

Краткие сообщения

УДК 621.365.5

ЭФФЕКТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДУКТОРОВ*

Л.С. Зимин, А.С. Леоненко

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Аннотация. Рассматривается задача достижения максимальной энергоэффективности технологических комплексов «индукционная нагревательная установка (ИНУ) – обработка металла давлением (ОМД)». Акцент при оптимизации ИНУ делается на учет параметров деформирующего оборудования (пресс, прокатный стан и др.). Анализируются особенности индукционного нагрева тел прямоугольной формы, например слябов под прокатку. Здесь в отличие от нагрева цилиндрических заготовок возникают тепловые и электродинамические проблемы. Это прежде всего проявление наряду с продольным также поперечного краевого эффекта, т. е. появление градиентов температуры по периметру поперечного сечения. К электродинамическим проблемам относятся электродинамические вибрации и сопровождающий их шум, превышающий санитарные нормы для производственных помещений.

Ключевые слова: деформация, нагрев, индуктор, краевой эффект, вибрации.

В статье описывается эксплуатация и оптимизация индукторов для нагрева металла под прессование и прокатку. Индуктор и деформирующее оборудование рассматриваются совместно, а также учитывается система электроснабжения с целью получения единого взаимосвязанного технологического комплекса с максимально возможными экономическими показателями как по производительности, так и качеству получаемых полуфабрикатов.

Индукционный нагрев кроме нагрева металла под деформацию в настоящее время также широко используется в технологиях нагрева неэлектропроводных материалов, например, при производстве пластмасс, а также в сварочном производстве [1,2]. Но наиболее перспективно применение индукционного нагрева в технологиях нагрева металла для горячего пластического деформирования [3,4]. При этом всегда ставится задача достижения максимальной энергоэффективности технологических комплексов индуктор – обработка металла давлением. Формулировка поставленной задачи описывается в виде:

$$X = X[Y(t), X(0), Z, K] \quad (1)$$

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 15-08-0305).

Лев Сергеевич Зимин (д.т.н., проф.), профессор кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий».

Александра Сергеевна Леоненко (к.т.н.), доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий».

$$Z=Z(K), Y=Y(t,K), X=X(t,K) \quad (2)$$

$$H [X(t), Y(t), X(0), Z, K] \leq 0 \quad (3)$$

где составляющие векторы: $Y(t)$ - временные воздействия; $X(0)$ - начальное условие; Z - параметры, не зависящие от времени; K - вектор параметров структурной или конструктивной схемы. Допустимые области, внутри которых находятся искомые проектные решения

$$X \in \Omega_x, Y \in \Omega_y, X(0) \in \Omega_0, Z \in \Omega_z, K \in \Omega_k, \quad (4)$$

где Ω - замкнутое множество векторов.

Представленная задача (I)-(4) относится к обратным задачам исследования операций, которые в общем виде некорректны. Для регуляризации задачи используется идея целенаправленности, реализуемая с помощью критерия оптимальности, определяемого через проектные данные функционалом

$$I [X(t), Y(t), X(0), Z, K] \quad (5)$$

На реализацию и функционирование объекта проектирования накладываются разнообразные ограничения, совокупность которых можно представить с помощью вектор-функционала

Введение критерия оптимальности преобразует рассмотренную выше задачу в задачу оптимального проектирования: «Максимизировать (минимизировать) функционал I по всем независимым аргументам при соблюдении (4)».

Традиционный путь решения такой задачи состоит в решении локальных задач оптимизации отдельно для нагревательной установки и деформирующего оборудования в жестких рамках заданных технологических инструкций, формируемых за пределами этих задач. Качественно более широкие возможности появляются при совместной оптимизации этих процессов, преследующей достижение предельных значений совокупного экономического показателя работы комплекса в целом. Здесь целесообразен системный подход, когда индукционная нагревательная установка (ИНУ) рассматривается в едином комплексе с оборудованием для обработки металла давлением (ОМД) [5,6], например, пресс или прокатный стан.

Если с точки зрения конструкции ИНУ и особенностей процесса индукционного нагрева ограничиться двумя основными формами нагреваемых заготовок - прямоугольной и цилиндрической, то из наиболее распространенных видов горячей ОМД в металлургическом производстве целесообразно рассмотреть прокатку (слябинг) и прессование. Если индукционный нагрев цилиндрических тел, которые в основном являются заготовками при прессовании, довольно хорошо изучен, то при использовании индукционного нагрева в листопрокатном производстве возникает целый ряд особенностей, которые возникают из-за двумерного характера магнитных и тепловых полей [7-9]. Это приводит к ряду дополнительных особенностей как, например, поперечный краевой эффект [8].

