргызстана. Для сохранения привлекательного инвестиционного климата необходимо решать все вопросы с любым партнером в рамках закона.

2. Необходимо разъяснить обществу содержание стратегического соглашения, подписанного 11 сентября 2017 года между правительством КР и компанией «Центерра», так как данное соглашение находится под пристальным вниманием общественности республики

3. Выяснить позицию и намерения золотодобывающей компании «Чаарат голд холдинг» относительно приобретения всей доли «Центерры» в Кумторе, так как они утверждают, что их условия будут гораздо выгоднее для Кыргызстана, чем условия «Центерры».

4. В результате настойчивого и грамотного взаимодействия общественных организаций страны за последние 10 лет Кумторский золоторудный комбинат стал флагманом горной отрасли и оказывает ощутимый вклад в экономическое развитие республики, поэтому в настоящее время необходимо:

4.1. В стратегию устойчивого развития включить пункт о путях развития Кумторского золоторудного комбината. Ученых и все интеллектуальные ресурсы нужно мобилизовать для решения вопросов по развитию горной отрасли и в конечном результате разработать стратегию развития этой отрасли.

4.2. Безотлагательно начать геологическую разведку с целью определения перспективных для отработки запасов с выделением «Центеррой» необходимых финансовых средств. В течении 2-3 лет утвердить запасы руды и в перспективе, обеспечить выпуск золота на уровне хотя бы 2-3 тонн в год.

5. В целях обеспечения безопасности ведения горных работ, усилить контроль и мониторинг за устойчивым состоянием бортов карьера, для этой цели необходимо рассмотреть вопрос привлечения специалистов, ученых Института геомеханики и освоения недр НАН КР.

6. Не допускать того, чтобы руководство «Центерры» отказалось от подземного способа отработки Кумторского месторождения. Поэтому необходимо убедить их ускорить работы по разработке концепции подземного способа добычи на Центральном участке рудника.

7. Включить в планы компании «Центерра Голд Инк» на 2019 год и перспективу разработку технологий переработки отходов хвостового хозяйства.

8. Необходимо заслушать отчет о проделанной работе кыргызских членов совета директоров компании «Центерра Голд Инк в части выделения денежных средств в размере 4% от валового дохода на проведение геологоразведочных работ, т.е. эта сумма на сегодня уже составляет более 150 миллионов долларов США).

Список литературы

1. Справочные материалы «Кумтор Голд Компани», «Центерра Голд Инк».

НАЗРЕЛА НЕОБХОДИМОСТЬ РЕФОРМЫ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ КЫРГЫЗСТАНА

Камчыбеков Д.К.

доктор технических наук, Ассоциация горнопромышленников и геологов,
Кыргызстан, г. Бишкек

В статье отражена проблема управления в целом горнодобывающей промышленности и изложены основные пути решения реорганизации отрасли.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, полезные ископаемые, горнодобывающий комплекс, реорганизация.

Сегодняшняя минерально-сырьевая база республики формировалась на протяжении многих десятков лет. Основу минерально-сырьевой базы в данное время составляют разведанные запасы и потенциальные ресурсы месторождений золота, олова, вольфрама, ртути, бериллия, редкоземельных элементов, плавикового шпата, разнообразных строительных материалов, волостанита, топливно-энергетического сырья, подземных вод.

Разведанные запасы минерального сырья обеспечили строительство и работы горнодобывающих и перерабатывающих предприятий цветной металлургии, золотодобычи, редкоземельного производства, угольной промышленности, добычи нефти и газа, стройиндустрии. По добыче ряда полезных ископаемых (уголь, ртуть,

сурьма, редкоземельные элементы, уран) республика занимала ведущее место в СССР.

Минерально-сырьевые ресурсы недр являются бесценным богатством Кыргызстана и их целенаправленное и системное изучение обеспечивает развитие и функционирование горнодобывающего комплекса страны, который является одной из приоритетных отраслей экономики. Его доля в ВВП составляет 10,2%, в объеме промышленного производства – 48,4%. Объем налоговых поступлений от предприятий отрасли составляет около 11% от их общего количества.

Успехи и проблемы в развитии горнодобывающей промышленности тесно связаны с достижениями и проблемами развития геологической отрасли, обеспечивающей выявление и подготовку к промышленному освоению месторождений различных видов минерального сырья.

В настоящее время в десятки раз сокращен объем финансирования геологоразведочных работ. Соответственно произошло сокращение сотрудников в десяти тысячном коллективе, что привело к резкому сокращению геологоразведочных работ. В результате геологическая служба перестала проводить детальную разведку месторождений. Это значит нет прироста запасов минерального сырья. Распались сформированные коллективы с квалифицированными кадрами, разрушен производственный потенциал. На потенциально перспективных территориях закрепились иностранные фирмы. В настоящее время геологоразведочными работами занимаются в основном зарубежные фирмы. Так как данная сфера деятельности отличается высокой капиталоемкостью, что не в силах отечественным предприятиям. По ныне существующему Закону о недрах при решении вопроса прав о разработке предпочтение дается тому, кто провел разведку. Это означает, что освоением полезных ископаемых будут только иностранные фирмы. При этом государство не получает от иностранных фирм заметных доходов в виде налогов уже который год. Проблемы в добывающих отраслях в основном появились из-за отсутствия национального капитала.

Анализ потенциальных возможностей разведанных и прогнозных ресурсов полезных ископаемых республики показал, что они значительны. Сегодня запасы минерально-сырьевых ресурсов оцениваются от 60 млрд. до 3 трлн. Долларов США. Более половины из них приходится на металлы (67,6%), далее по значимости идут не металлические ископаемые, строительные материалы (25%), на остальные около 8%, т.е. потенциальные возможности разведанных промышленных запасов полезных ископаемых республики достаточны для успешного развития отраслей добывающей промышленности на долгие годы. Довольно высоки прогнозные ресурсы.

Если посмотреть историю и практики освоения минеральных ресурсов республики, то мы видим, что почти все месторождения осваиваются не комплексно, т.е. не извлекаются все полезные компоненты.

На территории действующих и закрытых горных предприятий заскладировано в 63 отвалах более 500 млн. м³ некондиционной руды и пустых пород:

- Урановое производство – 20 отвалов с объемом 2,5 млн. м³
- Цветной металлургии – 9 отвалов с объемом 4121 млн. м³
- В камне добычи – 8 отвалов с объемом 2 млн. м³

В 44 хвостохранилищах имеются 56 млн. м³ отходов обогащения руд и металлургической переработки уранового производства – 28 отходов с объемом 30 млн. м³, цветной металлургии – 16 отходов с объемом 26 млн. м³.

Отвалы, отходы имеют большой ресурсный потенциал.

В связи с этим нам необходимо переменить всю точку зрения по отношению полезных ископаемых, оценивая их, прежде всего, как абсолютную ценность, как национальное богатство народа Кыргызстана, а затем уже исходное сырье для промышленности.

Учитывая не возобновляемость полезных ископаемых, вовлечение минеральных ресурсов республики в народнохозяйственный оборот сегодня и в перспективе должно подчиняться концепцию рационального и комплексного освоения и с маленькой утилизацией всех компонентов ресурса, широким применением малоотходных и безотходных технологий минимизируя масштабы загрязнения окружающей среды.

Необходимо реорганизация действующей структуры управления недропользованием. Кратко суть выдвигаемой реорганизации структуры заключается в следующем:

1. Создание самостоятельного *Государственного комитета по недрам (Госкомнедра)* – государственного единого правительственного органа полностью сосредотачивающий на государственном уровне регулировании всей системы недропользования и осуществления контроля на всех этапах пользования недрами. Госкомнедра организует регулирования контроля на всех этапах пользования недрами. Госкомнедра организует регулирование недропользования по следующим направлениям:

- Управление геологическим изучением недр. Анализ и учет геологической изученности, прогноз и перспективное планирование направления геологических исследований, надзор качеством и полнотой решения геологических задач, приемка и оценка геологических отчетов по работам, выполненным за счет госбюджета и инвестиций.

- Утверждение разведанных запасов, выполняют функции в полном объеме согласно утвержденному в установленном порядке «Положению о ГКЗ»;

- Управление использованием и охраной недр: лицензирование, согласование планов развития геологоразведочных и горно-добычных работ, контроль за использованием и охраной недр на всех этапах использования;

- Разработка геолого-методических и правовых информацией, нормативов, экспертиза проектных решений.

2. Создание *государственно-акционерную корпорацию* по разработке полезных ископаемых, объединив хозяйствующих разведочных подразделений и добывающих отраслей на компании:

- Геологоразведочных работ;

- По добыче горючих полезных ископаемых;

- По добыче металлических полезных ископаемых;

- По добыче нерудного сырья;

- По добыче строительных материалов;

- По освоению подземных вод;

3. В целях концентрации научно-педагогических сил и средств в вопросе подготовки квалифицированных кадров и проведении научных работ *создать горную академию* с проектным центром и технопарком на базе 2-х горных вузов (Бишкек, Кызылкия) и 3-х институтов НАН КР: института геологии, института геомеханики и освоения недр и института машиноведения.

4. Создание и управление *Национальным фондом недр*, единым информационным центром и внешними связями. Создание и управление централизованным

фондом и информацией о недрах и обеспечение ими пользователей для решения различных задач. Подготовка соответствующей документации и контроль за взаимодействиями с иностранными предпринимателями в части недропользования, получение полной информации по работам, проводимым иностранными инвесторами;

В завершении реорганизации структуры управления, руководствуясь концепцией необходимо разработать единую государственную Программу развития минерально-сырьевых ресурсов и их освоения.

В перспективе горнодобывающей промышленности акцент будет сделан на поддержании стабильных объемов производства золота и цветных металлов, вводе в эксплуатацию новых месторождений золота и олововольфрамовых руд и вовлечении в разработку более глубоких залежей на существующих месторождениях. Одновременно с этим будут продолжены и разведочные работы на перспективных площадях по поиску золота и других видов полезных ископаемых.

Будет поставлена окончательная точка в вопросе реструктуризации проекта Кумтор. Также в результате переговорного процесса будет получена весомая доля для кыргызской стороны в проекте Джеруй.

Будут введены для горнопромышленных компаний нормы ускоренной амортизации капиталовложений в горные проекты по ставке не ниже 50%, скидку на истощение недр в размере 15% от чистого дохода, скидку на ликвидацию предприятия в размере 5% от чистого дохода, перенос убытков на последующие 7 лет, щадящие ставки роялти в размере 3% от стоимости товарной продукции, установление 20 летнего стабилизационного периода налогообложения и нулевую ставку НДС на импорт оборудования и материалов для разведки, строительства и эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Список литературы

1. Камчыбеков Д.К. Фондовые материалы госкомитета промышленности, энергетики и недропользования.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ БЛОК-КОНТЕЙНЕРА УСТАНОВКИ ДОЗИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ

Киреев С.О.

доктор технических наук, профессор,
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

Ефимов А.В.

кандидат технических наук, доцент,
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

Алгинин А.Г.

магистрант, Донской государственной технической университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

Степанов В.Н.

заместитель главного конструктора,
ООО «ТРАСТ-ИНЖИНИРИНГ», Россия, г. Ростов-на-Дону

В работе проведено исследование напряженного состояния элементов конструкции блок-контейнера установки приготовления и дозирования на шесть типов химических реагентов.

Ключевые слова: блок-контейнер, установка дозирования химреагентов, напряженное состояние.

Применение химических реагентов для повышения продуктивности нефтегазовой скважины является наиболее крупномасштабным и эффективным способом. При химическом воздействии реагентов область применения может распространяться как на весь пласт, так и на отдельные его зоны. При «силовом» воздействии на пласт (ГРП) за счет жидкости разрыва создаются новые каналы и трещины, которые соединяют призабойную зону с пластом. Вязкость жидкости разрыва должна быть не более 50-500 мПа·с. Рабочая жидкость песконосителя служит для транспортировки песка в зону образовавшихся трещин и должна быть слабофильтрующей и иметь высокую пескоудерживающую способность. Повышение вязкости жидкости песконосителя создается за счет введения химических реагентов-загустителей (высокомолекулярные и коллоидные соединения нефти, соли органических кислот, сульфит-спиртовые барды, производные целлюлозы). Рабочей жидкостью вытеснения используется пластовая вода, обработанная поверхностно активными веществами (ПАВ). Для подготовки рабочих жидкостей ГРП применяется установка приготовления, анализа и подачи химических реагентов.

Мобильные установки приготовления и дозирования химреагентов в процессе гидроразрыва пласта на рынке России представлены исключительно зарубежными компаниями – американской Stewart&Stevenson, немецкой C.A.T., китайской Dragon Products. Компоновки установок на шасси зачастую не позволяют перевозить заполненные баки химреагентов из-за нарушения центровочных характеристик движущегося транспортного средства. В данной работе проведен расчет блок-контейнера установки приготовления и дозирования химреагентов в компоновке из шести емкостей объемом 1,6 м³ каждая, с заполненными передними двумя емкостями.

Общий вид установки представлен на рис. 1.

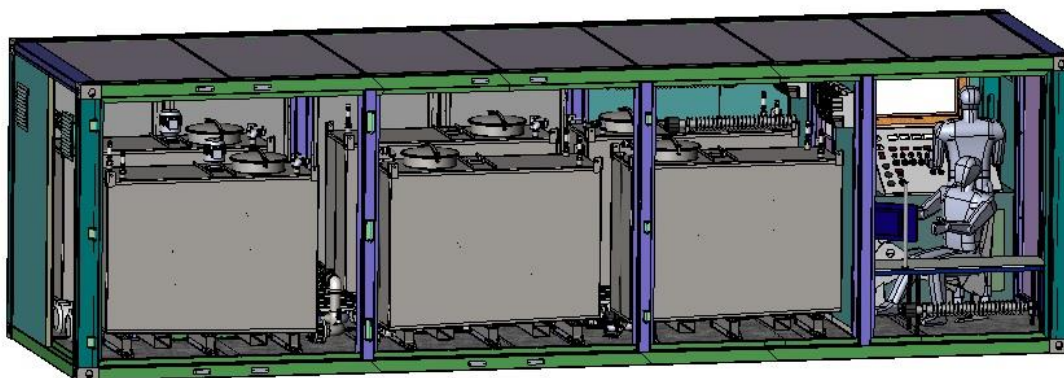


Рис. 1. Общий вид установки

В конструкции блок-контейнера применены профильные элементы из листового материала 345-12 (09Г2С) ГОСТ 19281-89, лист 3 мм ГОСТ 19903-74, предел текучести $\sigma_T=345$ МПа, ударная вязкость $KCU=29$ Дж/см² при температуре испытания минус 40⁰ С [1, 2]. Сэндвич-панели в силовом расчете блок-контейнера не использовались.

Расчетный случай нагружения применен согласно ГОСТ Р 51876-2008 п.6.5 Испытание №4 «...воздействие динамических нагрузок при железнодорожных перевозках, вызываемых ускорением 2g» [3].

В качестве инструмента метода конечных элементов был выбран линейный решатель статических процессов Static SESTATICS 101 программного комплекса Siemens Femap with NX Nastran [4].

Каркас контейнера смоделирован в системе конечно-элементного моделирования Femap 8.1 оболочечными CQUAD4 (969203 элементами), жесткими RBE2 (37045 элементов), полигональными RBE3 (6 элементов), балочными CBEAM (72 элемента), сосредоточенными массами CONM (6 элементов). Общее число элементов составило 1040043, узлов 1020965. Расчет напряженно-деформированного состояния корпуса проводился в КЭ-пакете NX Nastran 8.1 методом линейного статического анализа.

