

**Международная Научно-Исследовательская Федерация  
«Общественная наука»**

# **Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук**

**Сборник научных трудов**

**по материалам  
IV международной научной конференции**

**12 февраля 2017 г.**

**LJOURNAL.RU**

**Самара 2017**

УДК 001.1  
ББК 60

Т34

**Научный диалог: Вопросы точных и технических наук.** Сборник научных трудов, по материалам международной научно-практической конференции 12 февраля 2017 г. Изд. ЦНК МНИФ «Общественная наука», 2017. – 24с.

**SPLN 001-000001-0099-FF**  
**DOI 10.18411/spc-12-02-2017**  
**IDSP 000001: spc-12-02-2017**

В сборнике научных трудов собраны материалы из различных областей научных знаний. В данном издании приведены все материалы, которые были присланы на международную научно-практическую конференцию **Научный диалог: Вопросы точных и технических наук**

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

Все материалы, размещенные в сборнике, опубликованы в авторском варианте. Редакция не вносила коррективы в научные статьи. Ответственность за информацию, размещенную в материалах на всеобщее обозрение, несут их авторы.

Информация об опубликованных статьях будет передана в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и наукометрическую базу SPINDEX

Электронная версия сборника доступна на сайте ЦНК МНИФ «Общественная наука». Сайт центра: [conf.sciencepublic.ru](http://conf.sciencepublic.ru)

УДК 001.1  
ББК 60

**SPLN 001-000001-0099-FF**

**<http://conf.sciencepublic.ru>**

Содержание

<b>РАЗДЕЛ I. ХИМИЯ</b> .....	4
<b>Скурятина Е.Ю.</b> Доопытная оценка эффективности использования колеманита как стекольного сырья .....	4
<b>РАЗДЕЛ II. ФИЗИКА</b> .....	7
<b>Базуев В.М., Удодов В.Н., Таскин А.Н.</b> Диаграммы основных состояний для адсорбции на нанокластерах .....	7
<b>РАЗДЕЛ III. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	10
<b>Лазарева Е.А.</b> Анализ влияния внешних негативных факторов на характеристики волоконно-оптического кабеля .....	10
<b>РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</b> .....	14
<b>Корнейчук Г.К., Буценко Ю.А.</b> Нанополимерное универсальное вяжущее для асфальтобетонов .....	14
<b>Муравьёв К.А.</b> Влияние трещиностойкости на безопасный ресурс эксплуатируемых нефтяных резервуаров .....	16
<b>Старшев Д.В., Старшева Э.Н.</b> Определение параметров прерывистого шлифовального круга с учетом свойств материала заготовки и степени износа инструмента .....	20

## РАЗДЕЛ I. ХИМИЯ

Скuryтина Е.Ю.

### Доопытная оценка эффективности использования колеманита как стекольного сырья

*Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова  
(Россия, Белгород)*

*doi:10.18411/spc-12-02-2017-01*

*idsp: 000001:spc-12-02-2017-01*

Группа боросиликатных стекол охватывает широкий диапазон разнообразных химических составов: стекла типа пирекс, нейтральные, химически и термически стойкие медицинские стекла, стекловолокна различного назначения (марки Е, С, D), глазури, эмали и т.п.

Содержание оксида бора – уникального компонента, одновременно повышающего механические свойства, термическую и химическую стойкость и снижающего температуру варки, в зависимости от функциональных особенностей стекла варьирует от 1...3 до 10...15 и даже 20 мас. %.

В связи с этим актуален вопрос качественного борсодержащего сырья, для российских заводов являющегося достаточно дорогим и дефицитным. В последние годы ООО «Этипродактс» неоднократно информировало производителей стекла об экономических и экологических преимуществах замены борной кислоты ( $H_3BO_3$ ) на колеманит  $2CaO \cdot 3B_2O_3 \cdot 5H_2O$  [2,3,4,5].

Колеманит является наиболее доступным борным минералом. Твердость колеманита 4,45 по шкале Мооса, удельный вес 2420 кг/м<sup>3</sup>, объемная плотность 1000 кг/м<sup>3</sup>, температура плавления 986°C [6]. В колеманите оксиды бора и кальция химически связаны и при введении колеманита в стекольные шихты будут переходить в стекло в соотношении  $CaO/B_2O_3$ , равном 0,533.

Обязательное присутствие в стеклах оксидов  $B_2O_3$  и  $CaO$ , предположительно, может привести к определенным технологическим сложностям протекания процессов стекловарения, стеклования, фазового разделения. Основанием являются: сложная функция бора в построении структуры стекла, значительное и неоднозначное влияние оксидов  $B_2O_3$  и  $CaO$  на температурную зависимость вязкости, склонность к ликвации кальция боросиликатных расплавов, проявление «борной аномалии» и др.

Таким образом, для установления рациональных границ эффективной применимости колеманита в качестве стекольного сырья имеет смысл выполнить исследования стеклообразования, фазового разделения и свойств стекол в системе материалов «колеманит – сода – песок» (рис. 1). Широкие пределы варьирования оксидов в экспериментальных стеклах, мас. %:  $SiO_2$  – 50...86,  $B_2O_3$  – 4...25,  $CaO$  – 3...17,  $Na_2O$  – 6...22 при различных вариантах их сочетания охватывают практически все варианты составов промышленных и проектных боросиликатных стекол. Расчет и анализ структурно-химических параметров позволяет утверждать, что все представленные составы склонны к стеклообразованию.

Координационное число бора КЧВ[7], для большинства разработанных составов имеет значение 4, следовательно, катион  $B^{3+}$  в виде боркислородных тетраэдров  $[BO_4]^{5-}$  будет встраиваться в структурную сетку стекла, увеличивая степень ее разветвленности и склонность расплавов к стеклообразованию. В бесщелочных составах 2, 5, 9, 13 часть бора будет встраиваться в структуру стекла в виде треугольников  $[BO_3]^{3-}$ . В стеклах с высоким содержанием  $B_2O_3$ , могут, по-видимому,

формироваться более сложные структурные комплексы с участием 3-х- и 4-х координированного бора.

Для натрий- и кальцийборосиликатных систем процесс фазового разделения в виде ликвации следует считать скорее нормой, а не исключением. Определение области ликвирующих стекол, полученных на базе материалов «колеманит – сода – песок», исследование механизма фазового разделения, а также способов его стимулирования и подавления – чрезвычайно важная и сложная научно-практическая задача [11].

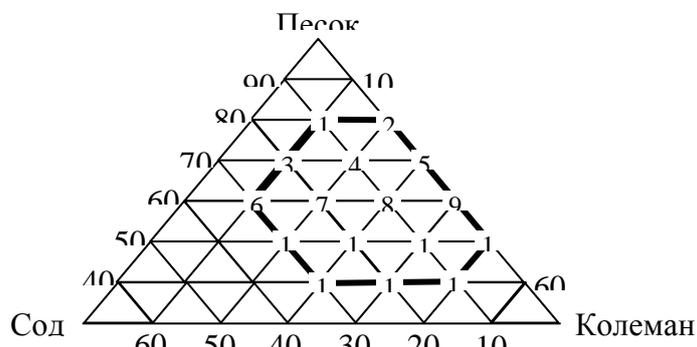


Рис. 1. Расположение экспериментальных составов шихт в системе материалов «колеманит – сода – песок»

Обоснованная рациональная постановка экспериментальных исследований системы «колеманит – сода – песок», во многом предопределяющая их эффективность, надежность и достоверность, невозможна без предварительного анализа температурных зависимостей вязкости ( $\eta$ ) стекол. Анализ полученных расчетов показывает:

- разработанные экспериментальные составы стекол существенно различаются по уровню динамической вязкости;
- температурный интервал варки для легкоплавких составов оценивается как 1000–1200°C, для тугоплавких – 1400–1500°C и более [13,14];
- существует вероятность кристаллизации при выработке жидкотекучих расплавов 10, 14, 15;
- составы, в шихтах которых содержится значительное количество колеманита и соды, являются легкоплавкими и «короткими» (быстротвердеющими).

Расчет физико-механических свойств экспериментальных стекол был выполнен по аддитивному методу А.А. Аппена [7]. Плотность стекол изменяется от 2300 до 2600 кг/м<sup>3</sup>. Стекла характеризуются высокими прочностными показателями и имеют широкий диапазон значений термического коэффициента линейного расширения (ТКЛР) – от (25...40)·10<sup>-7</sup> К<sup>-1</sup>. Варьирование в широких пределах значений ТКЛР предопределяет возможность получения на базе рассматриваемой системы стекловидных покрытий.