Степень проявления поперечного краевого эффекта зависит от электрических и теплофизических свойств нагреваемого металла, размеров поперечного сечения, частоты тока индуктора и величины тепловых потерь. Так, на промышленной частоте тока это приводит к тому, что у алюминиевых слэбов угловые зоны перегреваются по сравнению с центральными, а у титановых – наоборот.

Другое характерное явление, характеризующее индукционный нагрев прямоугольных тел заключается в том, что электромагнитные процессы в системе

«индуктор-металл» характеризуются не только выделением тепловой энергии в заготовке и индукторе, но также объемной плотностью электромагнитного поля и связанными с ней электродинамическими усилиями. Если в плавильных печах электродинамические силы играют положительную, т.к. могут улучшить перемешивание жидкого металла, то при индукционном нагреве под деформацию механическое проявление электромагнитной энергии играет резко отрицательную роль, т. к. возникает проблема устойчивости конструкций индукторов против вибраций, возникающих под действием электродинамических сил. Особенно остро эта проблема проявляется при индукционном нагреве прямоугольных заготовок [10,11]. В индукторах для нагрева цилиндрических заготовок отсутствуют условия для возникновения значительных вибраций (круглое поперечное сечение обладает большой естественной жесткостью), а в индукторах прямоугольной формы необходимо принимать во внимание малую устойчивость прямолинейных участков обмотки индуктора. Причем, суть проблемы представляет не механическая прочность медной трубки индуктора, поскольку возникающие напряжения изгиба гораздо меньше допустимых для меди, а сильная вибрация и сопровождающий ее шум, которые, если не принимать специальных мер, значительно превышают санитарные нормы для производственных помещений.

При оптимальном проектировании комплекса «ИНУ-ОМД» одновременно решается проблема энергосбережения [12].

Действительно энергоэффективный технологический комплекс «ИНУ - ОМД» можно спроектировать только с учётом его системы электроснабжения (СЭС). Под энергоэффективным проектированием СЭС понимается построение наиболее экономичного её варианта при соблюдении технических условий, накладываемых как элементами СЭС, так и потребителями – ИНУ. В качестве экономического критерия энергоэффективности целесообразно принимать суммарные приведенные затраты на СЭС, которые определяются технологическими, электротехническими и топологическими параметрами [13,14].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Базаров А.А., Данилушкин А.И., Зимин Л.С. Индукционная система для подогрева труб перед сваркой // Электротехника. – 2018. – № 3. – С. 40–45.
2. Зимин Л.С., Сорокин А.Г., Горбачевский Н.И. Электротехнический комплекс индукционного нагрева // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2017. – Вып. 2(54). – С. 191–195.
3. Зимин Л.С., Егиазарян А.С. Особенности индукционного нагрева алюминиевых сплавов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2016. – Вып. 2(50). – С. 203–208.
4. Егиазарян А.С., Зимин Л.С. Особенности индукционного нагрева под деформацию // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – Вып. 3 (47). – С. 128–135.
5. Егиазарян А.С., Зимин Л.С. Комплексный подход к оптимальному проектированию индукционных нагревательных установок // Известия вузов. Электромеханика. – 2014. – Вып. 5. – С. 63–67.
6. Егиазарян А.С. Возможные подходы к проектированию индукторов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – Вып. 1(45). – С. 194–198.
7. Зимин Л.С., Егиазарян А.С. Проектирование прямоугольных индукторов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2016. – Вып. 3(51). – С. 151–154.
8. Егиазарян А.С., Зимин Л.С. Поперечный краевой эффект при индукционном нагреве // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2010. – Вып. 7 (28). – С. 231–233.

9. Зимин Л.С., Егиазарян А.С. Ключевые проблемы при эксплуатации индукционных нагревателей // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2017. – Вып. 1(53). – С. 179–182.
10. Зимин Л.С., Егиазарян А.С. Электродинамические процессы при индукционном нагреве // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2016. – Вып. 1(49). – С. 156–160.
11. Зимин Л.С., Егиазарян А.С. Виброзащита мощных индукторов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2016. – Вып. 3(24). – С. 135–139.
12. Зимин Л.С., Егиазарян А.С. Направления энергосбережения // Градостроительство и архитектура. – Самара, 2017. – Т. 7. – № 2. – С. 125–132.
13. Егиазарян А.С., Зимин Л.С. Анализ режимов электроснабжения индукционных установок // Известия вузов. Электромеханика. – 2011. – № 3. – С. 74–76.
14. Егиазарян А.С., Зимин Л.С., Федотов М.Е. Электромагнитная совместимость систем электроснабжения с индукционными установками // Известия вузов. Электромеханика. – 2007. – Спец. выпуск. – С. 75.