Расчетная схема контейнера представлена на рис. 2.

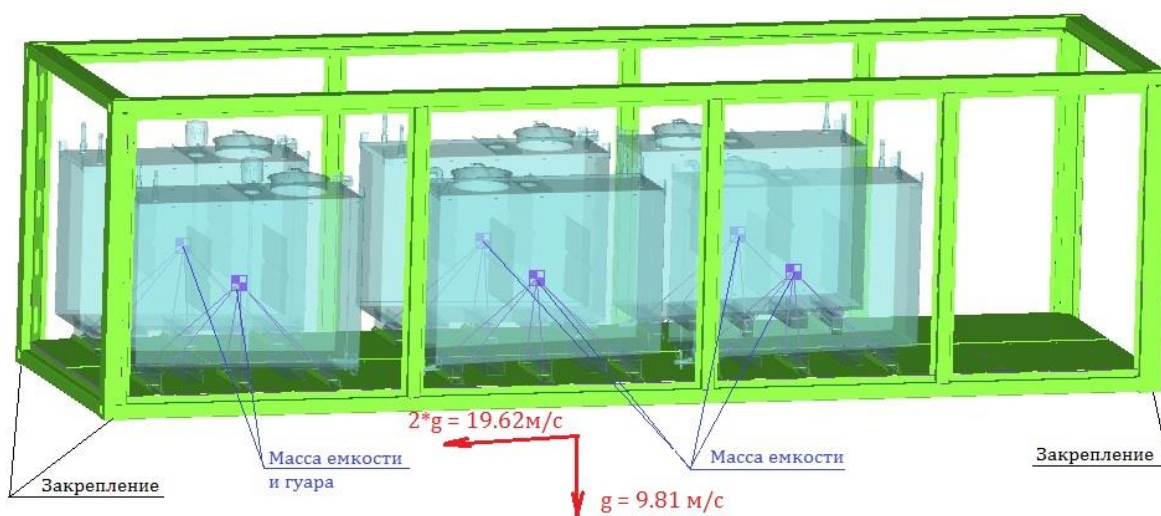


Рис. 2. Расчетная схема блок-контейнера

Напряженно-деформируемое состояние элементов конструкции блок-контейнера представлено на рисунках 3 и 4.

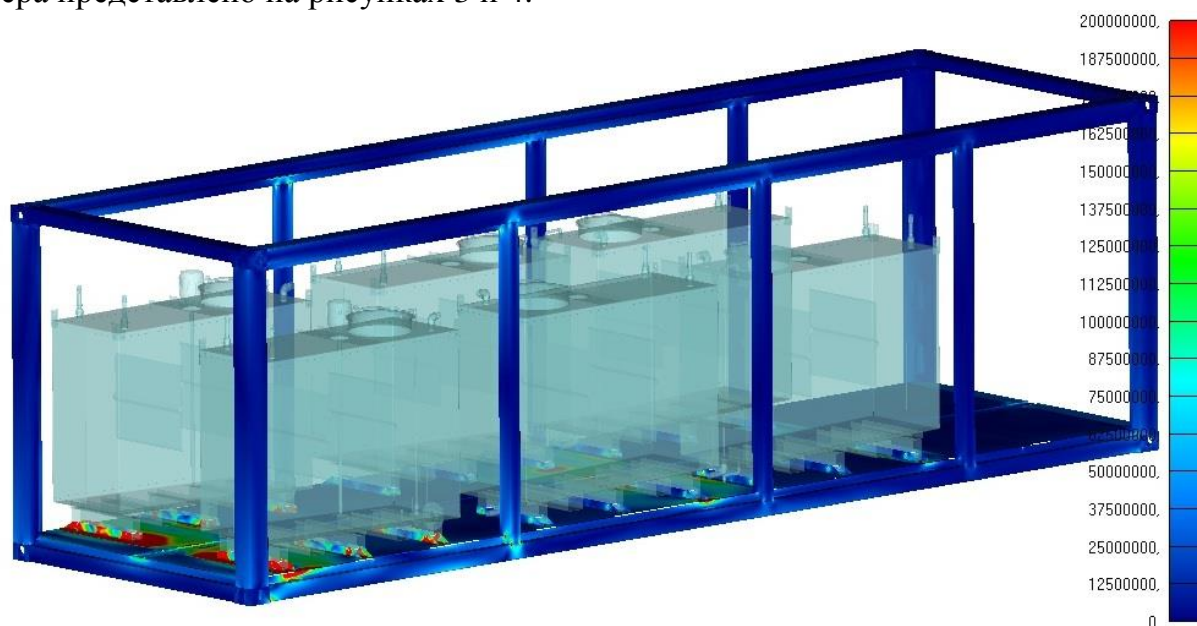


Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние блок-контейнера. Эквивалентные напряжения по Мизесу, Па

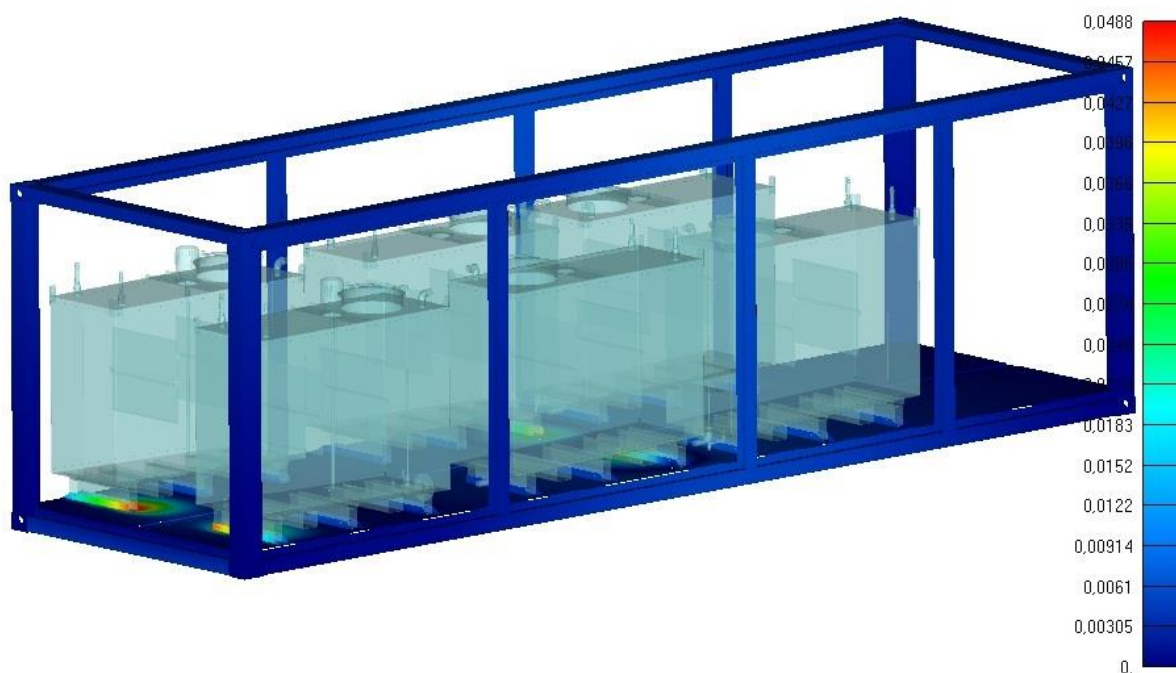


Рис. 4. Напряженно-деформированное состояние блок-контейнера.
Обобщенные перемещения, м

Результаты и обсуждения

Напряжения в силовых элементах конструкции блок-контейнера соответствуют заданным запасам прочности, а именно $n_{\tau} = 1,55$, при допустимых $[n_{\tau}] \geq 1,5$.

Пики напряжений в зонах установки емкостей связаны с неточностью идеализированной модели, а именно отсутствием поля контакта между опорами емкостей и кронштейнами пола.

Список литературы

1. ГОСТ 19281-89 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.
2. ГОСТ 19906-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент.
3. ГОСТ Р 51876-2008 (ИСО 1496-1:1990) Контейнеры грузовые Серии 1. Технические требования и методы испытаний.
4. Try Femap with NX Nastran for Free. – URL: https://www.plm.automation.siemens.com/plmapp/fe/en_us/online/Shop#ACTION=1189811524 (дата обращения: 07.03.2018).

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ В КОНСТРУКЦИИ БЛОК-КОНТЕЙНЕРА НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Киреев С.О.

доктор технических наук, профессор,
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

Куцаева Е.Ю.

ведущий инженер, Донской государственной технической университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

Алгинин А.Г.

магистрант, Донской государственной технической университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

Степанов В.Н.

заместитель главного конструктора,
ООО «ТРАСТ-ИНЖИНИРИНГ», Россия, г. Ростов-на-Дону

В работе проведено исследование напряженного состояния сэндвич-панелей в условиях применения в конструкции блок-контейнера установки дозирования химических реагентов как кровельного материала.

Ключевые слова: блок-контейнер, сэндвич-панель, снеговая нагрузка, напряженное состояние.

При проведении работ по разработке и ремонту скважин на месторождениях нефти и газа в условиях географической труднодоступности объектов (бездорожье, заболоченность, пустыньность, аномально низкие температуры) применение мобильных, легких многофункциональных установок значительно сокращает издержки доставки и обслуживания.

Мировой практический опыт нефтепромыслового оборудования доказал наибольшую эффективность применения модульных установок контейнерного типа с параметрами согласно ISO 668:2013 и ГОСТ Р 53350-2009. Применение установок контейнерного типа позволяет унифицировать транспортное оборудование и, соответственно, способы доставки: контейнеровоз, шасси автомобиля, железнодорожная платформа, морской транспорт, подвеска вертолета.

Применение в конструкции контейнеров в качестве утеплителя сэндвич-панелей системы металл-пенополиуретан/пенополиизоцианурат-металл в условиях аномально низких температур позволило решить проблему долговечности, металлоемкости и теплоизоляции. Общий вид установки в блок-контейнере представлен на рис. 1.

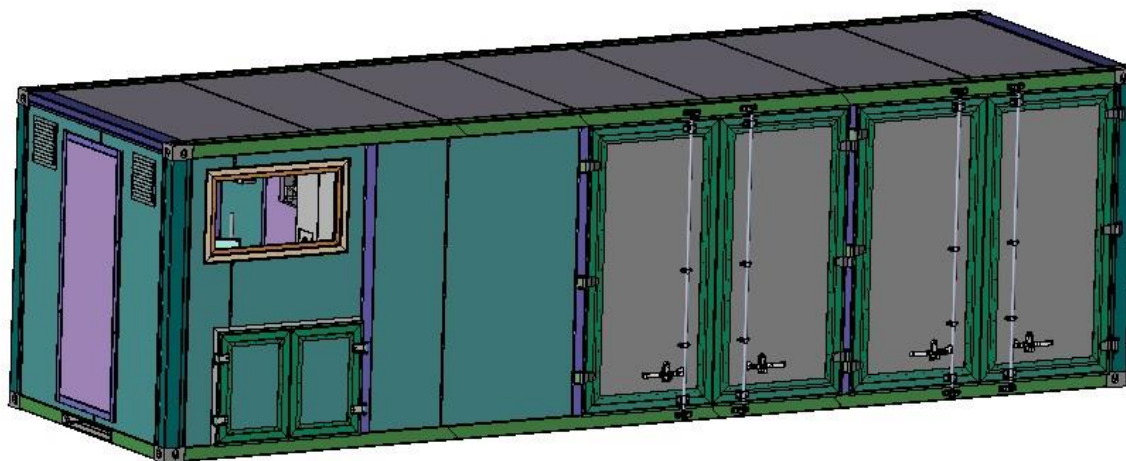


Рис. 1. Общий вид установки в блок-контейнере

В настоящей работе предпринята попытка численно проанализировать несущую способность панели ДП-60 1150x2400 PIR ст. 0,5 мм х ст. 0,5 мм, примененной в качестве перекрытия-крыши, от максимальной снеговой нагрузки региона России.

Для численного исследования методом конечных элементов была выбрана панель толщиной 60 мм, материал панелей облицовки – сталь с пределом текучести $\sigma_T=230$ МПа (ГОСТ 14918-80), характеристика пенополиуретан/ пенополиизоцианурата – предел прочности на растяжение $\sigma_B=40-150$ кПа согласно ГОСТ Р 56590-2016 (EN 13165:2012) [1, 2].

Схема участка панели представлена на рис. 2.

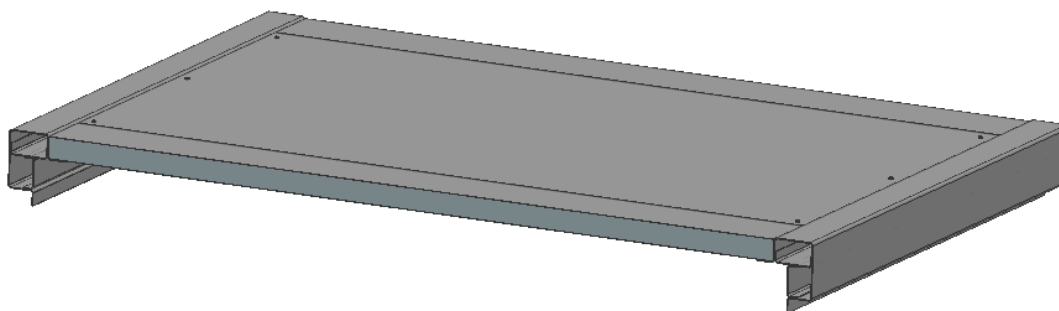


Рис. 2. Участок потолочной сэндвич-панели блок-контейнера

В качестве инструмента метода конечных элементов был выбран линейный решатель статических процессов Static SESTATICS 101 программного комплекса Siemens Femap with NX Nastran [4].

В качестве расчетной максимальной нагрузки на пролет панели была выбрана снеговая нагрузка $S_g = 5,6$ кПа согласно СП 20.13330.2016 по таблице 10.1 для снегового района VIII [3].

Сэндвич-панель опирается своими краями на полки балок контейнера и закреплена тремя винтами М6 с каждой стороны. К поверхности панели приложена снеговая нагрузка в 5,6 кПа, на всю конструкцию действует сила тяжести $g = 9,81$ м/с².

Панель на балках смоделирована в системе конечно-элементного моделирования Femap 8.1 оболочечными CQUAD4 (118782 элемента), жесткими RBE2 (1210 элементов), балочными CBEAM (6 элементов), объемными TETRA (181632 эле-

мента). Общее число элементов составило 301636, узлов 163423. Расчёт напряженно-деформированного состояния панели проводился в КЭ-пакете NX Nastran 8.1 методом линейного статического анализа.

Расчетная схема сэндвич-панели представлена на рис. 3.