Предварительная комплексная расчетно-аналитическая оценка системы материалов «колеманит – сода – песок» на предмет стеклообразования и свойств стекол показала следующее:

- все экспериментальные составы, по значению структурно-химических параметров и уровню динамической вязкости следует отнести к стеклообразующим;
- предполагается возможность кристаллизации в процессе охлаждения наименее вязких, жидкотекучих расплавов ( $\lg \eta < 0$ );
- в малощелочных составах, содержащих значительные количества В<sub>2</sub>О<sub>3</sub>, а следовательно, и СаО, весьма вероятен процесс фазового разделения в виде ликвации;
- все составы стекол характеризуются высокими прочностными показателями и широким диапазоном значений ТКЛР, что является

следствием влияния оксидов бора и кальция и дает основания говорить о разнообразных функциональных возможностях и областях эксплуатации рассматриваемых стекол.

#### Список используемых источников информации

1. Обзор рынка бора и боратов в СНГ и прогноз его развития в условиях финансового кризиса: Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов, металлургии и химической промышленности/ Москва, 2009. – 57 с.
2. ООО «Этипродактс» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.etimaden.ru/> (дата обращения 08.09.2016).
3. Научно-техническая библиотека Саратовского государственного технического университета [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://irbis.sstu.ru/cgi-bin> (дата обращения 17.09.2016).
4. Павлюкевич Ю.Г., Левицкий И.А., Мазура Н.В. Использование колема-нита в производстве стеклянного волокна// Стекло и керамика. 2009. №10. С. 9-13.
5. Колеманит [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pro-kamni.ru/kolemanit> (дата обращения 13.10.2016).
6. Аппен А.А. Химия стекла//Л.: Химия. 1974. 352 с.
7. М.М. Шульц. Стекло: структура, свойства, применение // Соросовский общобразовательный журнал. 1996. №3. С. 49-55.
8. Основные положения вопроса о метастабильной ликвации в стеклах [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spektr-izoplast.com/osnovnye-polozheniya-voprosa-o-metastabilnoj-likvacii-v-steklax/> (дата обращения 09.10.2016).
9. Милкоков Е.М., Касымова С.С. Несмешивающиеся расплавы и стекла// Ташкент: Изд-во: «Фан», 1981. 176 с.
10. Жерновая Н.Ф., Онищук В.И., Минько Н.И. Физико-химические основы технологии стекла и стеклокристаллических материалов// Учебно-практическое пособие, Белгород: БелГТАСМ, 2001. 101с.
11. Мазурин О.В., Николина Г.П., Петровская М.Л. Расчет вязкости стекол// Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1988. 48 с.
12. SCHOTT [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.schott.com/russia> (дата обращения 27.10.2016).
13. SCHOTT BOROFLOAT® 33 [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://psec.uchicago.edu/glass/borofloat 33 e.pdf](http://psec.uchicago.edu/glass/borofloat%2033.pdf) (дата обращения 12.10.2016).
14. Скурятина Е.Ю., Онищук В.И., Жерновая Н.Ф., Затаковая Р.А. Исследование возможности использования колеманита в технологии листового стекла// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №12. С. 200-205.

## РАЗДЕЛ II. ФИЗИКА

Базуев В.М., Удодов В.Н., Таскин А.Н.

### Диаграммы основных состояний для адсорбции на нанокластерах

*Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова*

doi:10.18411/spc-12-02-2017-02

idsp: 000001:spc-12-02-2017-02

#### Введение

В последнее время в связи с разработкой технологий получения новых материалов с особыми функциональными свойствами много внимания уделяется изучению различных адсорбционных процессов [1-6]. Обычно адсорбция идет на поверхности, но иногда наблюдается одномерная адсорбция. В частности, особое внимание привлекает вопрос о том, как распределяются фазы при адсорбции на атомных цепочках [1]. Данная статья посвящена исследованию адсорбции на атомной цепочке конечного размера при низких температурах в рамках обобщенной модели Изинга. Рассчитаны диаграммы основных состояний (ДОС) – диаграммы стабильности фаз в пространстве энергетических параметров при температуре абсолютного нуля [5]. Это дает возможность определить возможные адсорбционные превращения и фазы при достаточно низких температурах.

#### Результаты

С помощью языка программирования Delphy [7] разработана одномерная модель решеточного газа на основе обобщенной модели Изинга [1-3]. Под моделью Изинга понимается жесткая решетка, на узлах которой располагаются объекты двух типов [6]. В рамках данной модели рассматривается адсорбция на атомной цепочке конечного размера. В качестве граничных условий использованы «оборванные концы» атомной цепочки [2], что моделирует адсорбцию на реальной цепочке со свободными концами.

В основу модели легла формула безразмерной энергии [2, 5]:

$$e = \frac{E}{J} = -\frac{h}{J} \sum_{i=1}^N \sigma_i - \sum_{i=1}^{N-1} \sigma_i \sigma_{i+1} - J_2 \sum_{i=1}^{N-2} \sigma_i \sigma_{i+2},$$

где  $e$  – безразмерная энергия модели;  $E$  – энергия системы;  $J_1 = J$  – энергия взаимодействия ближайших соседей;  $J_2$  – энергия взаимодействия вторых соседей;  $h$  – безразмерная напряженность внешнего поля;  $\sigma_i$  – числа заполнения узлов (0 или 1);  $N$  – количество узлов. Число заполнения узла  $i$   $\sigma_i = 0$  соответствует пустому узлу.  $\sigma_i = +1$  соответствует заполненному узлу в рамках одномерной модели решеточного газа.

Результатом моделирования адсорбции явились ДОС с учетом взаимодействия ближайших и вторых соседей, а также внешнего поля. Построены диаграммы для цепочек с длиной  $N$  от 4 до 8 узлов.

Далее представлены диаграммы основных состояний при учете только взаимодействия ближайших соседей при  $N = 5$  и при  $N = 6$  (рисунок 1).

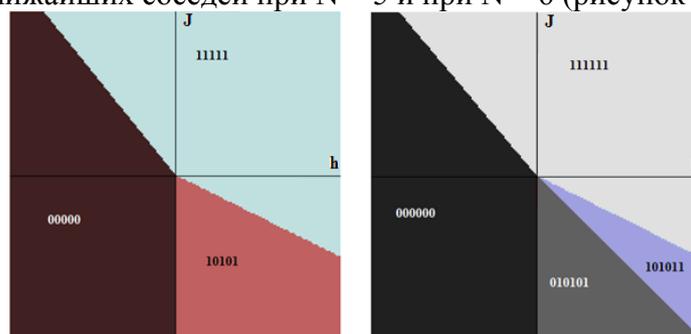


Рисунок 1. Диаграммы основных состояний при учете взаимодействия ближайших соседей (слева ДОС при  $N = 5$ , справа ДОС при  $N = 6$ )

На диаграммах по горизонтали отложена величина безразмерной напряженности внешнего поля  $h$ , а по вертикали – энергия взаимодействия ближайших соседей  $J$ . Каждая область диаграммы (фаза) отмечена определенным цветом с указанием собственной конфигурации (фазы).

На примере представленных ДОС опишем, как следует трактовать конфигурацию нулей и единиц, приписанной каждой фазе. В фазе, где все нули, отсутствуют адатомы («пустая» фаза, фаза 0), например, 00000 на диаграмме слева. Конфигурация «11111» указывает, что все узлы заполнены адатомами (заполненная фаза, фаза 1). В фазе «10101» адатомы разделены одним пустым узлом (упорядоченная фаза, фаза 10); «101011» на диаграмме справа – упорядоченная фаза с дефектом. Обратим внимание, что дефектная фаза существует только при ненулевом поле.

При изменении поля происходят превращения: (фаза 0)→(фаза 1), (фаза 0)→(фаза 10)→(фаза 1); (фаза 0)→(фаза 10)→(дефектная фаза)→(фаза 1).

### Обсуждение

В ДОС при учете взаимодействия ближайших соседей наблюдается постоянное количество фаз при четном  $N$  (их всегда 3) и при нечетном  $N$  (их всегда 4).

Рассмотрим теперь ДОС при учете взаимодействия ближайших и вторых соседей, если  $J_1=J>0$  (т.е., когда находится минимум энергии модели).