Статья поступила в редакцию 1 февраля 2018 г.

THE EFFICIENT DESIGN OF INDUCTORS

L.S. Zimin, A.S. Leonenko

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Abstract. *The problem of achievement of the maximum energy efficiency of technological complexes "induction heating installation (IHI) – metal processing by pressure" is considered. The emphasis during optimization of induction heating installation is directed on parameters of the deforming equipment (a press, a rolling mill, etc.). The characteristics of the induction heating of rectangular bodies, for example, the slab for rolling is analyzed. Here, in contrast to the heating of cylindrical billets, thermal and electrodynamic problems arise. This is, above all, the appearance of the longitudinal as well as the transverse edge effect, i.e. the appearance of temperature gradients along the cross-section perimeter. Electrodynamic vibration and accompanying noise, in excess of health standards for shopfloor belong to electrodynamic problems*

Keywords: *deformation, heating, inductor, boundary effect, vibration.*

УДК 622.276

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «МиР ПиА» ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ СЕПАРАЦИИ НЕФТИ

С.В. Иваняков, Д.А. Крючков

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: mahp@inbox.ru

Аннотация. Рассматривается проблема проведения технологических расчетов систем сепарации нефти на промыслах. Предложено использование программного продукта «МиР ПиА» (Моделирование и расчет процессов и аппаратов) для математического моделирования систем сепарации нефти. Проведено сравнение точности расчетов, проведенных с помощью программного продукта «МиР ПиА», с точностью расчетов программных продуктов Aspen Technologies HYSYS и Invensys Process Systems PRO/II. Выявлено хорошее соответствие получаемых результатов расчетов с экспериментальными данными однократного разгазирования нефтей с различными газовыми факторами. Сделан вывод о целесообразности использования продукта «МиР ПиА» для моделирования систем сепарации нефти.

Ключевые слова: система сепарации нефти, математическое моделирование, программный продукт «МиР ПиА».

Системы сепарации нефти представляют собой совокупность последовательно и параллельно соединенных газожидкостных сепараторов, давление и температура в которых непрерывно изменяются, что сопровождается фазовыми превращениями: разгазированием нефти, кристаллизацией парафинов, выпадением солей в сложных гидродинамических условиях и т.д. [1]. Технологические расчеты систем сепарации нефти отличаются нелинейностью и часто итерационностью. В силу этого широко используют различные программные продукты, позволяющие существенно сократить сроки проектирования, повысить прибыльность эксплуатации установок, улучшить качество получаемых продуктов, которые должны обладать высокой точностью описания параметров технологических процессов и позволять без значительных материальных и временных затрат производить исследования этих процессов.

К настоящему времени лидирующие позиции на рынке программных продуктов занимают продукты таких компаний, как Invensys Process Systems (PRO/II), Aspen Technologies (HYSYS), а также ряд других зарубежных и отечественных продуктов (CHEMCAD, GIBBS и др.).

Одной из новых российских систем, моделирующих технологические процессы подготовки нефти, нефтехимии и нефтепереработки, является программная платформа «МиР ПиА» [2].

Сергей Викторович Иваняков (к.т.н.), доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

Дмитрий Александрович Крючков (к.т.н.), доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

Платформа «МиР ПиА» создана на базе общепринятых методов математического моделирования оборудования и технологических установок и включает следующие модули:

- расчета теплофизических свойств индивидуальных компонентов, углеводородных фракций и их смесей;
- расчета фазовых равновесий многокомпонентных систем при различных условиях;
- моделирования различных тепломассообменных и гидромеханических аппаратов;
- объединения совокупности аппаратов в комплексную модель технологической установки для прогнозирования параметров работы оборудования и свойств технологических потоков;
- обработки результатов моделирования и генерации отчетов.

Сравнение точности расчетов с использованием программного продукта «МиР ПиА» с результатами, полученными программными продуктами HYSYS и PRO/II [3], показало, «МиР ПиА» обладает достаточной точностью расчетов.

В качестве примера в табл. 1 приведены результаты расчета ДНП и состава пара в равновесной системе «бензол – толуол» (50 % мол. / 50 % мол.) при температуре 30 °С.