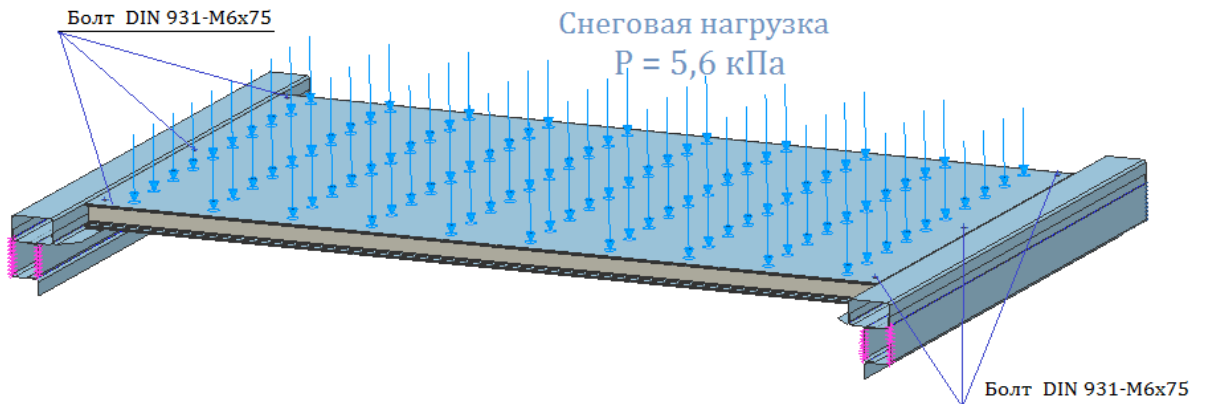


Рис. 3. Расчетная схема сэндвич-панели

Напряженно-деформируемое состояние сэндвич-панели представлено на рисунках 4 и 5.

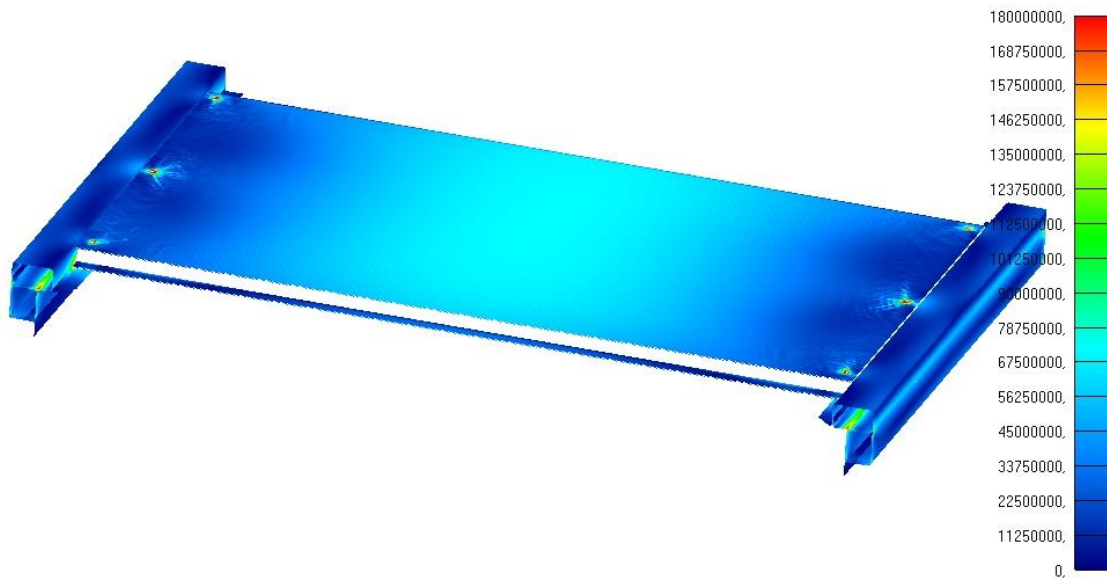


Рис. 4. Напряженно-деформированное состояние сэндвич-панели.
Эквивалентные напряжения по Мизесу, Па

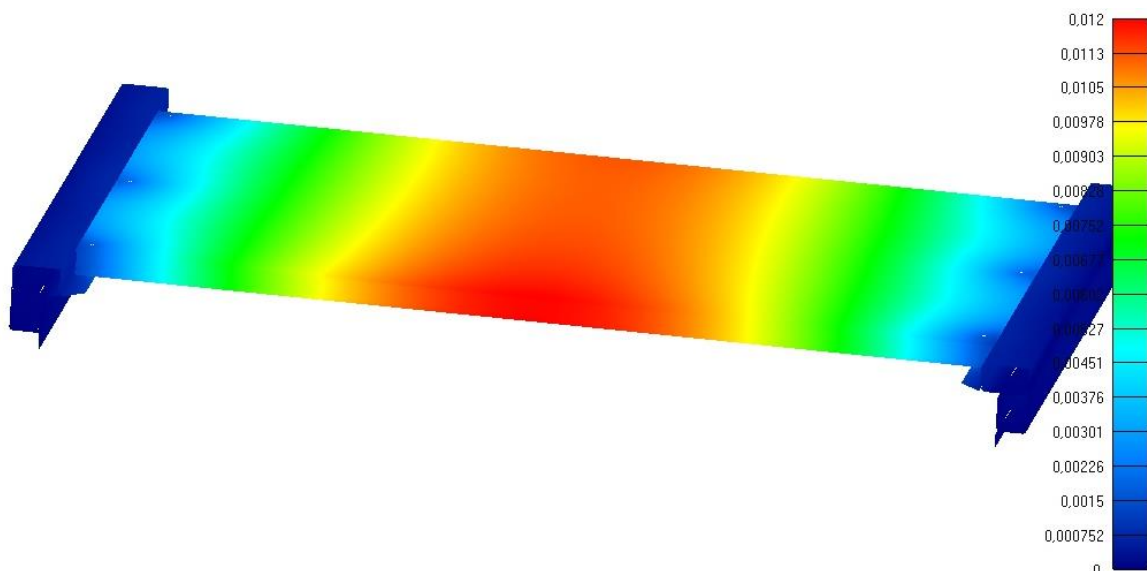


Рис. 5. Напряженно-деформированное состояние сэндвич-панели.
Обобщенные перемещения, м

Выводы

Напряжения в регулярной зоне панели, верхний и нижний металлические листы, соответствуют заданным запасам прочности, а именно $n_{\tau} = 2,5$, при допустимом $[n_{\tau}] \geq 1,5$.

Напряжения в зоне концентраторов под головками винтов превышают допустимый коэффициент запаса прочности по пределу текучести, а именно, $n_{\tau} = 1,1$, при $[n_{\tau}] \geq 1,5$ (рис. 5).

Список литературы

5. ГОСТ 14918-80 Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия.
6. ГОСТ Р 56590-2016 (EN 13165:2012) Плиты на основе пенополиизоцианурата теплозвукоизоляционные. Технические условия.
7. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85.
8. Try Femap with NX Nastran for Free. – URL: https://www.plm.automation.siemens.com/plmapp/fe/en_us/online/Shop#ACTION=1189811524 (дата обращения: 07.03.2018).

РАСХОД ТОПЛИВА ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Косинова В.П.

магистрант кафедры организации перевозок и дорожного движения,
Дорожно-транспортный факультет Архитектурно-строительной академии,
Донской государственной технической университет, Россия, г. Ростова-на-Дону

На сегодняшний день, идет активный процесс создания и развития комплекса интегрированных средств управления дорожным движением и перевозками на основе высоких технологий, методов моделирования транспортных процессов, специального программного обеспечения. К основным критериям оптимизации можно отнести задержки движения, количество остановок в процессе движения, среднюю длину очереди транспортных средств на перекрестке. Не менее важными являются характеристики экологические (выбросы в атмосферу загрязняющих веществ) и энергетические (расход топлива). Более того, при разработке оптимизационных моделей управления транспортными потоками следует либо формировать многокритериальную задачу, либо разрабатывать комплексные критерии, содержащие оценки приведенных характеристик транспортных потоков.

Ключевые слова: транспортный поток, характеристики транспортного потока, расход топлива, скоростной режим, оптимальный режим движения транспортного потока, транспортная эффективность, модели дорожного движения, загрязнение воздушной среды.

Топливно-экономической характеристикой транспортного средства называется зависимость путевого расхода топлива от скорости при равномерном движении по дорогам с различным сопротивлением.

Топливная экономичность транспортного средства зависит от его конструкции и технического состояния, квалификации водителя, дорожно-климатических условий эксплуатации и организации транспортного процесса.

Рассмотрим влияние различных конструктивных и эксплуатационных факторов на топливную экономичность транспортного средства.

Тип двигателя. Транспортное средство с дизелями экономичнее, чем с бензиновыми двигателями. Расход топлива у транспортного средства с дизелями на 25...30 % меньше, чем с бензиновыми двигателями.

Техническое состояние двигателя (рисунок). Ухудшение технического состояния двигателя приводит к повышенному расходу топлива. Неисправности в системах питания и зажигания двигателя также вызывают перерасход топлива. Так, например, неисправность карбюратора увеличивает расход топлива на 10...15 %, неправильная регулировка холостого хода – на 15...20%, подгорание или замасливание свечей – на 1...10 %, а одна неработающая свеча зажигания – на 20...25 %.

Тепловой режим двигателя. При чрезмерном охлаждении двигателя топливная экономичность ухудшается, так как часть топлива поступает в цилиндры в неиспарившемся виде и не сгорает при рабочем ходе. Так, при снижении температуры охлаждающей жидкости с 95 °С, при которой двигатель имеет наилучшие показатели по экономичности, до 65 °С расход топлива увеличивается на 15...25%.



Рис. Степень влияния технического состояния двигателя на расход топлива

Режим движения. При разгоне подвижного состава увеличение скорости движения вызывает возрастание сил сопротивления движению и расхода топлива.

При торможении расход топлива увеличивается, так как происходит затрата энергии на торможение и последующий разгон. При импульсивном движении по методу «разгон–накат» общий расход топлива может быть меньше или больше, чем при равномерном движении. Этот режим движения заключается в интенсивном разгоне на высшей передаче до определенной скорости и последующем движении накатом со снижением скорости до определенного значения. При этом цикл «разгон–накат» периодически повторяется. При разгоне расход топлива растет, а при накате – уменьшается. Такой метод движения приводит к интенсивному износу двигателя

и трансмиссии и усложняет работу водителя, так как он больше утомляется. Кроме того, при движении накатом двигатель работает на режиме холостого хода, что приводит к повышенному содержанию окиси углерода в выпускных газах.

Условия движения. При увеличении количества остановок расход топлива возрастает вследствие затраты энергии на торможение до полной остановки, трогание с места и последующий разгон.

Модели расхода топлива представляют интерес не только в плане прогноза непосредственно транспортной эффективности потока, но и при решении задач организации дорожного движения на улично-дорожной сети города. Модели можно использовать в решении задач:

- 1) количественного обоснования расхода топлива потоком при разных соотношениях в потоке транспортных средств разных типов;
- 2) определения оптимальной структуры транспортного потока с минимальным расходом топлива в конкретном диапазоне скоростей движения;
- 3) анализа и оптимизации скоростного режима: оценка движения с постоянной скоростью и с переключением скоростей;
- 4) оптимального распределения транспортных потоков по полосам движения;
- 5) определения значения интенсивности движения, минимизирующей расход топлива потоком и т.д.

Кроме обозначенных, можно выделить задачи, связанные с прогнозом состояния транспортных потоков при различных колебаниях их поведения и структуры. Назначение таких задач состоит в прогнозе динамики изменения характеристик транспортных потоков, определении степени чувствительности характеристик и критериев оценки дорожного движения к изменениям.

Сложность моделирования поведения транспортных потоков определяется их неоднородной структурой, неравномерным распределением по полосам движения (в случае многополосных дорог), режимом движения.

При разработке модели расхода топлива необходимо учитывать следующие условия:

- доли в потоке транспортных средств разных типов;
- степень распределения транспортных средств по полосам движения;
- максимальная плотность транспортного потока на полосе движения;
- макромодель оценки скорости движения смешанного потока.

Разработка моделей $F_l(v)_i$ представляет определенную сложность, поскольку невозможно учесть весь набор факторов, влияющих на расход топлива транспортным средством при эксплуатации. Высокая степень адекватности моделей $F_l(v)_i$ для прогнозирования реального расхода топлива может быть достигнута при «нормативном» поведении транспортного средства в процессе дорожного движения. Понятно, что обеспечить такое поведение в большинстве случаев нельзя. Все же модели $F_l(v)_i$ вполне могут использоваться для получения результатов.

Оценка расхода топлива различными моделями ТС

Рассматриваются только установившиеся режимы движения, т.е. движение с постоянной скоростью. Так как значения энергетических показателей изменяются в зависимости от скорости, будет интересовать функции расхода топлива от скорости движения.

Рассматриваются некоторые модели ТС, наиболее характерные для транспортных потоков, и выводятся для них зависимости, которые используются в дальнейшем для применения в разрабатываемых моделях транспортных потоков.

Оценивается расход топлива ТС (л/км), по двум заданным в технической документации точкам. При этом функцию строим в виде полинома второй степени с минимумом при крейсерской скорости.

В настоящее время научное программирование претерпевает серьезную трансформацию: "развиваются интегрированные среды, основанные на алгоритмических языках, и растет применение универсальных математических систем (Maple, Mathematica, MATLAB, MatOad и др.). Эти системы имеют дружественный интерфейс, реализуют множество стандартных и специальных математических операций, снабжены мощными графическими средствами и обладают собственными языками программирования. Все это предоставляет широкие возможности для эффективной работы специалистов разных профилей, о чем говорит активное применение математических пакетов в научных исследованиях и в преподавании. С помощью пакетов Maple, MATLAB проще готовить и выполнять задания, устраивать демонстрации и гораздо быстрее решать исследовательские и инженерные задачи.

Список литературы

1. Луканин В. Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учебник для вузов/ Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 2001. – 273 с., ил.
2. Луканин В.Н., Буслаев А.П., Яшина М.В. Автотранспортные потоки и окружающая среда – 2: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: ИНФРА, 2001. – 646 с. – (Серия «Высшее образование»).

МЕТОДЫ СБОРА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ О ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКАХ

Лызганов М.С.

Донской государственный технический университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

Зырянов В.В.

зав. каф. «Организация перевозок и дорожного движения», д-р техн. наук,
профессор, Донской государственный технический университет,
Россия, г. Ростов-на-Дону

В статье рассматриваются методы сбора информации о транспортных потоках. Так же разбирается анализ данных собранной информации.

Ключевые слова: оценка качества, улично-дорожная сеть, временной индекс, уровни обслуживания, организация дорожного движения.

Сбор информации о дорожном движении осуществляется с целью решения самых разных задач. В их числе – изучение мобильности населения, выявление потребностей: развития общественного транспорта; расширения и реконструкции дорожной сети; снабжения, и многое другое.

Анализ транспортных потоков является наиболее важным этапом управления дорожным движением. Анализ транспортных потоков может основываться на:

– статистических данных, которые могут быть собраны следующими методами:

1) транспортное обследование – это процесс подсчета количества движущихся транспортных средств, а также соотношения видов транспорта по классам органолептическим методом;

2) использование АПУ – автоматизированных пунктов учёта движения на дорогах, которые оснащены детекторами транспорта;

3) сбор координат транспортных средств от спутников GPS (Global Positioning System) или ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) и передача их на сервер по беспроводным каналам связи;

4) фото- и видеосъёмка;

5) экспертные оценки, вынесенные, в том числе, и при помощи виртуальных транспортных детекторов:

– моделировании дорожно-транспортных ситуаций при помощи специального компьютерного обеспечения;

– комплексном подходе [1].

У каждого из этих способов есть свои достоинства и недостатки. Например, детекторы измеряют количество и характеристики проезжающих транспортных средств достаточно точно, но только на строго ограниченных участках дорожной сети, в то время как системы, основанные на сборе координат, обладают меньшей точностью; ими оборудована только малая доля автомобилей. Системы фото- и видеофиксации существенно зависимы от условий освещенности и климатических воздействий, кроме того они требуют периодической очистки внешней оптики от загрязнений. Решить проблему с качеством и полнотой данных может помочь совместное использование данных из разнородных источников. Именно комплексный или комбинированный подход, при котором объединяются статистические данные, собранные при помощи всех доступных методов, и результаты моделирования, даёт обычно наилучшие показатели [2].