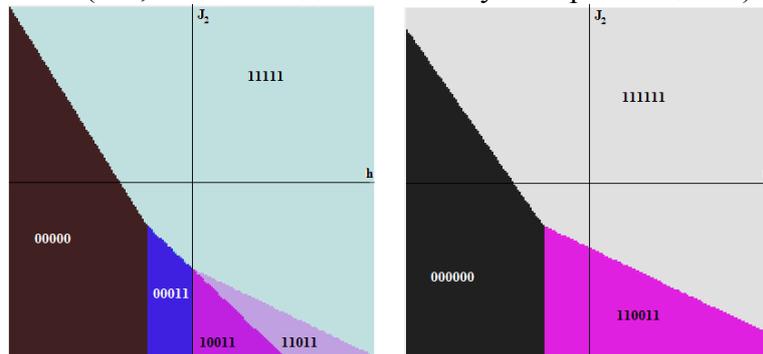


Рисунок 2. Диаграммы основных состояний при учете взаимодействия ближайших и вторых соседей, если  $J > 0$  (слева ДОС при  $N = 5$ , справа ДОС при  $N = 6$ )

Здесь, в отличие от предыдущих двух ДОС, количество фаз при нечетном  $N$  больше, чем при четном. Однако, в целом, рассмотренные пары ДОС имеют определенное сходство, прежде всего, в расположении фаз с одинаковыми конфигурациями.

Совершенно другая картина наблюдается в ДОС при учете взаимодействия ближайших и вторых соседей, если  $J < 0$  (т.е., когда находятся максимум безразмерной энергии модели); эти ДОС представлены на рисунке 3.

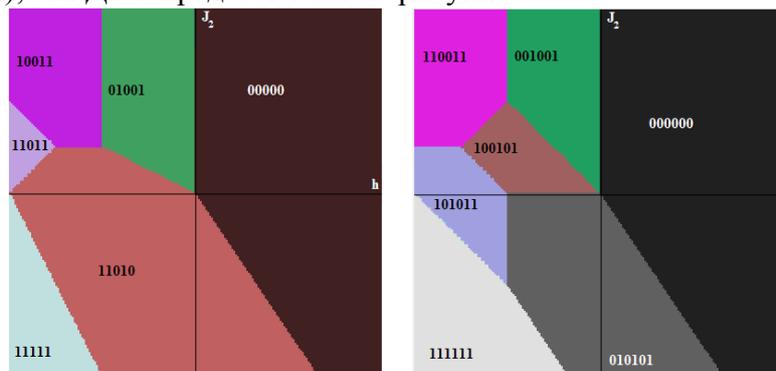


Рисунок 3. ДОС при учете взаимодействия ближайших и вторых соседей, если  $J < 0$  (слева ДОС при  $N = 5$ , справа ДОС при  $N = 6$ )

В отличие от всех предыдущих ДОС в данном случае наблюдается наибольшее количество фаз при одних и тех же  $N$ : при  $N=5$  их 6, а при  $N=6$  наблюдается 7 фаз. Фазы с одинаковыми конфигурациями, где адатомы отсутствуют и где все узлы заполнены адатомами, имеют отличное от ранее представленных ДОС расположение: фаза без адатомов (фаза 0) располагается теперь в верхней правой части диаграммы, а фазы, полностью заполненные адатомами (фаза 1) – в нижней левой части диаграммы. На диаграмме справа (рисунок 3) наблюдаются две дефектные фазы, причем обе они стабильны только при ненулевом внешнем поле.

При положительной энергии взаимодействия ближайших соседей всегда возможен непосредственный переход из фазы 0 в фазу 1. При  $J < 0$  такой переход невозможен: превращение «фаза 0 → фаза 1» происходит только через промежуточные фазы. При увеличении параметра  $h$  возможно и более сложное превращение: фаза 1 → фаза с дефектом → фаза 10 → фаза 0.

Изменение химического состава подложки может соответствовать изменению энергетического параметра взаимодействия вторых соседей  $J_2$ , что приводит к новым типам превращений. Например, если двигаться снизу вверх на диаграмме справа (рисунок 3), то происходят превращения (ФП): фаза 1 → фаза 10 → (фаза 100101) → (фаза 001001).

К сожалению, пока разработанной номенклатуры одномерных фаз при адсорбции не существует. Видимо, экспериментально такие фазы еще не наблюдались. Однако бурный прогресс экспериментальной техники в области нанотехнологий дает надежду, на то, что одномерные адсорбционные фазы будут доступны эксперименту в сравнительно близком будущем.

### **Заключение**

Построены диаграммы основных состояний (ДОС) для цепочек размера  $N$  от 4 до 8 узлов при учете взаимодействия ближайших соседей и ДОС для тех же значений  $N$  при учете взаимодействия ближайших и вторых соседей. Дано описание и анализ представленных ДОС. Таким образом, перечислены все возможные фазы и превращения при адсорбции на атомной цепочке конечной длины в нанометровом диапазоне при учете взаимодействия первых и вторых соседей. Результаты можно сопоставить с экспериментом при достаточно низких температурах. В рамках развитого подхода возможен учет и более сложного взаимодействия и граничных условий других видов.

Дан анализ возможных адсорбционных фаз при наличии внешнего поля. Ряд дефектных и идеальных фаз существуют (при низких температурах) только при ненулевом поле.

На основе построенных ДОС проанализированы возможные адсорбционные превращения при изменении внешнего поля и концентрации компонент подложки. Изменение концентрации компонент (химического состава) подложки соответствует изменению энергетических параметров  $J$  и  $J_2$ , что приводит к новым сериям превращений, которые получаются при «движении» по ДОС снизу вверх или сверху вниз.

### Список используемых источников информации

1. Грег, С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. Пер. с англ., 2-е изд. - М.: Мир, 1984. - 306 с.
2. Удодов, В.Н. Моделирование фазовых превращений в низкоразмерных дефектных наноструктурах / В.Н. Удодов, А.И. Потекаев, А.А. Попов и др.; - Абакан: Издательство Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, 2008. - 135 с.
3. Тимофеев, Д.П. Кинетика адсорбции. М.: Изд. Академии наук, 1962 - 250 с.
4. Ландау, Л.Д. Статистическая физика. Часть 1 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - М.: Наука, 1976. - 584 с.
5. Попов, А.А. Влияние размеров модели, дальнего и многочисленного взаимодействия на диаграммы основных состояний для систем с политипными переходами / А.А. Попов, В.Н. Удодов, А.И. Потекаев // Известия вузов. Физика. - Томск, 1998. - С. 37.
6. Бэкстер, Р. Точно решаемые модели в статистической механике / Р. Бэкстер. - М.: Мир, 1988. - 487 с.
7. Культин, Н.Б. Delphi в задачах и примерах / Н.Б. Культин. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 288 с.

## РАЗДЕЛ III. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лазарева Е.А.

### Анализ влияния внешних негативных факторов на характеристики волоконно-оптического кабеля

*Астраханский государственный технический университет  
(Россия, Астрахань)*

*doi:10.18411/spc-12-02-2017-03*

*idsp: 000001:spc-12-02-2017-03*

#### **Введение**

Широкое применение оптических кабелей (ОК) в отрасли связи обусловило повышенный интерес к исследованию срока службы и надёжности оптического волокна (ОВ), т.к. ОВ является основной средой для передачи сигнала на магистральных сетях связи, скорость передачи 100 Гбит/с и позволяет применять технологии спектрального уплотнения каналов по длинам волн (DWDM), со скоростями передачи 100 Тбит/с и выше. В связи с большим потоком передаваемой информации к ОК предъявляются высокие требования в отношении надёжности в процессе эксплуатации и воздействия на ОК внешних факторов.

Для представленного ниже анализа влияния внешних негативных факторов, в качестве исходных данных были использованы результаты измерений и статистические данные оператора, обслуживающего волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) в Астраханской области.

#### **Анализ внешних негативных факторов**

Перечень внешних негативных факторов, которые увеличивают скорость старения ОК в течение эксплуатации, очень обширен, откуда следует необходимость исследования влияния внешних воздействий и прогнозирования срока службы ОВ, чем и определяется актуальность таких исследований.