Таблица 1

Результаты расчета давления и состава пара в равновесной системе «бензол – толуол» (50 % мол. / 50 % мол.) при температуре 30 °С

Параметр	Значения			
	Аналитический расчет	HYSYS	PRO/II	«МиР ПиА»
Температура, °С	30	30	30	30
ДНП, кгс/см ²	0,100	0,110	0,106	0,112
Состав пара				
Бензол, % мол.	76,4	75,9	76,4	76,9
Толуол, % мол.	23,6	24,1	23,6	23,1

Сравнение результатов моделирования однократного разгазирования нефти различных месторождений и экспериментальных данных [4, 5] приведено на рис. 1, 2 и в табл. 2.

Моделирование проводилось в следующем порядке:

- для каждой нефти в качестве исходных данных задавались состав, температура и давление в пласте, соответствующие результатам экспериментов [4, 5];
- нефть приводилась к параметрам однократного разгазирования (атмосферное давление и температура 20 °С);
- для указанных значений температуры и давления определялись расход и состав паровой и жидкой фаз с помощью уравнения состояния Пенга – Робинсона газожидкостного равновесия.

С учетом небольшого расхождения между расчетными параметрами и результатами экспериментов возможно использование программного продукта «МиР ПиА» при математическом моделировании систем сепарации нефти (рис. 3).

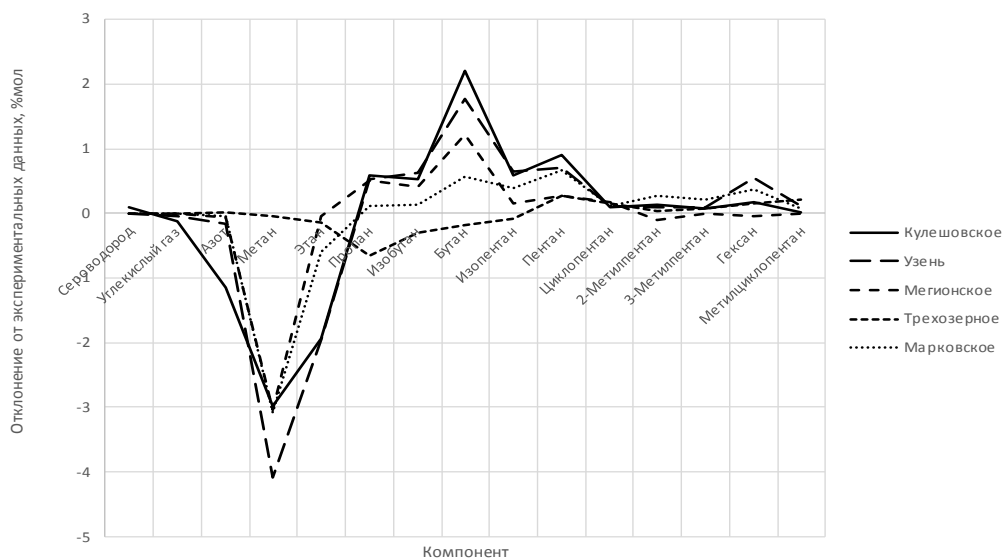


Рис. 1. Отклонения по количеству компонентов в газовом потоке при однократной сепарации нефтей различных месторождений