Качество обслуживания требует применения количественных мер для описания эксплуатационных условий внутри транспортного потока. Уровень обслуживания представляет собой меру качества, описывающую эксплуатационные условия в потоке, как правило, в терминах таких параметров, как скорость и время проезда, свобода маневра, прерывания трафика, комфорт и удобство движения.

Для каждого типа дорожных участков, который снабжен соответствующими процедурами анализа, определено шесть уровней обслуживания, обозначаемых латинскими буквами от А до F, где Level of Service (LOS) А представляет наилучшие, а LOS F – наихудшие эксплуатационные условия. Каждому уровню обслуживания поставлен в соответствие диапазон эксплуатационных условий и характеристики восприятия этих условий водителями. Безопасность не входит в число мер, определяющих уровень обслуживания [3]. Одним из значимых показателей определения качества организации дорожного движения считается время, затрачиваемое на поездку/передвижение пользователем транспортной сети. Для оценки этого показателя вводится такой параметр как временной индекс (Travel time index) который определяется как отношение времени прохождения участка улично-дорожной сети в пиковые периоды ко времени в пути при свободном потоке:

$$TTI = \frac{T_{R(\max)}}{T_{CB}}, \quad (1)$$

где $T_{R(\max)}$ – среднее время, затрачиваемое на прохождение участка пути в пиковые периоды, мин.;

T_{CB} – среднее время, затрачиваемое на прохождение участка пути при свободном движении, мин [4].

Нормирование временного индекса TTI в соответствии с уровнем обслуживания и их описание приведено в таблице ниже (таблица).

Таблица

Уровни обслуживания

Уровень обслуживания	Значение временного индекса TTI	Описание	Характеристика для дорог
A	менее 1,1	Очень хороший уровень обслуживания	На участника движения очень редко влияют другие участники движения. Участники движения имеют желаемую свободу действия. Транспортный поток свободен.
B	1,1-1,3	Хороший уровень обслуживания	Присутствие других участников движения заметно, но только некоторые участники движения влияют друг на друга. Транспортный поток близок к свободному.
C	1,3-1,4	Удовлетворительный уровень обслуживания	Возможности часто зависят от поведения остальных участников движения. Свобода движения ограничена. Состояние транспортного потока стабильно.
D	1,4-1,6	Достаточный уровень обслуживания	Транспортный поток характеризуется высокой нагрузкой, который приводит к значительным нарушениям свободы движения участников движения. Очень часто происходит взаимодействие между участниками движения. Состояние транспортного потока все еще стабильно.
E	1,6-2,0	Недостаточный уровень обслуживания	Возникают постоянные двухсторонние препятствия для движения между участниками движения. Свобода в движении сильно ограничена. Незначительные перестроения могут привести к остановкам транспортного потока. Состояние транспортного потока колеблется между стабильным и нестабильным. Интенсивность достигает уровня пропускной способности.
F	более 2,0	Критический уровень обслуживания	Транспортный спрос выше пропускной способности. Заторовые ситуации.

Основной задачей анализа транспортных потоков является формулировка заданий по разработке системы мероприятий, направленных на оптимизацию дорожного движения, среди которых могут быть:

- реконструкция улично-дорожной сети;
- оптимизация работы имеющихся в наличии технических средств организации дорожного движения (информационных табло, светофоров и др.);
- разработка новых ИТС-решений.

Список литературы

1. Воронцов К. В., Чехович Ю. В. Интеллектуальный анализ данных в задачах моделирования транспортных потоков. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / под общ. ред. А. В. Гаеников. – М.: МЦНМО, 2013. – С. 226-249.
2. ARTERYLite: сайт URL: <http://www.arterylite.ru> (дата обращения: 15.10.2018).
3. Транспорт: сайт URL: <http://transspot.ru/> (дата обращения: 15.10.2018).
4. Трофимов А. В. Временной индекс – критерий оценки влияния загрузки улично-дорожной сети на качество ее функционирования // ВЕСТНИК ИрГТУ. – 2015. – № 10 (105). – С. 181-185.

АНАЛИЗ НЕОБХОДИМЫХ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ УТИЛИЗАЦИИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Плисеина Е.А.

студентка кафедры техносферной и пожарной безопасности,
Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж

Золотухин Н.Н.

студент кафедры электромеханических систем и электроснабжения,
Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж

Винокурова И.М.

доцент кафедры химии и хим. технологии материалов, канд. техн. наук, доцент,
Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж

В статье исследованы аккумуляторные батареи, их устройство, виды переработки и нововведения в утилизации оборудования.

Ключевые слова: экология, литиевые АКБ, стадии утилизации, новшества в переработке.

Анализируя данные мировых исследований, можно сделать вывод, что Россия является одним из самых загрязненных государств в мире. Столь низкое экологическое положение влияет на качество жизни и общее физическое состояние граждан Российской Федерации. Основной причиной возникновения проблем, связанных с загрязнением окружающей среды, считается активное стремление человека негативно воздействовать на его среду обитания. Вследствие отрицательного влияния людей на окружающую среду природа откликается не самым положительным образом, а критическая экологическая ситуация в России призывает людей к скорейшему ее разрешению, в противном случае может наступить серьезный конфликт между людьми и природой.

Аккумуляторы, отработавшие свой срок, вырабатываются и приходят в негодность, а компоненты такого изношенного оборудования составляют особый вид за-

грязнения, требующего особого внимания при разработке документации по утилизации. В состав данных источников тока входят определенные вещества, которые являются опасными для экологии и общего состояния людей. После небольшого количества времени из неправильно утилизированной аккумуляторной батареи начинают "выходить" такие вещества, как ртуть и свинец, которые при попадании в землю приносят непоправимый вред окружающей среде. Поэтому в обязательном порядке необходимо правильно утилизировать аккумуляторы. Это считается процессом, основную работу которого выполняют специально обученные работники на определенных предприятиях, имеющих лицензию на переработку отходов.

Данная проблема является актуальной и прорабатывается правительственными органами Российской Федерации в настоящее время. Первоначальным этапом по решению данного вопроса является приказ № 585 от Росприроднадзора, где указанная проблема считается первоочередной, поэтому в Федеральный классификационный каталог был внесен отход «химические источники тока марганцово-цинковые щелочные неповрежденные отработанные» [1]. Так как указанный тип источников тока в настоящее время наиболее распространен в бытовом использовании общества и представляет повышенную опасность загрязнения окружающей среды, то внесение данного вида отходов на законодательном уровне является своевременным и актуальным.

Схема устройства аккумулятора, позволяющего накапливать, расходовать энергию и аккумулировать электричество от внешнего источника питания (ИП) представлена на рис. 1. Данные ИП позволяют получать электрическую энергию независимо от географического положения и обеспечивать потребителей необходимыми энергоресурсами в самых удаленных районах России [3].

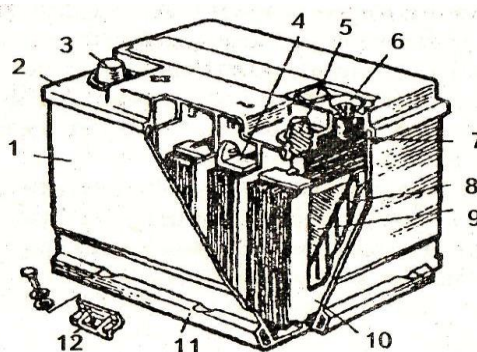


Рис. 1. Аккумуляторная батарея (1 – корпус; 2 – крышка; 3 и 5 – положительный и отрицательный полюсные выходы; 4 – межэлементное соединение; 6 – пробка; 7 – индикатор для проверки уровня электролита; 8 – сепаратор; 9 и 10 – положительная и отрицательная пластины; 11 – выступ корпуса; 12 – кронштейн с болтом крепления батареи)

В основе производства современной техники лежат литиевые аккумуляторные батареи (АКБ). Особенностью этого типа оборудования являются продукты отработанных электролитов, входящих в секции основной конструкции АКБ, на которых работают батареи, а неконтролируемые утечки данных веществ могут привести к серьезным нарушениям экологии. Но помимо этого развитию рынка утилизации аккумуляторов в России способствует несколько других ключевых факторов (рис. 2).

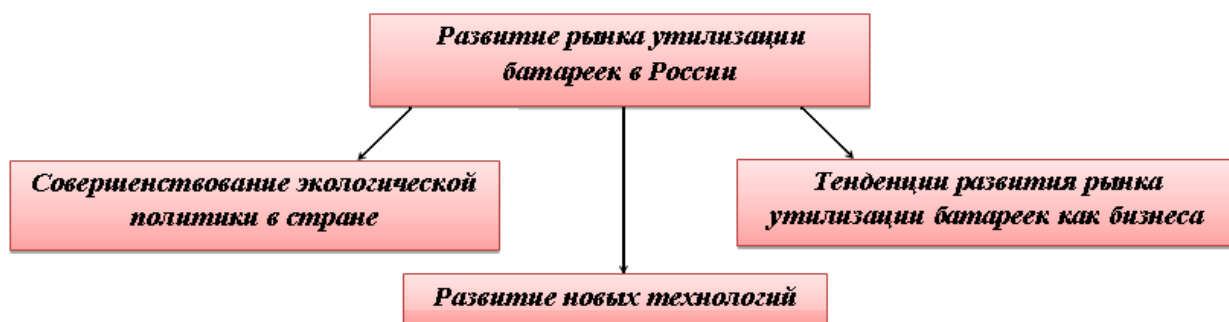


Рис. 2. Основные факторы развития рынка утилизации АКБ

На основе полученных данных можно сделать вывод, что окружающая среда нуждается в срочной помощи, которая реализуема с помощью утилизации литиево-ионных и литиево-полимерных аккумуляторных батарей [2]. В основные стадии переработки аккумуляторов входят:

1. Вскрытие и извлечение содержимого аккумулятора.
2. Электролит, который содержит в себе соли лития, смывается.
3. Разделяются катодные и анодные пластины.
4. Удаляется около 75% катодного и анодного материала с пластин.
5. Переплавка алюминиевых пластин.
6. Раздробляется и переплавляется корпус из пластика.

Особое внимание следует уделять ручной утилизации аккумуляторных батарей, так как данный вид переработки дает возможность получать сырье наивысшего качества, но процесс считается небезопасным и трудоемким [4]. Учитывая немалые капитальные затраты на оснащение оборудования промышленного производства данного типа с высокой стоимостью, что в свою очередь доступно не для каждого физического лица, поэтому ручная утилизация считается более популярной и доступной, чем промышленная.

Своевременными являются новшества, разработанные учеными из Университета Южной Флориды, заключающиеся в особенной методике утилизации аккумуляторных батарей для обеспечения более безопасной переработки отходов [5]. Основная мысль заключается в том, что не стоит выкидывать уже использованные аккумуляторы, а сохранять и перерабатывать для их повторного применения, но существуют проблемы с извлечением лития и кадмия, присутствующие в аккумуляторе как оксид лития-кобальта LiCoO_2 . Поэтому специалисты в Южной Флориде, руководствующиеся работами ученого Джеффри Каннингема, предполагают использование в переработке такой материал, как плесневелые грибы. Они обладают способностью выделять особую кислоту, которая может «смывать» металлы из соединений. Иными словами, покрывая катоды, в составе которых лежит оксид лития-кобальта, питательной средой для спор этих грибов, можно извлечь примерно 80% лития и 50% кобальта. На данный момент ученые пытаются найти новые виды грибов, которые смогут извлечь вредные вещества из аккумуляторных батарей с наиболее безопасным для окружающей среды коэффициентом.

Еще одним нововведением является производство аккумуляторных батарей нового типа, разработанные американско-японской компанией Power Japan Plus. В основе новых аккумуляторов лежит органический электролит, работающий с катодом и анодом и состоящий из углерода, а углерод в свою очередь получают как ни странно из хлопка, кофейных зерен или бамбука. Данные батареи Ryden считаются

эффективными и не дорогостоящими, так как в составе не лежат тяжелые металлы. На сегодняшний момент это наиболее экологический способ хранения энергии [6].

Достаточно долгое время многие компании Воронежской области занимаются приемом б/у аккумуляторных батарей, сотрудничая с клиентами и предлагая наиболее выгодные условия для переработки отходов. Наиболее распространенные пункты приема аккумуляторов, такие как «ООО Стройметгрупп», «Промэкология», «АКБЗ6».

Таким образом, вопрос о правильном хранении, использовании и утилизации АКБ является актуальным, а учитывая нынешние инновационные разработки в промышленности и новые технологические достижения в науке, мониторинг изучаемых проблем будет оставаться одной из важнейших задач в современном развивающемся мире.

Список литературы

1. Информационный ресурс. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/
2. Информационный ресурс. Режим доступа: <https://www.syl.ru/article/375264/gde-i-kak-utiliziruyut-batareyki>
3. Харламова М.Д. Твердые отходы. Технологии утилизации, методы контроля, мониторинг. Учебное пособие / М.Д. Харламова, А.И. Курбатова. – М.: Юрайт, 2015. – 232 с.
4. Маннанова Г.В. Техника И Технология Утилизации Твердых Отходов / Маннанова Г.Ф. – Москва: РГГУ, 2007. – 407 с.
5. Информационный ресурс. Режим доступа: http://www.motortpage.ru/magazine/news/problema_utilizacii_akkumuljatorov_jelektromobilej_mozhet_bit_reshena.html
6. Информационный ресурс. Режим доступа: <http://ess-vrn.ru/novosti/158-uglerodnye-akkumulyatory-prikhodyat-na-smenu-litievym>

ДЕСТАБИЛИЗАЦИЯ И РАССЛАИВАНИЕ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ НЕФТЕПРОМЫСЛОВЫХ ФЛЮИДОВ СРЕД

Рахимов С.Р.

аспирант, Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Россия, г. Уфа

Лантев А.Б.

главный научный сотрудник лаборатории «Климатическая, микробиологическая стойкость и пожаробезопасность неметаллических материалов»,
Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов,
Россия, г. Москва

Бугай Д.Е.

профессор кафедры «Технология нефтяного аппаратостроения»,
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, г. Уфа

Киреев Д.М.

доцент кафедры «Технология нефтяного аппаратостроения»,
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Россия, г. Уфа

На основании опыта многолетней работы по использованию магнитогиродинамической обработки для повышения эффективности добычи нефти теоретически обоснована возможность

снижения поверхностной энергии глобул нефти в воде и их электростатического отталкивания. Использование магнитогидродинамической обработки приводит к изменению окислительно-восстановительного потенциала водной фазы, коалесценции глобул и эффективному безреагентному расщеплению эмульсий.

Ключевые слова: водо-нефтяная эмульсия, магнитогидродинамическая обработка, окислительно-восстановительный потенциал, электростатическое отталкивание глобул.