Если рассматривать расположенную большей частью в полупустыне Астраханскую область, в которой преобладает резко континентальный климат, с высокими температурами летом (фиксированный максимум +40°C) и низкими зимой (фиксированный минимум – 36°C), а в весенне-летний период – это ливневые дожди, сопровождающиеся частыми грозами (среднегодовая продолжительность гроз по всей территории области варьируется от 10 до 60 часов, а удельная плотность ударов молнии в землю от 1 до 4 (1/(км<sup>2</sup> год)), то можно выделить следующие факторы влияющие на надёжность работы ОК:

- механические повреждения ОК при проведении земляных работ механизированным способом;
- механические повреждения ОК от движения грунтов (вымывание грунта после паводков, выдувание, обвалы);
- влияние влаги на ОВ и конструктивные элементы ОК;
- влияние агрессивных сред на конструктивные элементы ОК (засоленность почвы, двуокись азота);
- влияние температурного цикла;
- повреждение кабелей от грозовых воздействий;
- повреждения ОК от воздействия грызунов, пожаров.

Первый ОК в Астраханской области был проложен в 1999 году, а это 18 лет эксплуатации, поэтому можно сделать вывод, что естественное старение и длительная эксплуатация, не может не отразиться на надёжности оптических сетей. Проведём анализ трёх волоконно-оптических линий, проложенных в Астраханской области:

1. ВОЛС протяжённостью 40 км, кабель проложен по асбестоцементным трубам телефонной канализации в городской черте г. Астрахани;
2. ВОЛС протяжённостью 160 км, кабель бронированный проложен в грунте в загородной зоне;

3. ВОЛС протяжённостью 120 км, кабельпроложен в загородной зоне методом задувки в защитную полимерную трубку (ЗПТ).

На рис. 1 показана диаграмма распределения всех повреждений на данных линиях за весь период эксплуатации, из которой можно сделать вывод, что наибольшее число повреждений (более 40%) происходит в результате действий машин и механизмов при выполнении земляных работ. Большая часть оптических линий проложена по мало-заселённой местности и есть примеры повреждения ОК грызунами, этот фактор стоит на втором месте (более 20%). Далее характерны повреждения из-за вымывания и выдувания грунта, пожаров, а так же от атмосферных воздействий во время гроз (более 10% каждый соответственно).

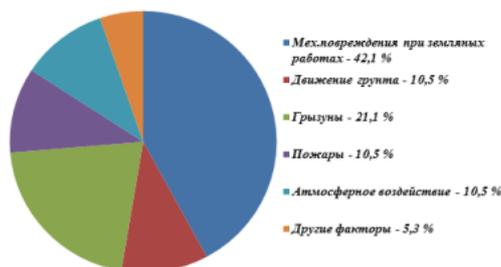


Рис. 1. Диаграмма распределения повреждений на выбранных линиях.

Изучением надёжности ВОЛС и сбором статистических данных занимаются многие известные зарубежные и отечественные компании, производители оптических кабелей.

Рассмотрим данные по повреждениям на оптических линиях, проложенных в земле, которые представлены в отчёте комиссии NRIC (Network Reliability and Interoperability Council) консорциума National Engineering Consortium, полученные по результатам опросов операторов связи США за пятилетний период [1]. Представим эти данные в виде диаграммы на рис.2.



Рис. 2. Диаграмма повреждений на оптических линиях по данным отчёта комиссии NRIC

На рис. 3 представлены данные за двухлетний период, полученные в результате опроса отечественных операторов связи [2].

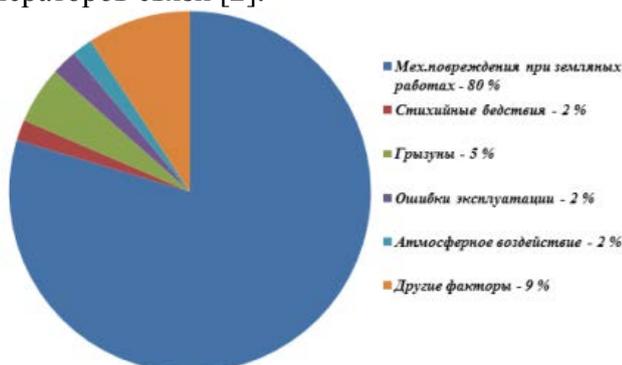


Рис. 3. Диаграмма повреждений на оптических линиях отечественных операторов связи

Проведя анализ, всех выше представленных данных, можно сделать вывод, что в целом данные хорошо согласуются (коррелируются): наибольшее число повреждений происходит в результате работ в охранной зоне без согласования, с помощью машин и механизмов (до 80 %). Повреждения на ВОЛС происходят также из-за несоблюдения норм на этапе строительства и во время эксплуатации (до 7 %), очень часто ОК повреждаются грызунами. Статистические данные показывают, что по количеству повреждений этот фактор занимает второе-третье место, даже при прокладке кабеля в телефонной канализации [2]. Необходимо принимать во внимание и негативное воздействие паводков, пожаров, атмосферных явления (электрические и магнитные поля молнии), все эти факторы вместе с цикличностью температуры, парами воды и другими агрессивными средами оказывают заметное влияние на основные характеристики ОВ и ОК в целом [3 - 6], вследствие чего в кабелях возникают процессы: скручивания, растяжения, сжатия защитных оболочек и как следствие появление трещин внутри ОВ, что приводит к его разрушению.

#### Анализ затухания ОВ

Основным параметром ОВ контролируемым на всех этапах строительства и эксплуатации ВОЛС является коэффициент затухания, который характеризует потери в линии. Для построения графиков на рис.4 использовались данные измерений затухания одного свободного, которые проводились на указанных оптических линиях 1, 2 и 3, с 2008 по 2015 года два раза в год (весна – осень) оптическим рефлектометром фирмы «Acterna».



Рис. 4. Графики измерений затухания ОВ

Из графиков следует, что потери в ОВ каждой из трёх волоконно-оптической линии со временем увеличились примерно на 2 %, независимо от способа прокладки кабеля. На кабель, проложенный в городе, действует большее число негативных факторов, чем на кабель лежащий в малозаселённой местности, это и постоянная вибрация от транспорта, вандализм, большее количество повреждений при раскопках. Вывод подтверждается графиком на рис. 4, тем что коэффициент затухания выше в городской среде, чем на линиях проложенных по области. Процесс увеличения затухания в ОВ происходит в течение всего срока эксплуатации на рассматриваемых линиях, это подтверждает изложенный выше материал, что на ОК в процессе эксплуатации действуют различные негативные факторы, которые приводят к ухудшению качественных показателей ОВ.

#### Заключение

В данной статье проведён анализ оптических линий, проложенных в земле, но разными способами: в телефонной канализации, в ЗПТ и прокладка бронированного кабеля непосредственно в грунт, что во многом определяет их низкую помехозащищённость, в связи с большим воздействием механических и физических внешних факторов.

Для обеспечения надёжной работы всей системы в целом, в процессе прокладки и эксплуатации ВОЛС, оптические кабели нуждаются в постоянном контроле технических параметров путем периодических измерений основных характеристик, на

---

основании которых делаются выводы о надёжности работы, как отдельных участков ВОЛС, так и магистрали в целом.

Список используемых источников информации

1. Crawford D. Fiber optic cable dig-ups: causes and cures. //Network Reliability and Interoperability Council (NRIC): a report to the nation – compendium of technical papers, National Engineering Consortium (NEC USA), Chicago, 1993. - 32 p.
  2. Андреев В.А., Бурдин В.А., Воронков А.А. Анализ повреждаемости подземных оптических кабелей связи. //Электросвязь, № 12, 2014, с. 34 – 36.
  3. Богатырёв В.А., Бубнов М.М., Вечканов Н.Н., Гурьянов А.Н., Дианов Е.М., Семёнов С.Л. Влияние воды на прочность волоконных световодов. //Квантовая электроника, т. 11, № 7, 1984, с. 1467 – 1469.
  4. Боев М.А. Исследование влияния внешних факторов на оптические кабели, подводящие волокно в дом. //Первая миля, № 1, 2012, с. 28 – 31.
  5. Овчинникова И.А. Влияние агрессивных сред на конструктивные элементы оптических кабелей. //НАУКА И ТЕХНИКА, № 3(316), 2009, с. 8 – 9.
  6. Соколов С.А. Воздействие внешних электромагнитных полей на полностью диэлектрические оптические кабели. //Первая миля, №3, 2013, с. 68 -72.
-

## РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Корнейчук Г.К., Буценко Ю.А.

Нанополимерное универсальное вяжущее для асфальтобетонов

*Дальневосточный федеральный университет*

*ООО «Эмульбит»*

*(Россия, Владивосток)*

*doi:10.18411/spc-12-02-2017-04*

*idsp: 000001:spc-12-02-2017-04*

### **Аннотация**

В процессе лабораторных, пилотных и опытно-промышленных исследований и испытаний создано новое высококачественное универсальное нанополимерное вяжущее для асфальтобетонов, которое удовлетворяет условиям эксплуатации во всех регионах России и мира. На его основе на АБЗ произведены две партии асфальтобетона, которые уложены на разных участках дороги в Приморском крае. Производится мониторинг этих опытных участков.