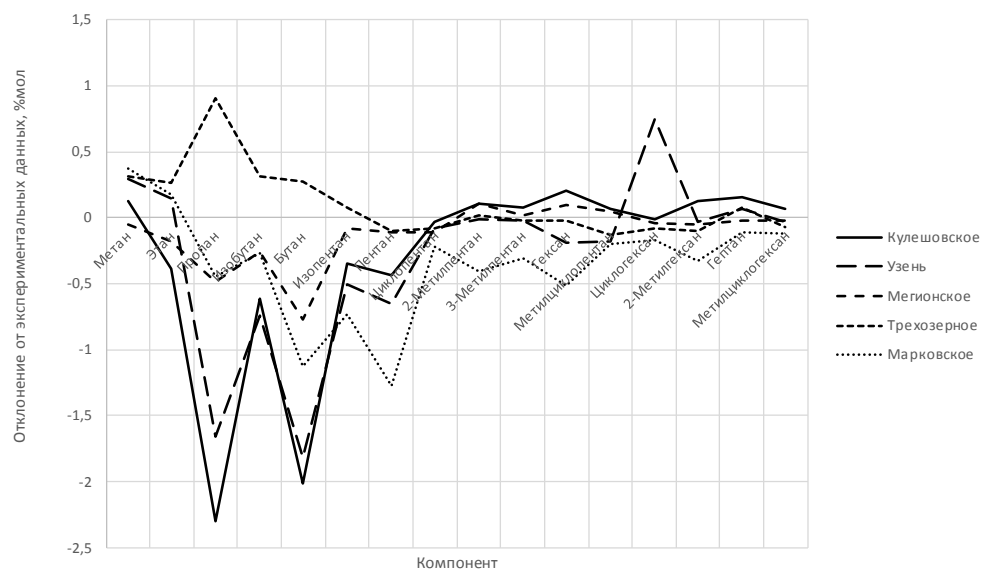


Рис. 2. Отклонения по количеству компонентов в потоке разгазированной нефти при однократной сепарации нефтей различных месторождений

2-Метилпентан	0,60	0,74	2,89	2,99	0,31	0,58	2,79	2,38
3-Метилпентан	0,34	0,42	1,82	1,90	0,13	0,34	1,86	1,55
Гексан	0,60	0,77	4,22	4,43	0,28	0,65	4,31	3,79
Метилциклопентан	0,17	0,18	0,98	1,05	0,09	0,17	1,18	0,98
2,4-Диметилпентан	0,00	0,01	0,13	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Циклогексан	0,00	0,14	1,04	1,03	0,00	0,11	0,97	0,80
2-Метилгексан	0,00	0,32	4,09	4,21	0,00	0,31	4,44	4,11
Гептан	0,00	0,18	3,17	3,32	0,00	0,22	4,33	4,22
Метилциклогексан	0,00	0,11	1,81	1,88	0,00	0,13	2,29	2,17
Остаток	0,00	0,00	53,59	58,77	0,00	0,00	65,63	71,31

* Э – экспериментальные данные [4, 5]; Р – расчетные параметры, полученные в «МиР ПиА».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: Учебник для вузов. – М.: Альянс, 2005. – 319 с.
2. Коньгин С.Б., Крючков Д.А. Моделирование и расчет процессов и аппаратов (МиР ПиА). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015613176.
3. Ghasem N. Computer Methods in Chemical Engineering // Taylor & Francis Group, LLC. 2012. – 492 p.
4. Каспарьянц К.С. Проектирование обустройства нефтяных месторождений. – Самара: Самвен, 1994. – 412 с.
5. Физико-химические свойства и составы нефтей и газов. Руководящие материалы. – Куйбышев: Гипровостокнефть, 1974. – 238с.

Статья поступила в редакцию 25 января 2018 г.

APPLICATION OF THE MIR PIA SOFTWARE FOR COMPUTER MODELING OF OIL SEPARATION SYSTEMS

S.V. Ivanyakov, D.A. Kryuchkov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

E-mail: mahp@inbox.ru

Abstract. The problem of carrying out technological calculations for oil separation systems in oil fields is considered. The use of the MiR PiA software for mathematical modeling of oil separation systems is proposed. Comparison of the calculation accuracy of the Mir PiA software with the software products Aspen Technologies HYSYS and Invensys Process Systems PRO/II is made. The correspondence of the obtained calculations to the experimental data of single degassing of oils with various gas factors is revealed.

Keywords: oil separation system, mathematical modeling, software product MiR PiA.

Sergey V. Ivanyakov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.
Dmitriy A. Kryuchkov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.

УДК 620.197

ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ ПРОТЕКТОРНОГО МАГНИЕВОГО СПЛАВА

Н.Г. Кац

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Аннотация. Рассмотрены вопросы образования продуктов коррозии на поверхности протекторного сплава после пяти лет эксплуатации в подтоварной воде. Проведены качественные исследования химического состава коррозионного разрушения протекторного сплава в лабораторных условиях с целью определения ионного состава продуктов коррозии. Представлены фотографии протекторного сплава, на которых видны участки очагового поражения. Проведен анализ образовавшихся продуктов коррозии, описаны возможные причины их образования. Представлены качественные методики химического анализа коррозионных повреждений протекторного сплава и сделаны выводы о возможности или невозможности его дальнейшей эксплуатации в производственных условиях.

Ключевые слова: электрохимическая коррозия металлов, качественный анализ, протекторные сплавы, ионный состав, продукты коррозии.

Магний – очень легкий металл, который имеет самый электроотрицательный потенциал относительно водорода, равный 2,4 В.

Вот почему этот металл чаще всего используют для изготовления протекторов, предназначенных для использования в резервуарах для хранения подтоварной воды и нефти.