Результаты анализа литературных источников показывают, что стабильность водонефтяных эмульсий обеспечивается образованием энергетически стабильных глобул, оболочка которых состоит из ПАВ, смол и механических примесей, сшитых водородными связями и Ван-дер-ваальсовыми силами [1, 2]. В оболочке глобул формируется слой, в котором остаются только ориентированные взаимной поляризацией, сшитые водородными связями смолы и ПАВ. В случае образования эмульсии типа «нефть в воде» на поверхность оболочки выходят гидрофильные лиганды молекул. Поскольку поверхность глобул имеет одноименный заряд, они отталкиваются друг от друга, и происходит электростатическая стабилизация эмульсий. Стабильность эмульсий со временем увеличивается за счет дробления и старения глобул. Подобный механизм стабилизации эмульсий вызывает необходимость разработки новых методов их расщепления, основанных на индуцировании в потоке эмульсии направленных электрических полей, которые способны изменять ориентацию молекул ПАВ и смол в оболочке глобул, снижать силы поверхностного натяжения, величину заряда на поверхности и, таким образом, обеспечивать слияние сталкивающихся в турбулентном потоке глобул [3, 4].

На поздних этапах разработки нефтяных месторождений процесс добычи нефти сопровождается высокой обводненностью, что приводит к таким осложнениям, как отложение на внутренних стенках трубопроводов неорганических солей [5, 6], высокая коррозионная агрессивность добываемой продукции pH [7, 8], интенсивное эмульсиеобразование [7, 8]. Эти осложнения повышают аварийность, которой сопутствует экологический и материальный ущерб. Попытки снизить скорость коррозии трубопроводов путем применения ингибиторной защиты приводят к росту концентрации ПАВ в водной фазе. Удаление с поверхности насосно-компрессорных труб и шлейфовых трубопроводов отложений солей увеличивает количество взвешенных механических примесей в водонефтяном потоке [9, 10]. В результате происходит электростатическая стабилизация глобул нефти в воде ПАВ и механическая стабилизация отдельных глобул нефти в воде взвешенными частицами.

В состав добываемой продукции входит весь спектр углеводородов – газы (водород, метан, этан, пропан), бензиновая (C₅-C₁₀), дизельная (C₉-C₂₀) и масляная (C₁₀-C₃₀) фракции, мазут (C₁₀-C₅₀) и битум (C₅₀ и выше). Кроме углеводородов в нефти содержатся гетероорганические соединения, количество которых варьируется в широких пределах от месторождения к месторождению.

Цель работы – оценка возможности расщепления водонефтяных эмульсий магнитогидродинамической обработкой пластовых флюидов

Взаимное отталкивание поверхностных зарядов приводит к формированию симметричного относительно центра сферического строения глобулы. Внутренняя часть глобулы состоит из легких углеводородов и растворенных в них смол и асфальтенов. В результате формируется оболочка глобулы, в которой концентрируются ориентированные взаимной поляризацией, сшитые водородными связями

смолы и ПАВ. При этом в случае образования эмульсии типа «нефть в воде» на поверхность выходят гидрофильные лиганды молекул.

За определенный период времени, величина которого зависит от температуры эмульсии, происходит образование энергетически сбалансированной глобулы. При этом, чем выше температура эмульсии, тем меньше данный период. На ее поверхности формируется сплошная моно- или полимолекулярная пленка из сшитых водородными связями молекул ПАВ и смол. К поверхности оболочки за счет сил Ван-дер-ваальсового взаимодействия притягиваются положительные ионы, механические примеси (особенно сульфиды и оксиды железа) и диполи воды. Теми же силами к внутренней поверхности оболочки глобулы притягиваются гетероорганические молекулы углеводов, также имеющие положительные заряды на гетероатомах.

Важным показателем водонефтяной эмульсии является ее устойчивость, то есть способность в течение определенного времени не разделяться на воду и нефть. На образование и стабилизацию эмульсий влияют несколько факторов:

- поверхностно-активные свойства водной и нефтяной фаз;
- выделение газов;
- шероховатость металла внутренней поверхности труб;
- вид насоса – наиболее устойчивые эмульсии образуются при использовании центробежных насосов, менее устойчивые – при использовании насосов штангового и винтового типов;
- скорость потока;
- соотношение водной и нефтяной фаз;
- способность жидких фаз к накоплению электростатических зарядов.

При движении эмульсии по трубопроводам с внутренней футеровкой и без нее происходит перераспределение электростатических зарядов между водой и нефтью. При этом, как правило, отрицательные заряды накапливаются в воде, а положительные – в нефти за счет образования карбокатионов [11, 12].

Экспериментально установлено [13, 14], что введение в эмульсию деэмульгаторов, имеющих разветвленные молекулы со значительным дипольным моментом, наряду с первоначальным снижением межфазного натяжения «вода – нефть» с течением времени приводит к интенсификации перераспределения электростатических зарядов, что значительно увеличивает поверхностное натяжение. Таким образом, на определенном расстоянии от точки дозирования деэмульгатора в трубопровод будет накапливаться заряд, достаточный для еще большей стабилизации исходной эмульсии.

Известно, что взаимодействие на близких расстояниях, осуществляемое силой отталкивания между молекулами, которая возникает при перекрывании их электронных облаков, называется обменным взаимодействием. Энергия обменного взаимодействия U_{exc} (кДж/моль) рассчитывается методами квантовой механики, исходя из принципа Паули. Другие силы межмолекулярного взаимодействия можно рассматривать в рамках классической электростатики. Суммарную энергию взаимодействия можно представить следующим выражением

$$U = U_{exc} + U_{ele} + U_{ind} + U_{dis},$$

где U_{ele} – энергия электростатического взаимодействия, кДж/моль;

U_{ind} – энергия индукционного взаимодействия, кДж/моль;

U_{dis} – энергия дисперсионного взаимодействия, кДж/моль.

Отметим, что возникающий при электризации эмульсии заряд увеличивает суммарную энергию взаимодействия за счет роста энергии электростатического взаимодействия.

При образовании эмульсии увеличивается поверхность дисперсной фазы, поэтому для осуществления процесса эмульгирования должна быть затрачена определенная работа, которая концентрируется на поверхности раздела фаз в виде свободной поверхностной энергии. Энергия, затраченная на образование единицы межфазной поверхности, называется поверхностным (межфазным) натяжением σ .

Для разбавленных систем кинетическая устойчивость может оцениваться, как величина обратная скорости оседания (или всплывания) частиц дисперсной фазы:

$$K_y = \frac{1}{W_r} = \frac{g V_N}{2(\rho_B - \rho_H) r_B^2 g},$$

где W_r – скорость оседания частиц дисперсной фазы;

r – радиус частиц;

$\rho_B - \rho_H$ – разность плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды, кг/м³;

ν – кинематическая вязкость, м²/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Из уравнения следует, что чем выше вязкость дисперсионной среды, меньше разность плотностей эмульгируемых сред и радиус глобул воды (частиц дисперсной фазы), тем выше кинетическая устойчивость эмульсий.

При движении эмульсии по стальным изолированным трубопроводам с внутренней футеровкой и без нее происходит перераспределение электростатических зарядов между водой и нефтью. При этом, как правило, отрицательные заряды накапливаются в воде, а положительные сосредотачиваются в нефти за счет образования карбокатионов [2].

Рассмотрим механизм стабилизации эмульсий электростатическими зарядами.

Классическим определением энергии Гиббса является выражение

$$G = U + PV - TS,$$

где U – внутренняя энергия;

P – давление;

V – объем;

T – абсолютная температура;

S – энтропия.

Дифференциал энергии Гиббса для системы с постоянным числом частиц, выраженный в собственных переменных – через давление p и температуру T :

$$dG = -SdT + VdP.$$

Для системы с переменным числом частиц этот дифференциал записывается следующим образом:

$$dG = -SdT + VdP + \sigma dw + \sum \mu_i dn_i + \varphi dq,$$

где σ – поверхностное натяжение;

w – площадь поверхности;

μ_i – химический потенциал i -го компонента, который можно определить как энергию, которую необходимо затратить, чтобы добавить в систему ещё одну частицу;

n_i – число молей i -го компонента;

φ – электрический потенциал;

q – количество электричества (заряд).

Это уравнение показывает приращение энергии Гиббса через алгебраическую сумму приращений других видов энергии. Очевидно, что поверхностная энергия способна переходить в следующие виды энергии:

- 1) энергия Гиббса;
- 2) теплота;
- 3) химическая энергия;
- 4) механическая энергия;
- 5) электрическая энергия.

Превращение поверхностной энергии в один из перечисленных видов энергии соответствует определенным поверхностным явлениям, таким как изменение реакционной способности при изменении дисперсности, адгезия и смачивание, капиллярность, адсорбция, электрические явления.

Свободная энергия системы в процессе диспергирования увеличивается ($\Delta G > 0$), система характеризуется высокими значениями σ на межфазной границе. Избыток свободной энергии делает такие системы термодинамически неустойчивыми. Для них характерны самопроизвольные процессы, снижающие этот избыток.

Размер капель воды в эмульсии обычно обратно пропорционален количеству энергии, затраченной в процессе турбулизации жидкости, и чем больше энергии затрачено, тем меньше диаметр капель, а, следовательно, больше их суммарная удельная поверхность.

Устойчивость эмульсий связана, прежде всего, с избытком межфазной свободной энергии. Поверхностная энергия σds может превращаться в электрическую (электрические и электрокинетические явления) энергию. На величину поверхностного натяжения влияет введение ПАВ. Например, деэмульгаторы, которые применяют для разрушения эмульсий, снижают σ на границе раздела фаз.

Стремление гетерогенной системы к уменьшению поверхностной энергии вызывает отрицательное ориентирование полярных молекул, ионов, электронов в поверхностном слое, вследствие этого соприкасающиеся фазы (вода-нефть) приобретают заряды противоположного знака, равные по величине. При этом согласно уравнению приращения энергии Гиббса избыточная поверхностная энергия может превращаться в электрическую.

Из объединенного уравнения I и II начал термодинамики имеем:

$$dG = \sigma dw + \varphi dq,$$

при $T, p, n = \text{const}$.

Вычитая это уравнение из уравнения полного дифференциала энергии Гиббса получим:

$$wd\sigma + qd\varphi = 0,$$

или

$$-q_w = \frac{d\sigma}{d\varphi}.$$

Последняя формула – уравнение Липмана. Оно определяет связи между зарядом, потенциалом двойного электрического слоя и поверхностным натяжением среды, в которой он образован. В случае двухфазной системы «нефть-вода» под электрическим потенциалом подразумевается окислительно-восстановительный потенциал воды.

Увеличение окислительно-восстановительного потенциала системы увеличивает энергию образования двойного электрического слоя на поверхности глобул воды. Это приводит к взаимному отталкиванию капель водной фазы, что затрудняет их коалесценцию. Таким образом, накопление электростатических зарядов водной фазой значительно увеличивает устойчивость эмульсии, что приводит к повышению энергозатрат по ее дальнейшему разрушению.

Учитывая, что Eh показывает изменение концентрации окислителей в среде, для определения изменения скорости коррозии в среде с измененным Eh можно записать для водородного электрода уравнение Нернста для окислительно-восстановительной системы $H^+ /$ газообразный водород H_2

$$Eh = E_0 + \frac{0,059}{2} \lg\left(\frac{c_{H^+}^2}{p_{H_2}}\right),$$

где E_0 – стандартный Eh , для водородного электрода $E_0 = 0$;

c_{H^+} – концентрация ионов водорода на электроде, г · ион/1000 г.

В работах [15, 16] показано, что использование магнитогидродинамической обработки приводит к разделению потока на поток с избытком и поток с недостатком ионов гидроксония и изменения окислительно-восстановительного потенциала воды. Это создаст на поверхности эффект уменьшения значения поверхностного заряда и позволит преодолеть глущулами силы электростатического отталкивания и позволить слиться двум глобулам, что в итоге, приведет к расслаиванию эмульсии в целом.

Выводы

1. Длительная эксплуатация нефтяных месторождений, дозирование химических реагентов и вымывание из пласта высокомолекулярных соединений нефти (асфальтенов и смол) приводят к образованию устойчивых эмульсий.

2. Устойчивость эмульсий обеспечивается образованием энергетически стабильных глобул нефти, оболочка которых состоит из ПАВ, смол и механических примесей, сшитых водородными связями и силами Ван-дер-ваальсового взаимодействия.

3. Показана возможность расслаивания нефтяных эмульсий индуцированием в потоке эмульсии направленных электрических полей с целью снижения поверхностного потенциала (энергии) для снижения сил поверхностного натяжения и обеспечения слияния сталкивающихся в турбулентном потоке глобул.

Список литературы

1. Лаптев А.Б., Рахимов С.Р., Латыпов О.Р., Тюсенков А.С., Ахияров Р.Ж., Бугай Д.Е. Электрохимический метод разделения водонефтяной эмульсии. Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2015. № 3 (101). С. 59-68.
2. Рахимов С.Р., Латыпов О.Р., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е. Энергоэффективная установка для безреагентного расслаивания водонефтяных эмульсий. В сборнике: Трубопроводный транспорт – 2016 : Материалы XI Международной учебно-научно-практической конференции. 2016. С. 373-374.
3. Рахимов С.Р., Лаптев А.Б. Коррозионная активность водонефтяных эмульсий. Научно-технический журнал «Нефть, газ, новации». № 9, 2012. С.60-63.
4. Латыпов О.Р., Тюсенков А.С., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е. Способ управления водородным показателем рН и окислительно-восстановительным потенциалом Eh технологических жидкостей нефтепромыслов и устройство для его осуществления. Патент на изобретение RUS 2546736 24.12.2013.
5. Лаптев А.Б. Методы и агрегаты для магнитогидродинамической обработки водонефтяных сред: автореферат дисс. докт. техн. наук. – Уфа: Уфимский гос. нефтяной технич. ун-т. 2008. 48 с.

6. Спивак А.Е., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е. Некоторые 1,2-замещенные имидазолины в качестве ингибиторов сероводородной коррозии. В сборнике: Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа материалы международной научно-практической конференции. 2013. С. 342-343.
7. Аминов О.Н., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е., Вольцов А.А., Максимочкин В.И., Фозекош Д.И. Предотвращение сульфатредукции сульфатовосстанавливающих бактерий магнитогидродинамическим методом. Трубопроводный транспорт – 2006. Тезисы докладов учебно-научно-технической конференции. Редкол.: А.М. Шаммазов и др. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. С. 22.
8. Рахимов С.Р., Латыпов О.Р., Лаптев А.Б., Бугай Д.Е. Энергоэффективная установка для безреагентного рассאיивания водонефтяных эмульсий. В сборнике: Трубопроводный транспорт – 2016 Материалы XI Международной учебно-научно-практической конференции. 2016. С. 373-374.
9. Ахияров, Р.Ж. Методика расчета параметров магнитогидродинамической обработки для подготовки нефти на промыслах / Р.Ж. Ахияров, С.Р. Рахимов, Ю.Г. Матвеев, А.Б. Лаптев, Д.Е. Бугай, О.Р. Латыпов // Электронный научный журнал "Нефтегазовое дело". – 2011. – № 5. – URL: http://www.ogbus.ru/authors/Akhiyarov/Akhiyarov_2.pdf.
10. Laptev A.B., Rakhimov S.R., Bugai D.E. FEATURES OF SHELL STRUCTURE OF OIL GLOBULE IN WATER-OIL EMULSION. Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2018. № 1 (111). С. 105-115.
11. Лаптев, А.Б. Электрохимический метод разделения водонефтяных эмульсий / А.Б. Лаптев, С.Р. Рахимов, О.Р. Латыпов, А.С. Тюсенков, Р.Ж. Ахияров, Д.Е. Бугай // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2015. – № 3 (101). – С. 59-69.
12. Тюсенков, А.С. Влияние реагентной обработки внутренней поверхности нефтепровода на образование статического электричества / А.С. Тюсенков, И.А. Рамазанов, С.Р. Рахимов, Д.Е. Бугай // 62-я науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: матер. конф. – Уфа: УГНТУ, 2011. – С. 149.
13. Рахимов, С.Р. Разработка пилотной установки для безреагентного разрушения водонефтяных эмульсий / С.Р. Рахимов, А.Б. Лаптев, О.Р. Латыпов, Д.Е. Бугай, Е.М. Абуталипова // Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортозамещение: проблемы и пути решения: матер. Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием. – Стерлитамак, типография ООО «Издательские системы», 2015. – С. 58-60.
14. Рахимов, С.Р. О стабилизации водонефтяных эмульсий статическими зарядами, образующимися при движении нефти по трубопроводам / С.Р. Рахимов, А.Б. Лаптев, Д.Е. Бугай // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2011. – С. 118-119.
15. Рахимов, С.Р. О возможности использования магнитогидродинамической обработки для расслаивания водонефтяных эмульсий / С.Р. Рахимов, А.Б. Лаптев, Д.Е. Бугай // Инновационная деятельность предприятий по исследованию и получению современных материалов и сплавов: матер. междунар. науч. конф. – Орск, М.: Машиностроение, 2012. – Т. 1 – С. 506-510.
16. Кононов, Д.В. Устройство для изменения окислительно-восстановительного потенциала воды и водонефтяных эмульсий / Д.В. Кононов, С.Р. Рахимов, А.Б. Лаптев, Д.Е. Бугай // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, ГУП «ИПТЭР», 2013. – С. 451-453.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПАРЫ ТРЕНИЯ ZX-530 С КАРБИДОМ ВОЛЬФРАМА

Роцин М.Н.

ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук,
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Россия, г. Москва

В работе рассматриваются вопросы трения композиционного синтетического материала ZX-530 в паре с покрытием из WC при смазке маловязкими жидкостями.

Ключевые слова: трение, коэффициент трения, смазка, морская вода.

Проектирование и создание узлов трения, использующих рабочую жидкость, как смазку, является востребованной проблемой современного машиностроения. Создание подшипников скольжения, смазываемых водой или другими маловязкими и немалянистыми жидкостями, за последние годы посвящается большое количество исследований. Актуальность этой проблемы определяется в первую очередь тем, что её решение дает возможность использовать для смазки подшипников рабочую жидкость машины; это позволяет улучшить конструкцию многих механизмов. Смазка подшипников водой позволяет упростить конструкцию и уменьшить габариты за счет устранения разделительных уплотнений и автономной системы смазки с баками, теплообменниками и пр.

Смазка водой оправдана в тех случаях, когда машина работает в водяной среде (водяные насосы, опоры гребных винтов, подводный механизированный инструмент и т.д.). В отдельных случаях применяют водяную смазку и на машинах общего назначения.

Применение воды, как смазки, накладывает определенные требования на использование материалов при конструировании опор скольжения. На износ образцов влияет состав воды [1]. Морская вода увеличивает коррозионную агрессивность среды. При смазке морской водой валы выполняют из закаливающих коррозионноустойчивых сталей или же используют коррозионноустойчивые износостойкие покрытия. В качестве вкладышей должны использоваться материалы с высокими антифрикционными свойствами: текстолит, дифлон, капрон, нейлон, фторопласты и др.

Вода, как смазочная жидкость, обладает особенно полезными свойствами применительно к опорам валов, имеющим высокую скорость вращения: малую вязкость (в 40 раз меньше самых маловязких минеральных масел) и высокую теплоемкость (в 2,5 раза больше, чем у минеральных масел), что обеспечивает низкий температурный режим работы подшипников и при соответствующих материалах пары трения существенно снижает потери на трение в них [2].

С развитием науки и технологии в последние годы разработан ряд материалов на основе фторопласта. Для работы в условиях достаточно агрессивных сред был разработан термопластичный композиционный синтетический материал на основе полифениленсульфида ZX-530. Материал не подвергается воздействию множества химических веществ и может заменить в узлах скольжения керамику и фторопласт, превосходя их значительно по характеристикам. ZX-530 также является подшипниковым материалом для работы всухую и обладает очень высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения. Применяется в качестве деталей узлов скольжения, работающих в диапазоне температур от -100 до +240°C [3].

Цель исследования: определение трибологических характеристик пары трения ZX-530 и WC при использовании различной смазки.

Испытуемые образцы имели форму диска Ø50 мм, шириной 12 мм и форму колодки длиной 18 мм, шириной 10 мм с внутренней поверхностью Ø50 мм. Испытания проводились по схеме «диск-колодка», приведенной на рис. 1 [4], на универсальной машине трения ИИ-5018, производитель: ОАО «Точприбор», г. Иваново.

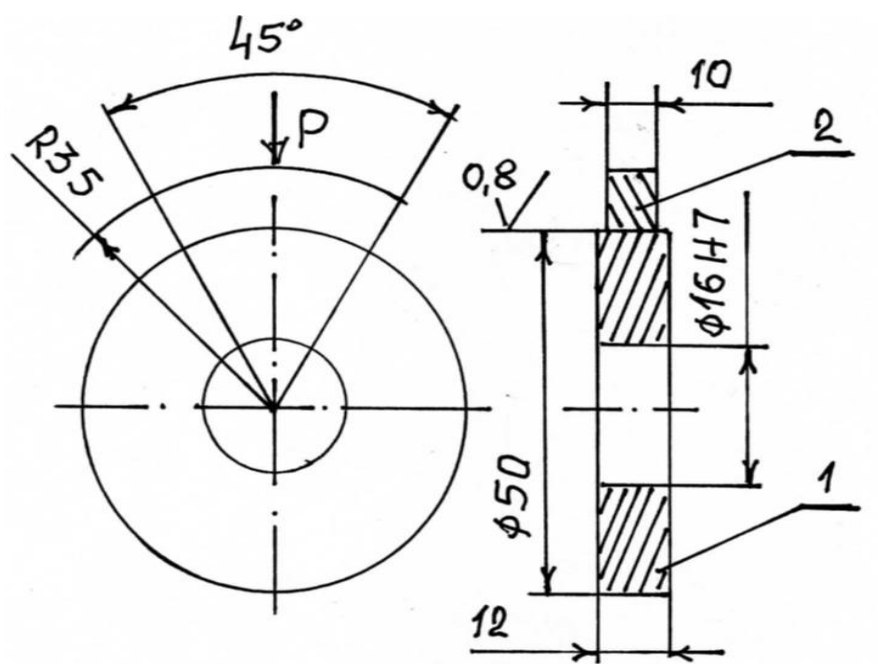


Рис. 1. Схема испытаний: 1 – диск, 2 – колодка

Нижняя часть диска постоянно находилась в ванне со смазкой рис. 2.

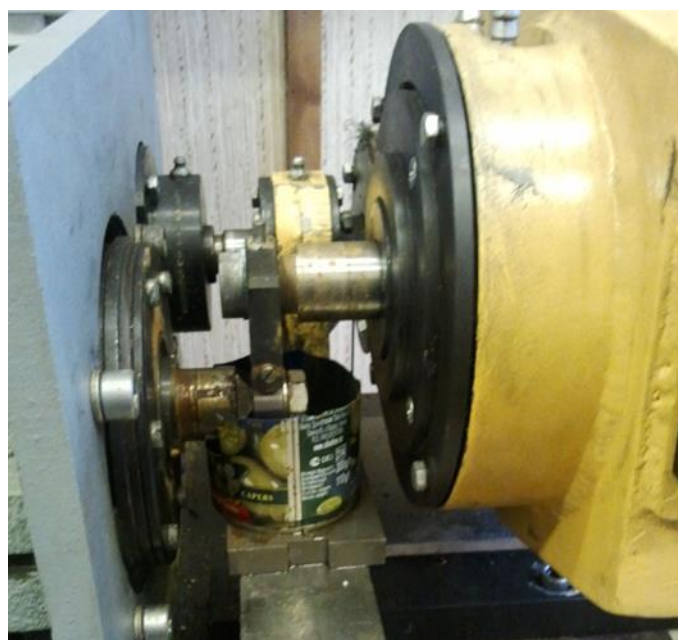


Рис. 2. Вид узла машины трения ИИ 5018 при испытании образцов по схеме диск-колодка

Испытания проводились при скорости 1,0 м/с и нагрузке 0,5 МПа. Время испытаний составляло 120 мин. В качестве смазки использовалась вода, морская вода, масло И-20А. В результате испытаний производилась запись момента трения в течение всего времени испытаний и измерялась температура пирометром Sight MS Pro периодически через 15 мин.

Принцип действия машины заключается в истирании пары образцов, прижатых друг к другу силой P . В процессе работы на нижнем образце измерялся момент трения.

Настоящие исследования проводили на паре образцов. Диски изготовлены с покрытием WC, а колодка была изготовлена из материала ZX-530.

Испытания проводились в соответствии с методикой РД 50-662-88.

Вода, как смазочный материал, требует особого подхода к подготовке поверхностей трения. Испытуемые диски с покрытиями имели класс шероховатости поверхности 8, колодка 6 класс.

По результатам испытаний был определен коэффициент трения при сухом трении колодки по диску и смазке: вода, морская вода, масло И-20А (рис. 3).

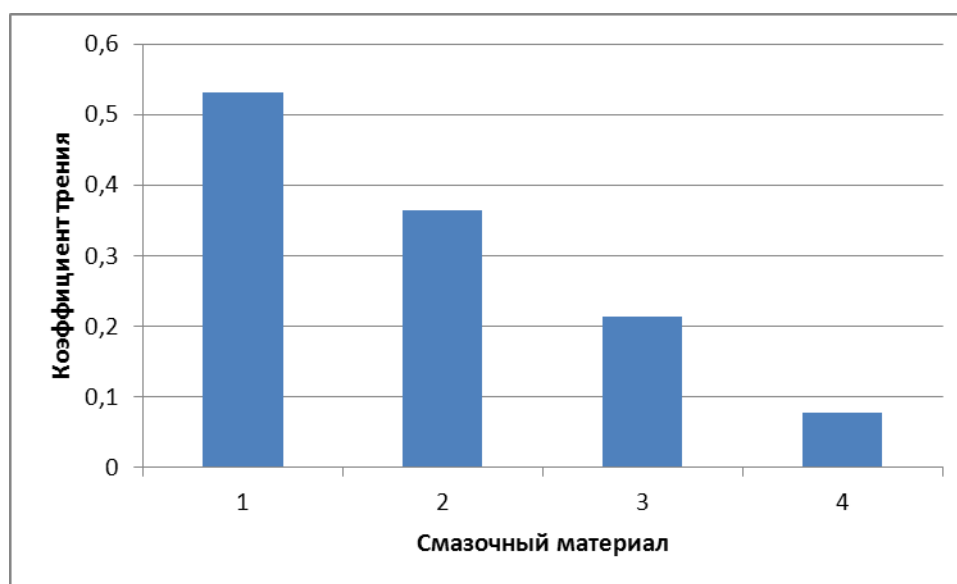


Рис. 3. Коэффициент трения пары ZX-530 и WC при смазке: 1 – сухое трение, 2 – вода чистая, 3 – вода морская, 4 – масло И-20А

Коэффициент трения пары ZX-530 и WC при смазке морской водой составляет 0,214, а при смазке маслом И-20А – 0,077. Для уменьшения коэффициента трения необходимо создавать гидродинамический режим работы опоры.

Выводы

Проведенные трибологические испытания подтвердили работоспособность пары трения ZX-530 и WC при сухом трении, смазке водой, морской водой и маслом И-20А, при скорости 1,0 м/с и нагрузке 0,5 МПа. Результаты могут быть использованы в насосостроении при смазке опор скольжения морской водой.

Список литературы

1. Experimental study on wear behaviors of TBM disc cutter ring under drying, water and sea-water conditions/Xuhui Zhang, Yimin Xia, Yichao Zhang et al. //Wear. – 2017. – Vol. 392–393. – P. 109-117.
2. Дьячков А.К. Особенности работы подшипников, смазываемых водой// В сб. «Исследование смазочных материалов при трении». – М.: Наука, 1988. – С. 66-73.
3. http://plastmass-group.ru/catalog/materials/Seria_ZX_530/zx-530.
4. Роцин М.Н. Фрикционные свойства пары трения ZX-530 и алмазоподобного покрытия при смазке морской водой // В сборнике: Научный потенциал молодежи и технический прогресс : Материалы I международной научно-практической конференции. 2018. – С. 66-68.

О ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКЕ ПРИ СРАБОТКЕ ВОДОХРАНИЛИЩА НА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ ЭКРАН ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ

Саинов М.П.

доцент кафедры гидравлики и гидротехнического строительства, к.т.н., доцент,
Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Россия, г. Москва

С помощью численного моделирования определена величина ледовой нагрузка на крепление верхового откоса грунтовой плотины, возникающей при сработке уровня водохранилища. Анализ показал, что нормативная методика определения ледовой нагрузки требует корректировки, т.к. содержит невозможное в реальности допущение.

Ключевые слова: ледовая нагрузка, грунтовая плотина, крепление откоса, сработка водохранилища, численное моделирование.

Ледовые нагрузки могут оказывать значительное влияние на прочность и устойчивость гидротехнических сооружений. При проектировании морских платформ уделяется большое внимание определению нагрузок от движущегося ледяного поля [1,2]. Однако для конструкций грунтовых плотин наибольшую опасность представляют другой вид ледовых нагрузок, это нагрузка, возникающая при изменении уровня водохранилища. В этом случае ледяной покров, жёстко скреплённый с бетонным покрытием откоса, создаёт воздействие, отрывающее покрытие от тела плотины.

Расчёт восприятия ледовых нагрузок особо важен при проектировании каменно-набросных плотин с противофильтрационным элементом в виде железобетонного экрана, т.к. высокие ледовые нагрузки могут вызвать его разрушение и нарушение герметичности плотины. Нами было проведено исследование работы железобетонных экранов при действии ледовых нагрузок, которое позволило дать рекомендации по методике таких расчётов.

Расчёты были проведены по двум методикам. Первая методика заключается в расчёте прочности верхового покрытия упрощённым методом сопротивления материалов при действии ледовых нагрузок, определённых в соответствии со строительными нормами. Вторая методика основана на применении для исследования процессов взаимодействия ледяного покрова с сооружением численного моделирования.

При расчёте по первой методике ледовые нагрузки определялись по СП 38.13330.2012¹. В этом нормативном документе нагрузки от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды выражаются через вертикальную силу и момент сил. Нормативная методика позволяет учитывать, что при изгибе ледяного покрова прочность льда может быть нарушена. Случаю нарушению прочности льда соответствует предельная величина силовых нагрузок. Методика учитывает, что прочность льда зависит от его температуры. На верхней поверхности ледяного покрова она соответствует температуре воздуха, а на нижней поверхности соответствует температуре на границе «лёд-вода».

В табл. 1 приведены результаты расчёта силовых нагрузок по нормативной методике для двух вариантов толщины ледяного покрова – 1 м и 2 м. При расчёте были приняты очень неблагоприятные температурные условия: Принималось, что

¹ СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*. М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 112 с.

нижней поверхности ледяного покрова температура ниже нуля, прочность льда на сжатие была принята 2 МПа. Для верхней поверхности льда температура принималась ниже -30°С. Для этого случая прочность льда на сжатие была принята равной 6,7 МПа, а прочность на растяжение – 2 МПа. Таким образом, был рассмотрен случай, когда на верхней и нижней гранях прочность льда одинакова.