**Ключевые слова:** вяжущее, битум, резина, ультразвук, деструкция, девулканизация, диспергирование, наночастицы, асфальтобетон, адгезия

В большинстве регионов России в течение последних лет обозначились серьезные проблемы с состоянием дорожных асфальтобетонных покрытий. Одной из основных причин этого является то, что применяемые вяжущие для асфальтобетонов не удовлетворяют климатическим условиям в этих регионах. Резко возросшие механические нагрузки на дорожное полотно, связанные со значительным увеличением интенсивности движения и веса автотранспорта, просто ускоряют разрушение асфальтобетона. Кроме того, в последние годы из-за наблюдающегося катаклизма погодных условий происходят резкие изменения (даже суточные) температуры и влажности.

По своим физико-механическим характеристикам ни дорожные битумы по [1], ни известные резинобитумные вяжущие (например, БИТРЭК и УНИРЕМ), ни даже лучшие из известных вяжущих - полимерно-битумные вяжущие по [2] не удовлетворяют даже климатическим условиям многих регионов России. Особенно это касается температурных показателей (температур размягчения и хрупкости) и адгезии к минеральным веществам – наполнителям асфальтобетонных смесей с кислой поверхностью.

В этих условиях логично иметь универсальное вяжущее, которое бы удовлетворяло бы климатическим условиям во всех регионах России. Естественно, что такое вяжущее должно иметь одновременно температуру размягчения не менее 70 0С и температуру хрупкости не более – 40 0С. Кроме того, характеризоваться хорошей адгезионной способностью к минеральным веществам с кислой природой поверхности и достаточно высокой эластичностью. Важным требованием является и наличие хорошей технологической характеристики.

В результате кропотливых лабораторных исследований ультразвукового воздействия на смеси нефтяного битума с резиновой крошкой шинных отходов с содержанием последней до 30 % (по массе) нами были получены композиции со значительно улучшенными физико-механическими показателями [7]. Эти исследования показали, что в результате определенной ультразвуковой обработки резко снижается вязкость резинобитумных смесей и, соответственно, повышается их пенетрация и при 25 и при 0 0С. Это обстоятельство было использовано для получения композиций с содержанием резиновой крошки до 50 % (по массе). Измерение физико-механических характеристик показало, что с увеличением резиновой крошки в смеси улучшаются все показатели, получаемой в результате ультразвуковой обработки, композиции [8]. Эти исследования показали, что получаемая композиция с использованием 50 % количества резины обладает такими высокими физико-механическими показателями, которые

соответствуют универсальному вяжущему. Проведенные пилотные исследования, с одной стороны, подтвердили результаты лабораторных исследований, а, с другой, позволили разработать оптимальную опытно-промышленную технологию получения такого универсального вяжущего [4]. На пилотной установке были также проведены модельные исследования для выявления механизма действия примененной ультразвуковой обработки. Были получены модельные образцы, которые анализировались с помощью лазерного анализатора. Результаты анализа показали, что под совместным термическим и ультразвуковым действием происходит деструкция, девулканизация резиновой крошки шинных отходов и диспергирование образующихся частиц. Причем размеры частиц неактивных и активных наполнителей резины и полимеров каучука соответствуют наноразмерам[5]. Таким образом, выяснилась причина значительного улучшения физико-механических характеристик – известный в нанотехнологии «размерный» эффект! Поэтому новое вяжущее является нанополимерным!

В дальнейшем была создана опытно-промышленная установка, на ней были проведены специальные исследования и потом получена опытная партия универсального вяжущего. Измерения физико-механических показателей ее дало следующее: температура размягчения равна 73 0С, температура хрупкости равна – 38 0С, пенетрация при 25 0С равна 205, а при 0 0С 108, эластичность не менее 70 %, при отличной адгезионной способности к минеральным веществам с разной природой поверхности [6].

Высокая эластичность нового вяжущего позволяет асфальтобетону на нем выдерживать большие механические нагрузки автотранспорта. Кроме того, новое вяжущее обладает очень хорошей технологической характеристикой – пенетрацией, намного лучшей, чем битум и ПБВ!

Полученная партия универсального нанополимерного вяжущего была разделена на 2 части. Первая часть в традиционно жидком состоянии была использована для производства на АБЗ первой опытной партии асфальтобетона. Вторая часть была гранулирована по разработанной опытной технологии и использована в таком виде для получения второй опытной партии асфальтобетона. Первая опытная партия асфальтобетона была уложена по стандартной методике на действующую дорогу в августе 2017 года. Вторая опытная партия асфальтобетона была уложена на ту же дорогу в октябре 2017 года. Выбранная дорога характеризуется весьма интенсивным движением легкового и тяжелого грузового транспорта.

Измеренные по стандартным методикам [3] основные показатели полученной опытной партии асфальтобетона оказались достаточно высокими [6]. Однако, такие стандартные характеристики не дают возможности, действительно, выявить преимущества нового асфальтобетона перед асфальтобетонами на известных вяжущих. Чтобы, по - настоящему, выявить преимущества нового асфальтобетона необходимо провести сравнительные измерения физико-механических характеристик при критических температурах, определяющих климатические условия в данном регионе. Например, при отрицательных температурах ниже – 25 0С. А также при циклических нагрузках при этих температурах. Однако, до сих пор нет ГОСТов на такие испытания! Поэтому единственным объективным критерием, показывающим насколько выбранное асфальтобетонное покрытие удовлетворяет условиям эксплуатации в данном районе, является продолжительность межремонтного срока.

С момента создания опытных участков и в настоящее время проводится мониторинг опытных покрытий. К моменту написания данной публикации поверхность обоих участков была в отменном состоянии.

Необходимо особо отметить, что новое нанополимерное вяжущее может использоваться для получения кровельных и изоляционных материалов при строительстве зданий и сооружений и трубопроводов различного назначения.

#### Список используемых источников информации

1. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные. Технические условия.
2. ГОСТ Р 52056-2003. Вяжущие полимерно-битумные на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия.

3. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.
4. Корнейчук Г.К., Буценко Ю.А. Новое высококачественное вяжущее для асфальтобетонных дорожных покрытий с эффективным использованием резины шинных отходов //Вестник Инженерной школы Дальневост. федеральн. ун-та. 2015. № 4. С. 23-28. URL: <http://vestnikis.dvfu.ru/vestnik/2015/4/23>.
5. Г.К. Корнейчук, П.А. Никифоров, О.С. Пигильцин, Ю.А. Буценко. Деструкция резины под действием ультразвука /ЮЖНО-СИБИРСКИЙ НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК, № 3 (11), 2015, с. 41-51; электронный доступ: <http://s-sibsb.ru> – свободный.
6. Корнейчук Г.К., Буценко Ю.А. Новый асфальтобетон с нанополимерным вяжущим, полученным с использованием резины шинных отходов и ультразвуковых технологий /Сборник публикаций научного журнала «Chronos» по материалам 8-ой научно-практической конференции «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы», Москва, 13.01.2017 г., ж. «Chronos», 2017. С. 76-80. Электронный доступ: [chronos-journal.ru](http://chronos-journal.ru).
7. Патент РФ № 2489464 «Способ приготовления резинобитумной композиции» / Корнейчук Г.К., заявка 2012127266 от 29.06.2012, зарегистрировано в гос. реестре изобретений РФ 10.07.2013.
8. Патент РФ № 2550888 «Способ приготовления резинобитумной композиции» / Корнейчук Г.К., заявка 2012154148 от 13.12.2013, зарегистрировано в гос. реестре изобретений РФ 15.04.2015.