При анодном растворении магний переходит в раствор в виде ионов Mg^{+} с образованием водорода. Магний легко пассивируется, его коррозия протекает с водородной деполяризацией, поэтому кислород на его коррозионное растворение почти не влияет.

Состав протекторных сплавов содержит наибольшее количество магния [1], вот почему он оказывает наибольшее влияние на протекание коррозионного процесса. Минерализация подтоварных вод может сильно изменяться [2], но химизм коррозионного процесса растворения не меняется.

В работе [3] рассмотрено поведение протекторного сплава в процессе его эксплуатации в подтоварной воде сильной минерализации (содержание солей более 0,3 %) и показано его состояние после пяти лет эксплуатации в промышленном резервуаре. Сделан вывод, что на поверхности протектора появились отложения в виде оксида магния и остатков нефтепродуктов (см. рисунок).

Николай Григорьевич Кац (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

Рассмотрим более подробно, какие продукты коррозии могут находиться на поверхности протекторного сплава. Для этого используем методы химического анализа коррозионных повреждений [4, 5].

Химические методы прямого исследования коррозионного процесса – это капельный метод наложением влажной индикаторной бумаги и проведение химического анализа металла и продуктов коррозии после эксплуатации конструкции. Типы испытания: экспресс-методы идентификации металлов и продуктов коррозии; количественное определение химического состава продуктов коррозии на образцах элементов конструкции после лабораторных и эксплуатационных испытаний. Показателем коррозии служат характер реакции, цвет вещества и состав продуктов коррозии.



Общий вид протекторного сплава для химического анализа

Для отбора пробы на химический анализ необходимо подготовить поверхность коррозионного поражения [5]. Для этого жирным карандашом проводят круг диаметром 1 см и внутрь наносят 2–3 капли раствора для снятия продуктов коррозии на 2–3 минуты. При помощи пипетки раствор собирают и переносят на поверхность стекла или в фарфоровую чашку. Если есть нерастворившиеся продукты коррозии, добавляют каплю соляной и азотной кислот в соотношении 1:1, затем раствор анализируют. Иногда проводят исследования на специальной бумаге, пропитанной специфическим раствором, или на индикаторной бумаге.

В таблице показаны растворы для удаления продуктов коррозии, реагенты, изменение цвета, что свидетельствует о наличии или отсутствии ионов того или иного металла в растворе.

Определение ионов алюминия

По указанной методике снимаем продукты коррозии при помощи 0,5–1,0 н. раствора едкого натра и переносим его на бумагу вместе с раствором алюминона. Раствор окрасился в красно-малиновый цвет, что свидетельствует о наличии ионов алюминия.

Определение ионов железа

Продукты коррозии снимаем 0,1 н. раствором соляной кислоты и переносим каплю анализируемого раствора на поверхность бумаги, туда же добавляем каплю раствора роданида аммония. Цвет изменился на красно-коричневый, что говорит о присутствии ионов трехвалентного железа. Если бы цвет раствора изменился на синий, это свидетельствовало бы о присутствии ионов двухвалентного железа.

Определение ионов меди

Снимаем продукты коррозии при помощи 0,1 н. раствора соляной кислоты, ингибированного уротропином, и переносим одну каплю на поверхность бумаги. Добавляем одну каплю α -бензоинноксима. Цвет раствора становится салатно-зеленым, значит, в нем содержатся ионы меди.

Ионный состав раствора

Удаление продуктов коррозии	Реагент	Цвет раствора	Ионы	Наличие ионов
0,5–1,0 н. раствор едкого натра	Алюминон	Красно-малиновый	Алюминия	Есть
0,1 н. раствор соляной кислоты	Роданид аммония	Красно-коричневый	Трехвалентного железа	Есть
0,1 н. раствор соляной кислоты	Роданид аммония	Синий	Двухвалентного железа	Нет
0,1 н. раствор соляной кислоты, ингибированный уротропином	α -бензоинноксим	Салатно-зеленый	Меди	Есть
0,1 н. раствор азотной кислоты	Диметилглиоксим	Красно-розовый	Никеля	Нет
2 н. раствор серной кислоты	Перекись водорода	Желтый	Титана	Есть
0,5–1,0 н. раствор едкого натра	Дифенилтиокарбид	Ярко-розовый	Цинка	Есть

Определение ионов никеля

Продукты коррозии снимаем 0,1 н. раствором азотной кислоты, переносим его каплю на бумагу и добавляем каплю раствора диметилглиоксима. Если цвет раствора изменится на красно-розовый, это свидетельствует о наличии ионов никеля. В нашем случае такого изменения не наблюдалось, следовательно, ионы никеля отсутствуют.