Таблица 1

Величины нагрузок ото льда по СП 38.13330.2012

Толщина льда [м]	Прочность льда на сжатие [МПа]		Вертикальная сила [МН]		Момент силы [МН·м]	
	внизу	вверху	максимум	предел	максимум	предел
1	2,0	6,7	0,20	0,028	3,1	0,33
2			0,70	0,047	17,4	1,34

По результатам расчётов было получено, что по сравнению с изгибающим моментом вертикальная сила от ледяного покрова мала.

Через полученные силовые нагрузки были рассчитаны напряжения, возникающие в покрытии откоса плотины, выполненном в виде железобетонной плиты. Расчёт проводился по формуле внецентренного сжатия, с определением средних напряжений и моментной составляющей напряжений $\Delta\sigma$. Результаты представлены в табл. 2. Расчёт проводился для трёх вариантов, различающихся толщиной льда и толщиной железобетонного экрана.

Таблица 2

Напряжения в экране при расчёте по СП 38.13330.2012

№ вар.	Толщина экрана [м]	Толщина льда [м]	Верт. сила [МН]	Момент силы [МН·м]	Продольные напряжения в экране [МПа]			
					средние	$\Delta\sigma$	низовая грань	верховая грань
1	1,0	1,0	0,024	0,29	-0,017	2,01	-2,03	1,99
2	1,0	2,0	0,041	1,17	-0,017	8,02	-8,04	8,00
3	2,0	2,0	0,041	1,17	-0,008	2,01	-2,02	2,00

По результатам расчёта низовая грань бетонного покрытия испытывает существенные растягивающие напряжения, превышающие прочность бетона на растяжение. В случае, если толщина льда превышает толщину крепления, растягивающие напряжения столь велики, что прочность покрытия не сможет быть обеспечена за счёт армирования.

Вторая методика расчёта заключалась в исследовании формирования напряжённо-деформированного состояния (НДС) системы «плотина – ледяной покров» с помощью численного моделирования методом конечных элементов. Принималось, что поверхность ледяного покрова располагается на 1,3 м ниже гребня плотины. Модуль деформации льда принимался равным 5000 МПа, коэффициент Пуассона – 0,3. В численной модели использовались конечные элементы с квадратичной степенью аппроксимации перемещений внутри элемента. В конечно-элементной модели предусматривались контактные конечные элементы для возможности моделирования образования вертикальных трещин.

При расчёте воспроизводилось постепенная сработка водохранилища, рассматривались несколько моментов времени. Фиксировались напряжения в ледяном покрове и железобетонном покрытии.

Численное моделирование НДС позволили смоделировать процесс изгиба ледяного покрова при сработке водохранилища. Наибольшие по величине напряжения возникают в области примыкания льда к покрытию. Верхняя часть ледяного покрова испытывает растяжение, а нижняя – сжатие.

Было выявлено, что нарушение прочности ледяного покрова рассматриваемых толщин происходит при относительно неглубокой глубине сработки водохранилища. Прочность контакта между ледяным покровом и бетонным покрытием никогда не нарушается. Наиболее опасное сечение располагается чуть дальше.

Максимальные главные σ_1 на верховой грани действуют в направлении близком к горизонтальному, однако за счёт наличия касательных напряжений наиболее опасные площадки (наиболее вероятное направление трещин) близко к вертикали, но не совпадает с ней.

Анализ результатов позволил получить важные результаты о применимости нормативной методики расчёта ледовых нагрузок, установленной в СП 38.13330.2012. Анализ результатов напряжённого состояния экрана показал, максимальные по величине продольные напряжения в экране близки к полученным по приближённой методике. В нижней зоне экран «вдавливается» в тело плотины, в то время как верхняя часть экрана отрывается от него (табл. 3). Однако в варианте №2 напряжения в экране оказались на 17% меньше, чем по нормативной методике.

Однако анализ напряжённого состояния ледяного покрова выявил неточность нормативной методики. По результатам численного моделирования растягивающие напряжения на верхней грани близки по абсолютной величине к сжимающим на нижней грани (табл. 4). Поэтому случай, рассмотренный в нормативной методике, когда сжимающие напряжения на нижней грани могут не соответствовать по величине растягивающим напряжения на верховой грани, является невозможным.

Таблица 3

Результаты расчёта НДС

Толщина экрана [м]	Толщина льда [м]	Глубина сработки [см]	Максимальное нормальное перемещение экрана [мм]
1,0	1,0	17	0,9
1,0	2,0	31	4,9
2,0	2,0	41	0,8

Таблица 4

Напряжения в экране по результатам численного моделирования

№ вар.	Толщина экрана [м]	Толщина льда [м]	Максимальные напряжения в ледяном покрове [МПа]		Максимальные напряжения в экране [МПа]	
			растяжение	сжатие	растяжение	сжатие
1	1,0	1,0	2,0	-2,3	1,9	-2,3
2	1,0	2,0	2,0	-2,8	6,6	-7,0
3	2,0	2,0	2,0	-2,7	2,2	-3,0

Выводы

1. Результаты численного моделирования напряжённо-деформированного состояния показывают, что нормативная методика расчёта ледовой нагрузки на крепление откосов, возникающей при опорожнении водохранилища, хорошо описывает условия взаимодействия ледяного покрова с сооружением. Однако эти результаты также позволяют утверждать, что требуется уточнение установленной норма-

тивной методики. Расчётный случай, рассматриваемый в нормативной методике, может не соответствовать реальным условиям. При расчётах силовых нагрузок от льда необходимо принимать, что растягивающие напряжения на верхней грани и сжимающие напряжения на нижней грани ледяного покрова одинаковы по абсолютной величине. Т.к. на формирование ледовых нагрузок оказывает влияние множество факторов, поэтому для формулирования окончательных выводов требуется продолжение исследований.

2. Для восприятия нагрузок от ледяного покрова толщина железобетонного экрана грунтовой плотины должна быть не меньше толщины ледяного покрова.

Список литературы

1. Аблицева А.И., Коваленко Я.М., Уварова Т.Э., Чернова Т.И., Шмыков А.А. Методика проектирования гравитационного железобетонного основания в ледовых условиях в программном комплексе ANSYS // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2016. №4(29). С. 96-106.

2. Складов А.А., Уварова Т.Э. Сравнительный анализ нормативных методик расчета ледовых нагрузок на конические сооружения // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2017. №1(30). С. 86-97.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА СВЧ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Тухватуллин М.И.

старший преподаватель кафедры электроснабжения и применения электрической энергии в сельском хозяйстве, Башкирский государственный аграрный университет, Россия, г. Уфа

В статье приведены результаты исследования процесса СВЧ сушки пиломатериалов в установке с дискретным расположением источников электромагнитной энергии сверхвысокой частоты. Авторами смоделирован процесс СВЧ сушки в программе MatLab. Модель позволяет воспроизводить процессы СВЧ-сушки древесины разных пород и размеров.

Ключевые слова: СВЧ установка, температура, влажность, плотность, влагосодержание, время сушки.

При анализе существующих способов СВЧ сушки пиломатериалов выделяются следующие существенные недостатки процесса сушки:

– различают две зоны, возникающие вокруг источника электромагнитного поля: ближнюю – зону индукции и дальнюю – волновую зону, или зону излучения. Зона индукции имеет протяженность менее чем $\lambda/2\pi$. В этой зоне нет определенной зависимости между электрической и магнитной составляющей. При удалении от источника излучения электрическая составляющая поля спадает пропорционально расстоянию в третьей степени, а магнитная – второй степени. Поэтому в материале, расположенном в зоне индукции, крайне сложно получить равномерное распределение тепла;

– при СВЧ сушке высокая интенсивность внутреннего переноса воды сдерживается обменом с внешней средой. Если при достаточной мощности электромагнит-

ной энергии, подводимой к материалу, не увеличивать влагоотдачу, влажность поверхностных слоёв становится выше внутренних. Для ускорения процесса возникает необходимость комбинации метода с конвективной, либо вакуумной сушкой.

Вышеуказанные недостатки устранены в экспериментальной установке для сушки диэлектрических материалов электромагнитной энергией сверхвысокой частоты [1, с. 30].

Равномерное распределение температурного поля внутри рабочей камеры экспериментальной установки достигается за счет облучения материала встречно направленными потоками электромагнитной энергии сверхвысокой частоты от источников, расположенных в шахматном порядке, а также за счет вращения пиломатериалов вдоль своей оси [2, с. 8.].

Интенсивная сушка, обеспечивающая необходимое качество материала, возможна в том случае, если внутренний перенос влаги к поверхностным зонам осуществляется при малых градиентах влаги. Для этого необходимо путем диэлектрического нагрева древесины создать внутренний источник энергии, изменив, таким образом, направление материального переноса.

Тогда можно регулировать температуру внутренних зон, управляя процессом испарения воды и градиентом влаги по толщине материала.

Уравнение переноса примет вид

$$q = -\alpha\rho_0\left(\frac{du}{dx} - \alpha\delta^T\left(\frac{dT}{dx}\right)\right) - \alpha_p\left(\frac{dp}{dx}\right),$$

где α – коэффициент температуропроводности;

ρ_0 – плотность абсолютно сухой древесины;

δ^T – температурный градиент;

α_p – коэффициент конвективной диффузии;

$\frac{du}{dx}$ – производная влажности по времени;

$\frac{dT}{dx}$ – производная температуры по времени;

$\frac{dp}{dx}$ – производная плотности по времени.

Поля температур, влагосодержания и избыточного давления определяют механизм внутреннего переноса массы. Хотя экспериментально удастся измерить характеристики полей влажности и температуры, возникающие в процессе сушки и подобрать удовлетворительные мощности СВЧ, особый интерес представляет математическое описание процесса переноса.

Закономерности тепло- и массопереноса влаги в древесине при воздействии СВЧ-излучения описаны системой дифференциальных уравнений в частных производных

$$\begin{aligned}\frac{dT}{dt} &= \alpha\nabla^2 T + \frac{\varepsilon^P r_0}{c_e} \frac{du}{dt} + \frac{Q_v}{c_e \rho_0}; \\ \frac{du}{dt} &= \alpha_m \nabla^2 u + \alpha_m \delta^T \nabla^2 T + \varepsilon^P \frac{du}{dt}; \\ \frac{d\rho}{dt} &= \alpha_p \nabla^2 \rho + \frac{\varepsilon^P}{c_o} \frac{du}{dt},\end{aligned}$$

где T – температура древесины;

t – время;
 U – безразмерная влажность древесины;
 ρ – плотность древесины;
 α – коэффициент температуропроводности;
 ε^P – критерий фазового перехода;
 r_0 – скрытая теплота парообразования;
 c_θ – удельная теплоемкость воды;
 Q_v – количество тепла, выделяемого в теле;
 ρ_0 – плотность абсолютно сухой древесины;
 α_m – коэффициент массопроводности древесины;

Для решения системы уравнений необходимо выбрать систему координат, наилучшим образом приспособленную для решения задачи.

Эта система координат должна удовлетворять требованиям наименьшей размерности с сохранением основных закономерностей процесса сушки древесины в электромагнитном поле сверхвысокой частоты.

Поскольку сушке в экспериментальной СВЧ установке чаще всего подвергаются длинномерные древесные изделия, укладываемые в штабеля округлой формы или близкой к ней, то удобным оказывается принять цилиндрическую систему координат, а в предположении того, что длина изделия значительно больше ширины, перейти в полярную систему координат, положив, что изделие имеет цилиндрическую форму.

В этом случае уравнение запишется в виде

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dt} &= \alpha \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{dT}{dx} + \frac{d^2T}{dx^2} \right) + \frac{\varepsilon^P r_0}{c_\theta} \frac{du}{dt} + \frac{\varepsilon 2\pi f \cdot \text{tg}(\delta) E^2}{c_\theta \rho_0} \cdot \frac{1}{V}; \\ \frac{du}{dt} &= \alpha_m \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{du}{dx} + \frac{d^2u}{dx^2} \right) + \alpha_m \delta^T \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{dT}{dx} + \frac{d^2T}{dx^2} \right) + \varepsilon^P \frac{du}{dt}; \\ \frac{d\rho}{dt} &= \alpha_p \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{d\rho}{dx} + \frac{d^2\rho}{dx^2} \right) + \frac{\varepsilon^P}{c_\theta} \frac{du}{dt}; \\ \frac{dT}{dt} &= \alpha \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{dT}{dx} + \frac{d^2T}{dx^2} \right) + \frac{\varepsilon^P r_0}{c_\theta} \frac{du}{dt} + \frac{\varepsilon 2\pi f \cdot \text{tg}(\delta) E^2}{c_\theta \rho_0} \cdot \frac{1}{V}; \\ \frac{du}{dt} &= \frac{\alpha_m}{1 - \varepsilon^P} \left(\left(\frac{1}{x} \cdot \frac{du}{dx} + \frac{d^2u}{dx^2} \right) + \delta^T \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{dT}{dx} + \frac{d^2T}{dx^2} \right) \right); \\ \frac{d\rho}{dt} &= \alpha_p \left(\frac{1}{x} \cdot \frac{d\rho}{dx} + \frac{d^2\rho}{dx^2} \right) + \frac{\varepsilon^P}{c_\theta} \frac{du}{dt}, \end{aligned}$$

где V – объем пиломатериалов, подвергающийся воздействию электромагнитного поля.

Решение рассмотренных систем дифференциальных уравнений было реализовано в пакете MatLab.

В качестве начальных условий были приняты следующие:

Геометрические параметры древесины

$R = 0.25$ – радиус бревна, м.;

$L = 2,2$ – длина бревна, м;

$l = 0,1 \cdot R$ – координата контролируемой точки;

T – температура начальная – 25 °C;

U – влажность начальная – 80%;

ρ – плотность начальная – 940 кг/м³;

α – коэффициент температуропроводности – 0,15;

ε^p – критерий фазового перехода – 1,1.

Результаты моделирования (зависимости температуры от времени, влажности от времени и плотности от времени) приведены на рисунке 1.