**Муравьев К.А.**

### **Влияние трещиностойкости на безопасный ресурс эксплуатируемых нефтяных резервуаров**

*Сургутский институт нефти и газа — филиал ТИУ в г. Сургуте  
(Россия, Сургут)*

*doi:10.18411/spc-12-02-2017-05*

*idsp: 000001:spc-12-02-2017-05*

**Актуальность темы и постановка проблемы.** Несмотря на снижение объемов перекачки в последнее время, вызванное сокращением добычи нефти, основная часть резервуарного парка продолжает активно эксплуатироваться. Наличие большого запаса резервуарных емкостей позволяет в новых экономических условиях получать дополнительные прибыли от товаротранспортных операций и дает преимущества в сферах управления и принятия решений руководством фирмы. Поэтому вопросам обеспечения эксплуатационной надежности резервуарных парков, разрушение которых приводит к загрязнению окружающей среды, в настоящее время придается важное значение.

Большая часть эксплуатируемых в настоящее время резервуаров построена 20-30 лет назад. Нормативный срок 20 лет эксплуатации превысил 14,9% резервуара.

Анализ динамики старения резервуарного парка показывает, что к 2020 году срок эксплуатации 90% резервуаров превысит нормативный, поэтому уже сейчас необходимо принимать экстренные меры по восстановлению эксплуатационной пригодности большей части существующего резервуарного парка.

Из анализа литературных данных и результатов многочисленных наблюдений авторов данного исследования можно заключить, что к основным причинам разрушения резервуаров можно отнести коррозионный износ днища, низкая коррозионная трещиностойкость нижних поясов вертикальной стенки резервуаров, заводские и монтажные дефекты.

К коррозионным повреждениям относится коррозия сварных соединений и основного металла, сильно проявляющаяся под действием циклических и вибрационных нагрузок. Поэтому становится очевидным необходимость в изучении коррозионной трещиностойкости резервуарных сталей при изменении напряженно-деформированного состояния РВС в условиях воздействия коррозионно – активных сред и минусовых температур.

**Целью работы** являлось исследование коррозионной трещиностойкости резервуарных сталей, находящихся в длительной эксплуатации, с применением нейросетевого метода анализа.

**Объект и методика исследований.** Объектом исследования служила низкоуглеродистая сталь марки ВСт.Зсп (ГОСТ 380 - 88), эксплуатируемая 3, 15 и 25 лет, фрагменты которой вырезали из демонтируемых резервуаров. Для сравнения

использовали неэксплуатируемую сталь такой же марки, химический состав которой равен (в %): С 0,18; Мп 0,16; Si 0,23; S 0,039; P 0,037; Cr 0,28; Ni 0,25; Cu 0,26.

Механические свойства стали:  $\sigma_B = 460$  МПа;  $\sigma_T = 240$  МПа;  $\delta = 26\%$ ; КСЧУ = 69 Дж/см<sup>2</sup> ( $t = +20^\circ\text{C}$ ); КСЧУ = 29 Дж/см<sup>2</sup> ( $t = -20^\circ\text{C}$ ).

Коррозионную трещиностойкость исследовали согласно стандарта NACE TM 01 – 77 (90), метод А, на цилиндрических образцах диаметром рабочей части 3 мм, что позволяла толщина листов стенки и днища. Испытывали образцы на установке УСМР–6 под нагрузкой, составляющей  $0,8\sigma_{0,2}^{\min}$  (в каждом эксперименте использовали по 3 образца). При этом определяли пороговые значения показателя коррозионной трещиностойкости  $\sigma_{ssc}$  для того, чтобы сравнить качество сталей разных сроков эксплуатации. Условия испытаний по этому стандарту следующие: продолжительность – 720 ч в растворе подтоварной воды (рН 6,4) с добавлениями:  $\text{C Cl}^-$  – 5...80 мг/л;  $\text{C O}_2$  – 5...50 мг/л. Выбранные хлорсодержащие растворы позволили получить данные о зависимости коррозионной трещиностойкости резервуарных сталей от совместного содержания в подтоварной воде входящих в её состав указанных компонентов, температура испытаний –  $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Параметр  $\sigma_{ssc}$  определяли из зависимостей  $\sigma_i - \lg \tau$  ( $\sigma_i$  – начальное нагружение;  $\tau$  – время до разрушения, ч), при которых образцы не разрушаются на принятой временной базе испытаний.

Зависимости  $\sigma_i - \lg \tau$  строили по минимальным значениям времени до разрушения под каждой нагрузкой, поскольку использование средних значений  $\tau$  недопустимо ввиду необходимости гарантированной работоспособности резервуарного оборудования в технологических средах с хлор – анионами и кислородом.

Учитывая большое разнообразие, значительный объем и, зачастую, противоречивость информации по коррозионному разрушению, назрела острая необходимость в поиске новых методов её эффективного анализа. Решение этой задачи связано с новыми информационными технологиями, важное место среди которых занимают искусственные нейронные сети (ИНС) [1].

Из работ известно [2,3,4], что метод нейросетевого моделирования применим к изучению коррозионных процессов, которые в большинстве своем представляют как многофакторные системы, характеризующиеся совокупностью коррозионно – механических параметров (критерии трещиностойкости, работа зарождения и распространения трещины, прочностные и вязко – пластические показатели), нелинейно изменяющихся с изменением параметров среды (концентрация, анионный состав, температура, рН, химический состав стали и др.).

В настоящей работе авторами впервые предпринята попытка создания и обучения ИНС на основе ограниченного набора экспериментальных данных с целью получения недостающих сведений для корректного прогнозирования коррозионно – механического поведения резервуарных сталей ВСт. 3сп, как наиболее распространенной в строительстве РВС, в близких к нейтральным хлоридным средам, содержащих коррозионно – активный компонент – растворенный кислород. Нейронные системы должны предсказывать характеристические критерии трещиностойкости стали в коррозионно – активных средах по любому набору параметров среды: концентрация анионов и кислорода, и идентифицировать состояние коррозионной системы (стабильно высокое или низкое сопротивление трещиностойкости) по предсказанным критериям.

В данной работе использовали ИНС с одним выходом, т.е. её структура включает: 1 – слой нейронов – рецепторов (входной слой), осуществляющий прием информации извне; 2 – слой ассоциативных нейронов (скрытый); 3 – слой выходных нейронов, формирующих реакцию сети на внешний стимул.

Из литературы [2,3] известно, что, как правило, одного скрытого слоя достаточно для решения подобных задач.

Созданные и обученные ИНС были реализованы с помощью пакета Statistica Neural Network. С использованием обученных ИНС были получены обобщенные зависимости критериев трещиностойкости стали ВСт 3сп от параметров раствора и на их основе выполнен инженерный прогноз деформационного поведения резервуарных сталей.

С помощью Visual Basic обученные ИНС интегрировали в Excel в виде программных модулей, что позволило быстро анализировать большие массивы данных и визуализировать результаты работы ИНС стандартными средствами без разработки интерфейса пользователя и системы “ввода – вывода” данных.

**Результаты экспериментов и их обсуждение.** Результаты экспериментальных исследований стали ВСт.3сп в средах с различными концентрациями хлорид – ионов и кислорода получены в ограниченном диапазоне условий и сроков эксплуатации резервуаров, что не позволяет провести масштабный анализ зависимостей критерия трещиностойкости от параметров раствора (рис.1 и 2). Очевидным является лишь наличие определенно нелинейных связей между переменными.

Обученные ИНС использовали для прогнозирования  $\sigma_{ssc}$  как внутри области экспериментально апробированных параметров, так и за ее предметов. Как видно из рис. 3, показатель  $\sigma_{ssc}$  сложным образом зависит от концентрации хлор – аниона и кислорода в испытываемой среде, но тем не менее возможно проследить некоторые общие закономерности.

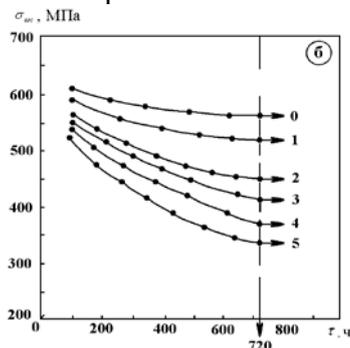


Рис. 1. Графики зависимости показателя

коррозионной трещиностойкости  $\sigma_{ssc}$  от концентрации кислорода в модельной среде. Сталь резервуарная эксплуатировалась 15 лет. Цифровые обозначения: 0 – 5 мг/л  $O_2$ ; 1 – 10 мг/л  $O_2$ ; 2 – 20 мг/л  $O_2$ ; 3 – 30 мг/л  $O_2$ ; 4 – 40 мг/л  $O_2$ ; 5 – 50 мг/л  $O_2$ .