Определение ионов титана

Продукты коррозии снимаем 2 н. раствором серной кислоты. Переносим каплю раствора на поверхность бумаги и добавляем каплю раствора перекиси водорода. Цвет раствора изменился на желтый, что означает присутствие ионов титана.

Определение ионов цинка

Снимаем продукты коррозии при помощи 0,5–1,0 раствора едкого натра. Затем переносим его на бумагу и добавляем каплю раствора дифенилтиокарбазида. Появилось ярко-розовое пятно, что свидетельствует о наличии ионов цинка.

Таким образом, при растворении магниевого протекторного сплава происходит образование ионов: алюминия, трехвалентного железа, меди, титана и цинка. Можно предположить, что на поверхности магниевого протекторного сплава откладываются оксиды этих ионов металла, что способствует изменению коррозионного процесса, ускоряя его.

Выводы

1. Проведен химический анализ ионного состава магниевого протекторного сплава после пяти лет эксплуатации в промышленных условиях.
2. Показано наличие или отсутствие ионов металла в анализируемом растворе после коррозионного процесса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кац Н.Г., Стариков В.П., Парфенова С.Н., Лесухин С.П. Основы теории химического сопротивления и защита от коррозии оборудования нефтегазопереработки: Монография. – Москва: Машиностроение, 2010. – 332 с.
2. Васильев С.В., Кац Н.Г., Парфенова С.Н., Живаева В.В., Доровских И.В. Общая характеристика и свойства подтоварных вод // ВНИИОЭНГ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2011. – № 12. – С. 41–42.
3. Кац Н.Г., Коноваленко Д.В., Васильев С.В. Анализ разрушений магниевых протекторных сплавов // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – Вып. 4(48). – С. 130–134.
4. Количественный химический анализ. Библиотека технической литературы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bibt.ru>
5. Качественный химический анализ коррозионного поражения. Библиотека технической литературы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bibt.ru>

Статья поступила в редакцию 26 января 2018 г.

CHEMICAL ANALYSIS OF THE MAGNESIUM ALLOY CORROSION DESTRUCTION

N.G. Katz

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Abstract. *The problems of the corrosion products formation on the tread alloy surface after the five-year exploitation in the bottom water are considered. Quality laboratory research of the tread alloy chemical destruction to determine the ion composition of the corrosion products is carried out. The tread alloy photos with the destruction areas are presented. The analysis of corrosion products is made; probable causes of their formation are described. Qualitative techniques of the chemical analysis of the tread alloy corrosion destruction are presented. The conclusion of the further possibility or impossibility of its production is made*

Keywords: *potentiostat, electrochemical method corrosion, qualitative analysis, protector alloys, ion composition, corrosion products.*

УДК 620.193

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ВЕЩЕСТВ

С.Б. Коныгин, Д.В. Коноваленко

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Аннотация. Рассмотрены вопросы автоматизированного тестирования базы данных по теплофизическим свойствам химических веществ. Предложен набор простых критериев, позволяющих снизить количество ошибок в значениях постоянных и температурно-зависимых параметров химических компонентов. Рассмотренная система тестирования была реализована в программной платформе для моделирования и расчета процессов и аппаратов «МиР ПиА». Проведено тестирование работы предлагаемой системы, которое в целом показало целесообразность ее использования. Установлено, что для очень легких химических компонентов могут наблюдаться ошибки при оценке корректности ацентрического фактора. Для тяжелых углеводородных компонентов проблематично проведение оценки значений стандартной плотности жидкости.

Ключевые слова: тестирование базы данных, теплофизические свойства веществ, моделирование технологических процессов.

Одной из составляющих современных программных продуктов, предназначенных для моделирования технологических процессов нефтегазовой и химической промышленности, является база данных со свойствами химических веществ [1]. Такие базы данных, как правило, содержат большое количество компонентов, и каждый из них характеризуется широким набором теплофизических свойств (как постоянных, так и зависящих от температуры). В силу того, что указанные данные собираются из различных литературных источников [2–4], возможно возникновение ситуации, когда они будут противоречить друг другу. В этой связи для разработчиков подобных программных продуктов может представлять интерес система автоматизированной проверки корректности параметров химических веществ.