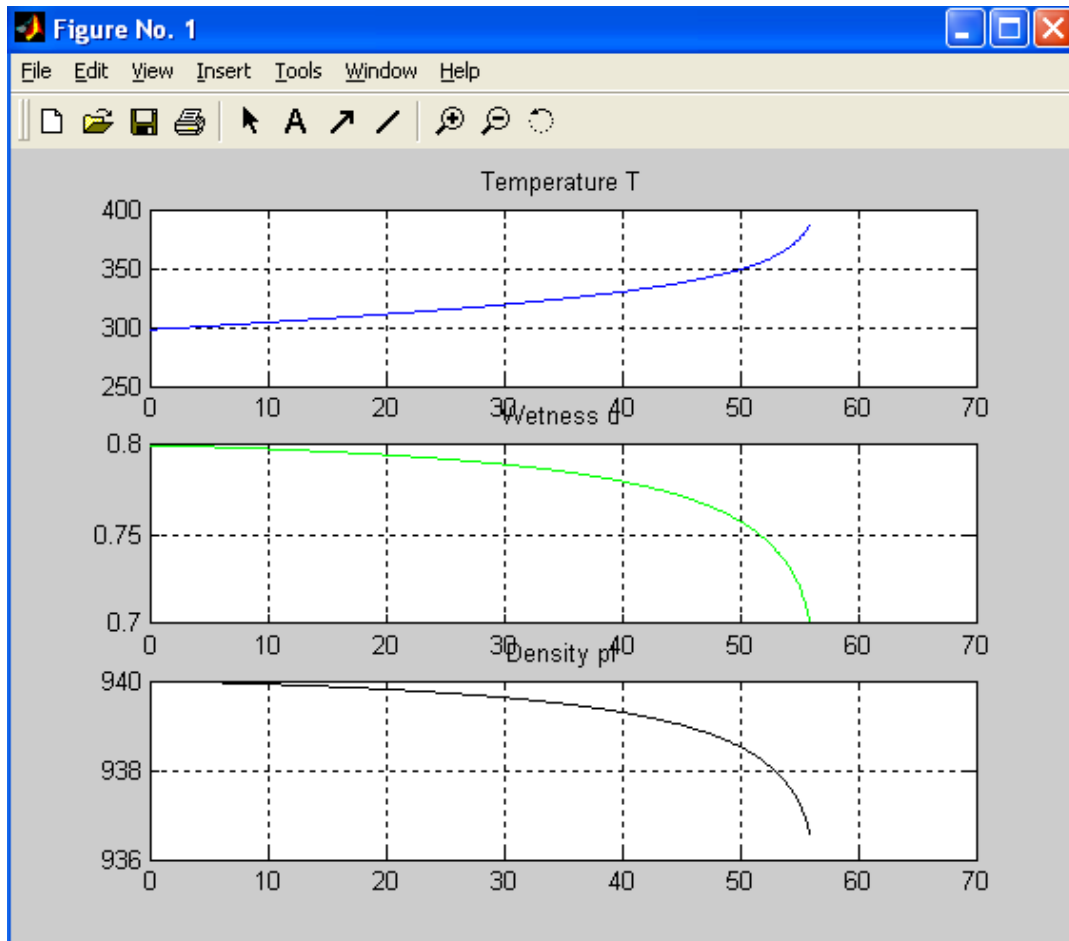


Рис. 1. Результаты моделирования в пакете MatLab

Результаты моделирования практически совпадают с результатами экспериментов, погрешность составляет не более 2...4%.

На основе полученных результатов моделирования разработан эскизный проект эмулятора в программном приложении С1, что позволяет воспроизводить процессы СВЧ-сушки древесины разных пород и размеров.

Окно программы приведено на рисунке 2.

```

clc          % Очистка экрана
% ===== СУШКА МВ =====
clear       % Очистка рабочей области
global l R L E f % Объявление глобальных переменных:
% Геометрические параметры древесины
R=0.25;     % м, радиус бревна
L=2.2;     % м, длина бревна
l=0.1*R;    % м, координата контролируемой точки
% Параметры излучения
E=3;       % В/м, Напряженность ЭМ поля
f=2450*10^6; % Гц, частота для сушки
% =====
% Начальные значения
T0=273+25; % начальная температура, град Кельвина
W=80;     % начальная влажность древесины в процентах
u0=W/100; % начальная влажность в безразм. единицах
rho=940;  % кг/м3, плотность при начальной влажности
% Вектор начальных условий
SET_0= [T0; u0; rho];
% Установка времени моделирования T
t_statr=0; % время начала
t_discrete=0.1; % шаг моделирования
t_finish=100; % время окончания
% Временной массив по заданным параметрам:
T=t_statr:t_discrete:t_finish;
% Парметры вычислений
options=odeset('RelTol',1*10e-3);
% Вызов функции для решения дифференциальных уравнений -
% моделирование из начальных условий "SET_0" с точностью "options"
% в течение времени "T" с шагом "t_discrete"
[T,SET_R]=ode45('Run_03', [T], SET_0, options);

% =====ВЫВОД РЕЗУЛЬТАТОВ=====

```

Рис. 2. Окно программы

Список литературы

1. Аипов Р.С., Тухватуллин М.И. СВЧ установка для сушки пиломатериалов // Научно-производственный журнал «Сельский механизатор» – 2011. – № 10. – С. 30-31.
2. Аипов Р.С., Тухватуллин М.И. Повышение эффективности сушки вращающихся пиломатериалов дискретным расположением магнетронов СВЧ установки // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы III Международная научно-практическая конференция. Саратов. 2012. С. 7-9.

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Фоменко А.И.

профессор, доктор технических наук, профессор,
Вологодский государственный университет, Россия, г. Вологда

Представлены результаты экспериментальных исследований компонентного состава талых вод снегового покрова урбанизированной территории (на примере г. Вологда) как показателя антропогенной нагрузки на качество поверхностных вод источника водоснабжения. Показано, что сток талых вод снегового покрова вносит существенный негативный вклад в формирование качества воды р. Вологда, являющейся источником централизованного водоснабжения города.

Ключевые слова: снеговой покров, источники загрязнения снега, поверхностные воды, химический состав, качество воды.

Основным источником централизованного водоснабжения являются поверхностные воды, которые в настоящее время практически все подвергаются антропогенному загрязнению. Существенный негативный вклад в формирование качества воды таких источников вносит сток талых вод снегового покрова урбанизированных территорий. В работах [1-4] показано, что среди приоритетных загрязнителей снега нередко встречаются токсичные вещества. Снеговой покров урбанизированных территорий, при отсутствии организованного отвода талых вод с последующей очисткой и обезвреживанием, способен дополнительно аккумулировать загрязнения с территории. По данным [5] из массива рассмотренных публикаций следует, что хотя неочищенный сток талых вод снегового покрова вносит существенный негативный вклад в формирование качества поверхностных вод водных систем, исследования его состава традиционно используются в качестве индикаторов загрязнения атмосферного воздуха. Специфическое рассмотрение снегового покрова, как одного из загрязнителей территорий водосбора и непосредственно водных объектов, используется редко.

В настоящей работе экспериментально проанализированы некоторые аспекты воздействия загрязненного снегового покрова урбанизированной территории на качество воды р. Вологда, являющейся источником централизованного водоснабжения города.

Территория Вологодской области относится к регионам с продолжительным сезоном с отрицательными температурами воздуха. На таких территориях снеговой покров является одним из определяющих индикаторов загрязненности окружающей среды. Суммарная проба усредняет уровень загрязнения атмосферного воздуха в пределах территории исследуемого района за период от начала формирования снегового покрова до времени отбора пробы.

Для проведения экспериментальных исследований пробы снегового покрова были отобраны на территории разных функциональных зон города Вологды. Отбор проб проводили одновременно в пределах исследуемого района города с разной степенью техногенного воздействия: в зонах рекреации, селитебной и транспортной. Выбор точек отбора проб, определялся наличием разных функциональных зон на небольшом участке территории города вблизи береговой зоны водного объекта.

Пробы первого свежеснежного покрова были отобраны в качестве фоновых проб. Повторно отбор проб был проведен в этих же точках в период начала интенсивного таяния снега. Пробы были отобраны в местах с равномерно заснеженными снеговыми массами. Отбор проб снегового покрова проводили в соответствии с нормативными требованиями.

В анализируемых пробах талой воды определяли физические показатели и общесанитарные характеристики (цветность, прозрачность, мутность, водородный показатель pH, жесткость, окисляемость бихроматную (ХПК), солесодержание) и показатели химического состава (содержание основных катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ и анионов Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , ионов следовых металлов $\text{Fe}_{\text{общ}}$, $\text{Mn}_{\text{общ}}$, $\text{Cr}_{\text{общ}}$, Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , нефтепродуктов). Аналитические исследования состава проб талой воды выполнены по нормативным методикам и в соответствии с методическими рекомендациями. Основными методами исследования загрязнения снегового покрова являлись качественный и количественный химический анализ.

Путем сравнительного анализа состава талой воды фоновых проб и отобранных в период начала интенсивного таяния снега проведена оценка аккумуляции и накопления в снеговом покрове нормируемых примесей за оцениваемый период. Пробы снега, отобранного в период начала таяния, отличались относительно фоновых проб повышенными значениями мутности, цветности, солесодержания, а также жесткости (таблица). Для всех анализируемых проб характерно увеличение значения величины водородного показателя pH. Основными веществами, накапливаемыми в зимний период в снеговом покрове в пределах исследованной территории, являются ионы натрия и хлора, нефтепродукты. Содержание хлоридов на территории транспортной зоны превышало значение ПДК для водных объектов в 3,2-5,6 раз, ионов натрия – в 2,8-7,4 раз, нефтепродуктов от 4,2 до 22,5 раз. В меньшем диапазоне выявлено накопление ионов калия и сульфат-ионов. Накопление биогенных элементов представлено, в основном, фосфат-ионами. Из числа определяемых в анализируемых пробах ионов тяжелых металлов заметное увеличение концентрации установлено для ионов марганца и железа общего. Характерно также накопление в снеговом покрове ионов свинца, цинка, меди и хрома общего. Содержания ионов Cd^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} в анализируемых пробах не выявлено. Наиболее высокий уровень аккумуляции в снеговом покрове практически по всем определяемым показателям установлен на территории транспортной зоны.

Исходя из экспериментальных данных выполненного анализа компонентного состава талых вод снегового покрова и расчета объема поверхностного стока, поступающего без очистки через систему дождеприемников за оцениваемый период с водосборной территории исследованного участка, неочищенный сток талых вод снегового покрова вносит существенный негативный вклад в формирование качества поверхностных вод р. Вологда. Характерно, что значительное влияние на загрязнение снегового покрова оказывают используемые в зимний период противогололедные реагенты.

Результаты исследований состава талых вод снегового покрова

Определяемый показатель	Единица измерения	Наименование точки отбора проб		
		рекреации	селитебная	транспортная
		Значение величины показателя		
рН	ед. рН	<u>7,9-8,0</u>	<u>8,4-9,1</u>	<u>8,8-9,8</u>
		6,8-7,2	6,5 – 7,1	6,5-7,4
Солесодержание	мг/дм ³	<u>93,3 – 103,8</u>	<u>160,5-218,7</u>	<u>168,4-176,5</u>
		3,5-5,1	4,5 – 6,5	7,5 – 9,2
Цветность	градус	<u>60 – 140</u>	<u>99 – 153</u>	<u>124 – 169</u>
		24 – 49	12 – 52	4-15
Мутность	ЕМ/дм ³	<u>122,7-223,2</u>	<u>102,4-226,1</u>	<u>217,7-295,2</u>
		2,1-5,2	0,4-4,6	2-5,9-6,7
Прозрачность	см	<u>2 – 3</u>	<u>0-2</u>	<u>0-2</u>
		12 – 14	8-14	8-14
Жесткость	ммоль/дм ³	<u>6,4-11,2</u>	<u>8,5-12,1</u>	<u>8,7-9,6</u>
		1,0-1,5	1,0-1,5	1,0-1,5
ХПК	мгО ₂ /дм ³	<u>75,8-79,3</u>	<u>57,6 – 79,4</u>	<u>73,1-77,2</u>
		26,1-23,5	13,7 – 42,6	21,9-34,1
Ca ²⁺	мг/дм ³	<u>5,8-9,9</u>	<u>6,6-10,1</u>	<u>5,6 – 7,4</u>
		0,5 – 1,0	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0
Mg ²⁺	мг/дм ³	<u>0,6-1,3</u>	<u>1,9-2,0</u>	<u>0,9-1,3</u>
		0,5	0,5	0,5
NH ₄ ⁺	мг/дм ³	<u>0,13-0,20</u>	<u>0,15 – 0,16</u>	<u>0,16-0,46</u>
		0,09-0,10	0,09 – 0,28	0,09-0,10
Na ⁺	мг/дм ³	<u>305,3-251,8</u>	<u>431,5-19,0</u>	<u>557,3-1481,1</u>
		0,27-0,29	1,71-0,23	4,53-0,07
K ⁺	мг/дм ³	<u>4,87-5,14</u>	<u>8,08-1,54</u>	<u>5,22-12,36</u>
		0,89-0,31	0,83-0,31	0,17-0,99
NO ₃ ⁻	мг/дм ³	<u>5,0-5,0</u>	<u>5,0-5,0</u>	<u>5,0-5,0</u>
		0,18-0,16	0,16-0,20	0,16-0,20
NO ₂ ⁻	мг/дм ³	<u>0,010-0,014</u>	<u>0,014-0,028</u>	<u>1,713-0,031</u>
		0,006-0,007	0,003-0,003	0,003-0,005
PO ₄ ³⁻	мг/дм ³	<u>1,287-0,509</u>	<u>1,667-1,062</u>	<u>1,49-1,339</u>
		0,200-0,024	0,072-0,300	0,110-0,040
SO ₄ ²⁻	мг/дм ³	<u>3,56-5,24</u>	<u>3,94-2,62</u>	<u>8,89-7,81</u>
		1,92-3,37	1,96-1,60	2,41-3,70
Cl	мг/дм ³	<u>621,09-364,08</u>	<u>1021,4-1146,0</u>	<u>1125,6-1876,1</u>
		0,71-1,77	2,13-0,36	6,38-9,57
Fe _{общ.}	мг/дм ³	<u>0,475-0,135</u>	<u>0,245-0,385</u>	<u>0,650-0,520</u>
		0,209-0,039	0,121-0,162	0,291-0,223
Mn _{общ.}	мг/дм ³	<u>1,289-1,452</u>	<u>1,723-0,476</u>	<u>1,511-1,466</u>
		0,026-0,007	0,099-0,023	0,098-0,173
Cr _{общ.}	мг/дм ³	<u>0,092-0,130</u>	<u>0,142-0,033</u>	<u>0,127-0,137</u>
		0,005-0,003	0,007-0,009	0,013-0,015
Zn ²⁺	мг/дм ³	<u>0,147-0,275</u>	<u>0,346-0,083</u>	<u>0,162-0,241</u>
		0,061-0,040	0,057-0,080	0,061-0,041
Cu ²⁺	мг/дм ³	<u>0,061-0,105</u>	<u>0,126-0,025</u>	<u>0,096-0,095</u>
		0,008-0,004	0,018-0,022	0,014-0,018
Pb ²⁺	мг/дм ³	<u>0,018-0,043</u>	<u>0,039-0</u>	<u>0,057-0,049</u>
		0,017-0,006	0,013-0	0,017-0,005
Нефтепродукты	мг/дм ³	<u>2,54-0,73</u>	<u>2,54-1,68</u>	<u>4,06-6,76</u>
		0,11-0,04	0,11-0,04	0,50-0,63

Примечание: В числителе приведены значения величины показателя анализируемой пробы, отобранной в период начала интенсивного таяния снега; в знаменателе – фоновые значения этой пробы.

Результаты исследования получены в рамках выполнения государственного задания (Задание № 11.9503.2017/8.9).

Список литературы

1. Берсенева М. Л. Содержание тяжелых металлов в снеговом покрове окрестностей города Красноярска // Вода и экология: проблемы и решения. 2016. №2. С. 58-64.
2. Гриднева М. А., Стрелков А. К., Шувалов М. В. Поверхностные сточные воды г. Самары и их влияние на водоёмы как источники водоснабжения // Научное обозрение. 2015. №7. С. 139-143.
3. Соловьева Н. Е., Олькова Е. А., Алябьева А. А., Краева О. В. Исследование талой воды (снега) как показатель загрязнения атмосферы урбанизированной среды // Молодой ученый. 2015. №14. С. 668-672.
4. Макро- и микроэлементы в снеговом покрове в зоне возможного влияния газовой промышленности // Вестник ОГУ. 2006. №12. С. 45-48.
5. Баренбойм Г.М., Чиганова М.А., Авандеева О.П. Методические аспекты анализа загрязнений снегового покрова в связи с их влиянием на качество природных вод. Ч. 1 // Вода: химия и экология. 2010. №11 (29). С. 13-23.

Подписано в печать 09.11.2018. Гарнитура Times New Roman.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 8,48. Тираж 500 экз. Заказ № 281
ООО «ЭПИЦЕНТР»
308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 1
ООО «АПНИ», 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а