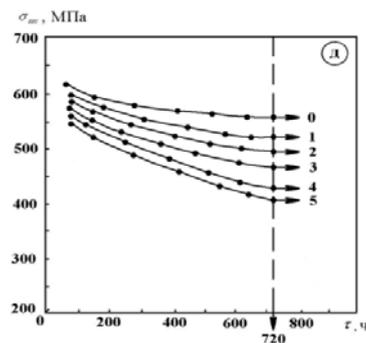


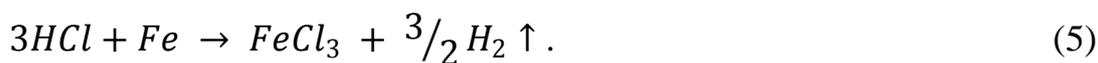
Рис.2. Графики зависимости показателя

коррозионной трещиностойкости  $\sigma_{ssc}$  от концентрации хлор - аниона в модельной среде. Сталь резервуарная эксплуатировалась 15 лет. Цифровые обозначения: 0 – 5 мг/л  $Cl^-$ ; 1 – 15 мг/л  $Cl^-$ ; 2 – 30 мг/л  $Cl^-$ ; 3 – 45 мг/л  $Cl^-$ ; 4 – 60 мг/л  $Cl^-$ ; 5 – 80 мг/л  $Cl^-$ .

Так, при совместном увеличении концентрации хлор – аниона и кислорода в растворе резко снижается коррозионная трещиностойкость резервуарной стали. Особенно это четко наблюдается для сталей, вырезанных из демонтированных резервуарах, эксплуатируемых довольно продолжительное время – 15 и 25 лет. Эти данные хорошо согласуются с результатами исследований отечественных [5, 7, 8] и зарубежных [6] авторов.

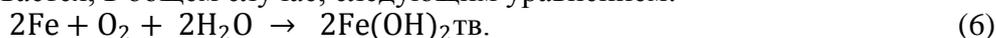
Известно [7], что при контакте листовой стали с подтоварной водой, находящейся в нижней части резервуара, протекает хлориднокислотная коррозия. Так, ионы  $Cl^-$ , присутствующие в значительных количествах в подтоварной воде, ускоряют процесс ионизации железа и интенсифицируют развитие локальной коррозии по границам кристаллов (что и провоцирует зарождение от питтингов микротрещин под напряжением) в соответствии с реакциями:





Продукты реакции (1-5), обнаруженные на внутренней поверхности нижних поясов эксплуатируемых резервуаров, полученные с применением фазового рентгеноструктурного анализа, подтверждают механизм, основную роль в котором играют ионы  $Cl^-$ .

Из работы [9] известно, что концентрация растворенного кислорода в смеси оказывает существенное влияние на скорость коррозии лишь при температурах до 40...80 °С. Механизм взаимодействия стали с кислородом в присутствии водной среды описывается, в общем случае, следующим уравнением:



При этом образование карбонатно – оксидных продуктов коррозии тесно связано с анодным растворением металла.

Взаимодействие металла с кислородом возможно и по другим механизмам, однако рассмотрение их не входило в задачу настоящего исследования.

Обученные ИНС позволили проанализировать, как соотносятся между собой концентрации хлор – анионы и кислород с позиции комплексного влияния на коррозионную трещиностойкость, в том числе лежащих вне пределов области экспериментов.

Анализ полученных результатов с помощью нейросетей позволил получить обобщенную диаграмму предсказанных областей коррозионной трещиностойкости резервуарных низкоуглеродистых сталей в близких к нейтральным хлоридным средам, содержащих кислород (рис.3).

Таким образом, ИНС позволила однозначно определить области коррозионной трещиностойкости стали и показать, что она склонна к образованию микротрещин в хлорсодержащих средах, причем растворенный кислород лишь усиливает этот процесс. Полученные данные позволяют сделать важный практический вывод: при эксплуатации низкоуглеродистой конструкционной стали в нейтральных средах, ее склонность к трещинообразованию будет очень значительной даже при небольшом увеличении концентрации кислорода, т.е. при повышении кислотности смеси, в то же время влияние изменения концентрации хлорид - ионов не столь велико. На основе зависимостей, аналогичных изображенным на рис.3, можно, не проводя дополнительных исследований, качественно предсказывать коррозионную трещиностойкость резервуарной стали в конкретном растворе.

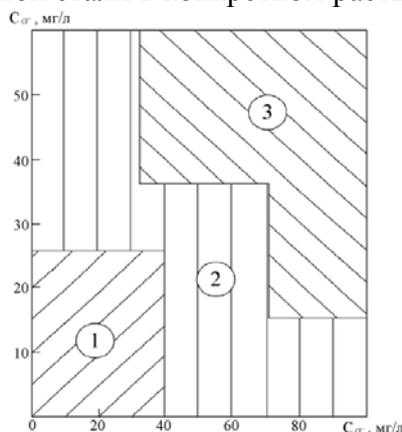


Рис. 3. Предсказанные ИНС области коррозионной трещиностойкости резервуарной стали

ВСт.3сп в хлористых средах, содержащих растворенный кислород:

1. устойчивое сопротивление трещинообразованию;
2. область возможного зарождения микротрещин и охрупчивания металла;
3. область активного снижения коррозионной трещиностойкости;

Следует отметить, что данные, приведенные на рис.3, находятся в согласии с многочисленными известными случаями коррозионного повреждения и в последствии

разрушения резервуарных конструкций из низкоуглеродистых сталей в природных и промышленных хлоридокислородсодержащих средах.

Таким образом, обученная ИНС позволяет расширить диапазон прогнозируемых значений факторов за пределы экспериментальных данных, в частности, предсказать значения показателя коррозионной трещиностойкости  $\sigma_{SSC}$  в очень разбавленных или концентрированных растворах солей в кислых и щелочных областях. Естественно, ошибка прогноза, выдаваемого ИНС, будет увеличиваться по мере удаления от границ, определяющих экспериментальные данные.

Таким образом, полученные данные позволили сделать следующие **выводы**:

1. На примере системы “сталь ВСт.Зсп – хлоридокислородсодержащая среда” впервые показана возможность применения нейросетевого моделирования для прогнозирования характера коррозионной трещиностойкости металла.
2. Моделирование процессов коррозионной трещиностойкости нейронной сетью является эффективным инструментом анализа и обобщения экспериментальных данных при коррозии в условиях воздействия многих факторов и недостатке информации.
3. Применение методов нейросетевого анализа позволяет адекватно прогнозировать характер сопротивления зарождению и росту коррозионных трещин в зависимости от концентрации раствора применительно к резервуарным низкоуглеродистым сталям.
4. С использованием метода нейросетевого моделирования установлено, что в близких к нейтральным хлоридным средам характер растворения низкоуглеродистых сталей в большей мере обусловлен кислотностью раствора, чем концентрацией хлорид – анионов – активаторов коррозионного процесса.

#### Список используемых источников информации

1. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. – М.: Мир, 1992. – 183 с.
2. Горбань А. Н. Обучение нейронных сетей. – М.: СП ПараГраф. – 1991. – 156 с.
3. Горбань А. Н., Дунин – Барковский В. Л., Кипдин А. Н. и др. Нейроинформатика. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение РАН. – 1998. – 296 с.
4. Нейронные сети в Statistica Neural Network/ Пер. с англ. – М.: Горячая линия – Телеком. – 2000. – 182 с.
5. Моисеева Л. С. Углекислотная коррозия нефтегазопромыслового оборудования. – Защита металлов, 2005. – т. 41. - №1. – С. 82 – 90.
6. Венгерцев Ю. О., Глоба В. М., Мартинюк Т. А. Засоби підвищення експлуатаційної надійності сталевих резервуарів // Нафтова і газова промисловість. – 1996. - №4. – С. 47 – 48.
7. Вережкин С. Н., Ржавский Е. Л. Повышение надежности резервуаров, газгольдеров и их оборудования. – М.: Недра. – 1990. - 248 с.
8. Прохоров В. А. Разрушение резервуаров и их ущерб в условиях Севера // Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – Якутск: ЯГУ. –2008. – С. 7 – 16.
9. Макаренко В.Д. Надежность нефтегазопромыслового оборудования. Челябинск: Изд – во ЦНТИ, 2006. – 826 с.
10. Макаренко В. Д., Синкевичюс А. А., Беляев В. А. и др. Нейросетевой анализ технологических свойств материалов. – Нижневартовск: Изд – во Нижневартовского гос. гуманит. ун – та. – 2008. - 168с.

**Старшев Д.В., Старшева Э.Н.**

#### **Определение параметров прерывистого шлифовального круга с учетом свойств материала заготовки и степени износа инструмента**

*Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашикова  
Акционерное общество "Воткинский завод"  
(Россия, Воткинский)*

doi:10.18411/spc-12-02-2017-06

idsp: 000001:spc-12-02-2017-06

Высокие температуры, возникающие в зоне шлифования, приводят к ускоренному износу инструмента ввиду повышения интенсивности химических

реакций материала абразива с внешней средой и материалом обрабатываемой заготовки [1]. При этом высокая вязкость и низкая теплопроводность труднообрабатываемых материалов являются основными причинами потери режущей способности шлифовальным кругом. Все это ограничивает производительность и ухудшает качество обработки.

Одним из методов управления температурой в зоне резания является использование прерывистых шлифовальных кругов, при расчете которых в настоящее время не учитывается, что зерна инструмента в процессе работы постоянно изнашиваются. В процессе износа круга уменьшается среднее расстояние между участвующими в обработке зернами, что приводит к увеличению количества тепловых источников, находящихся одновременно в зоне контакта круга с заготовкой. Кроме того, в процессе износа круга увеличивается диаметр площадки износа на задней поверхности зерна. Это приводит к более длительному его воздействию на единицу площади обрабатываемой поверхности заготовки и может стать причиной возникновения на ней тепловых дефектов. В связи с этим при проектировании прерывистых кругов необходимо учитывать, что процесс шлифования сопровождается интенсивным износом инструмента.

Для определения оптимальных параметров прерывистого круга при работе с охлаждением необходимо знать максимально-допустимую температуру  $t_{np}$  обработки заданного материала, при достижении которой наблюдается возникновение прижогов и снижение режущей способности инструмента. Относительно этой температуры определяется время, за которое нагреется единица площади обрабатываемой поверхности до ее значения при заданных условиях резания:

$$\tau_{np} = \frac{\lambda_{\partial}^2 \cdot t_{np}^2 \cdot \pi}{q_{\partial}^2 \cdot \omega_{\partial}} \quad (1)$$

где  $\lambda_{\partial}$  - коэффициент теплопроводности материала заготовки,  $\omega_{\partial}$  - коэффициент

температуропроводности материала заготовки,  $q_{\partial} = \frac{4 \cdot W_{\partial}}{\pi \cdot d_u^2}$  - плотность теплового потока, уходящего в заготовку,  $W_{\partial}$  - мощность тепловыделения в результате пластической деформации поверхностного слоя заготовки и трения задней поверхности зерна с поверхностью резания, уходящая в заготовку [2],  $d_u = 0,12 \cdot N^{0,5} \cdot h_u^{0,5}$  - диаметр площадки износа задней поверхности зерна,  $N$  – зернистость абразивных зерен,  $h_u$  – величина износа зерен круга.

Мощность тепловыделения в поверхность заготовки при работе единичным зерном определяется по формуле:

$$W_{\partial} = W_{\partial\partial} + W_{m\partial}$$

где  $W_{\partial\partial} = W_{\partial\partial} - W_{\partial c}$  - мощность тепловыделения при деформации заготовки;

$$W_{m\partial} = \frac{W_m \cdot \lambda_{\partial} \cdot \sqrt{\omega_3}}{\lambda_3 \cdot \sqrt{\omega_{\partial}} + \lambda_{\partial} \cdot \sqrt{\omega_3}}$$

- мощность тепловыделения возникающего в результате трения, уходящая в заготовку;

$W_{\partial\partial} = 9,81 \cdot V_{окр} \left( \sqrt{P_z^2 + P_y^2} - \mu \cdot (P_z(1 - \varepsilon_{прод}) + P_y) \right)$  - мощность тепловыделения при полной деформации;

$$W_{\partial c} = \frac{Q_{\partial c}}{\tau}$$

- мощность тепловыделения при деформации стружки;

$W_m = 9,81 \cdot \mu \cdot P_y \cdot V_{окр}$  - мощность тепловыделения на площадке трения задней поверхности зерна с поверхностью резания;

$\lambda_3$  - коэффициент теплопроводности зерна;

$\omega_3$  - коэффициент температуропроводности зерна;

$P_z, P_y$  – тангенциальная и радиальная составляющие силы стружкообразования;

$V_{окр}$  – скорость вращения круга;

$Q_{oc} = C_{pm} \cdot \rho_{cm} \cdot \frac{d_u \cdot x_{cp} \cdot l_{cp}}{2} \cdot \Delta t_{cmp}$  - количество теплоты, возникающей при деформации стружки;

$\tau = \frac{l_{cp}}{V_{окр}}$  - время прохождения зерном дуги контакта круга с заготовкой;

$\mu$  - коэффициент трения скольжения абразивного материала по материалу заготовки;

$C_{pm}$  - удельная теплоемкость обрабатываемого материала;

$\rho_{ст}$  – плотность обрабатываемого материала;

$x_{cp}, l_{cp}$  – толщина и длина срезаемого слоя;

$\Delta t_{cmp} = \frac{P_z}{x_{cp} \cdot d_u \cdot E \cdot \beta} \left( 1 - \frac{v_n}{2} + \frac{v_n \cdot P_z}{2 \cdot x_{cp} \cdot d_u \cdot E} \right)$  - изменение температуры стружки в результате ее деформации;

$E$  – модуль упругости обрабатываемого материала;

$\beta$  - коэффициент объемного расширения обрабатываемого материала;

$v_n$  - коэффициент Пуассона обрабатываемого материала.

Каждое участвующее в резании зерно воздействует на единицу площади

$$\tau_3 = \frac{d_u}{V_{окр}}$$

поверхности заготовки в течение времени  $\tau_3$ . Таким образом, длина выступа на поверхности прерывистого круга должна составлять:

$$l_s = \frac{\tau_{np} \cdot V_{окр}}{d_u} \cdot l_p \quad (2)$$

$$l_p = \frac{1,59 \cdot 10^{-3} \cdot N^2}{(31 - C)^2 \cdot h_u} + l_n$$

где  $l_p$  - расстояние между режущими зернами прерывистого круга с учетом состояния его рабочей поверхности (износа),  $C$  – номер структуры круга,  $l_n$  – длина впадины, предварительно назначается равной нулю (самый неблагоприятный случай с точки зрения теплонапряженности).

За время  $\tau_{np}$  в единицу площади заготовки перейдет количество теплоты в размере:

$$Q_d = W_d \cdot \tau_{np} \quad (3)$$

Следовательно, это же количество теплоты должна поглотить СОТС, находящаяся во впадине круга, проходя через единицу площади поверхности резания. На основании этого, длина впадины определится как:

$$l_n = \sqrt{\frac{Q_d \cdot V_{окр}}{\alpha_k \cdot t_{np} \cdot d_u}} \quad (4)$$

где  $\alpha_k$  - коэффициент теплоотдачи СОТС определяемый по методике предложенной А.Н. Резниковым [2].

Естественно предположить, что часть теплоты  $Q_0$  с поверхности резания проникнет вглубь заготовки, часть уйдет на нагрев и парообразование пограничного слоя на круге. Поэтому можно утверждать, что количества СОТС, находящейся во впадине длиной  $l_p$  и определяемой по формуле (4) будет достаточно для охлаждения поверхности заготовки до требуемой температуры (не вызывающей возникновения тепловых дефектов при последующем прохождении выступа).

Полученные уравнения (2) и (4) позволяют определить размеры выступов и впадин прерывистого круга, обеспечивающие снижение температуры в зоне обработки до требуемой величины с учетом степени износа инструмента, сил трения и пластических деформаций, происходящих при резании.

#### Список используемых источников информации

1. Носенко В.А. Шлифование адгезионно-активных металлов. – М.: Машиностроение, 2000. – 262с.
2. Резников А.Н., Резников Л.А. Тепловые процессы в технологических системах: Учебник для вузов по специальностям «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки и инструменты». – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.: ил.

Научное издание

**Научный диалог:  
Вопросы точных и технических наук**

Сборник научных трудов, по материалам  
международной научно-практической конференции  
12 февраля 2017 г.



**SPLN 001-000001-0099-FF**

Подписано в печать 25.02.2017. Тираж 400 экз.  
Формат.60x84 1/16. Объем уч.-изд. л.1,38  
Бумага офсетная. Печать оперативная.  
Отпечатано в типографии НИЦ «Л-Журнал»  
Главный редактор: Иванов Владислав Вячеславович