В рамках настоящей статьи рассматривается простая система проверки, которая была реализована для тестирования базы программной платформы для моделирования и расчета процессов и аппаратов «МиР ПиА» [1]. Диалоговые окна для ввода постоянных и температурно-зависимых свойств представлены на рис. 1 и 2. Для автоматизированной проверки предлагается использовать следующие основные критерии:

1) значения критических температуры T_C , давления P_C , объема V_C и сжимаемости z_C должны быть связаны между собой соотношением

Сергей Борисович Коныгин (д.т.н., доцент), заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

Денис Владимирович Коноваленко, старший преподаватель кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».

$$\left| z_c - \frac{P_c V_c}{RT_c} \right| < \varepsilon_c ; \quad (1)$$

2) значение ацентрического фактора химического компонента ω должно соотноситься с его температурной зависимостью давления насыщенного пара $P_{\text{нп}}$ следующим образом [2]:

$$\left| \omega - \log_{10} \frac{P_c}{P_{\text{нп}}(0,7 \cdot T_c)} + 1 \right| < \varepsilon_\omega ; \quad (2)$$

3) значение температуры кипения $T_{\text{кип}}$ также должно соотноситься с температурной зависимостью давления насыщенного пара $P_{\text{нп}}$ следующим образом [2]:

$$|T^* - T_{\text{кип}}| < \varepsilon_T , \quad (3)$$

где T^* определяется численным решением уравнения

$$P_{\text{нп}}(T^*) = 101325 ; \quad (4)$$

4) температурные зависимости энтальпии $H_{\text{ид}}$ и энтропии $S_{\text{ид}}$ идеального газа должны удовлетворять соотношению

$$\left| \frac{dH_{\text{ид}}}{dT}(0,5 \cdot T_c) - 0,5 \cdot T_c \frac{dS_{\text{ид}}}{dT}(0,5 \cdot T_c) \right| < \varepsilon_H ; \quad (5)$$

5) значение стандартной плотности жидкости $\rho_{\text{ст}}$ должно соответствовать температурной зависимости плотности жидкости ρ следующим образом:

$$|\rho(298) - \rho_{\text{ст}}| < \varepsilon_\rho . \quad (6)$$

В формулах (1)–(6) значения погрешностей ε_i зависят от классов химических веществ.

Свойство компонента	Значение	Единицы измерения	Лит
1 Название компонента	1,1-Диметилциклопентан		...
2 Альтернативное название			...
3 Химическая формула	C7H14		...
4 Группы веществ			...
5 Молекулярная масса	98.186	г/моль	...
6 Температура кипения	87.85	С	...
7 Стандартная плотность жидкости	758.57	кг/м3	...
8 Стандартная энтальпия образования	-1720.48	Дж/моль	...
9 Стандартная энергия Гиббса образования	33425.8	Дж/моль	...
10 Ацентрический фактор	0.27235		...
11 Критическая температура	273.85	С	...
12 Критическое давление	3445.03	кПа	...
13 Критический объем	0.00036	м3/моль	...
14 Критическая сжимаемость	0.273		...
15 Температура тройной точки	-69.79	С	...

Рис. 1. Диалоговое окно для ввода констант химических компонентов

Предлагаемая система проверки была реализована в виде программного модуля и апробирована на базе компонентов программной платформы «МиР ПиА». Пример диалогового окна, в котором отображаются результаты тестирования базы данных, приведен на рис. 3.

Свойства компонента

Константы Температурные зависимости Экспериментальные данные Сравнительный анализ

	Свойство компонента	Формула зависимости	Ед. изм. темпер.	Мин. темп.	Макс. темп.	Ед. изм. величины	Лит
1	Давление насыщенного пара	$10^{(58.194-3415.1/T-19.294 \cdot \log_{10}(T)+9.6704e-03 \cdot T-2.4361e-06 \cdot T^2)}$	K	203.36	547	мм.рт.ст.	...
2	Плотность жидкости	$0.2728 \cdot (0.2773^{(0-(1-t/547)^{0.3016})})$	K	203.36	547	г/см3	...
3	Энтальпия идеального газа	$(49.51858-0.159547 \cdot T+0.544201e-03 \cdot T^2-0.129201e-06 \cdot T^3)$	R	537	2700	Дж/моль	...
4	Энтальпия газа		C			кДж/моль	...
5	Энтальпия жидкости		C			кДж/моль	...
6	Энтропия идеального газа	$(-0.159547 \cdot \log(T)+2 \cdot 0.544201e-03 \cdot T-3/2 \cdot 0.129201e-06 \cdot T^2)$	R	537	2700	Дж/моль.K	...
7	Энтропия газа		C			кДж/моль.K	...
8	Энтропия жидкости		C			кДж/моль.K	...
9	Теплопроводность газа	$-1.3734E-02+7.7392E-05 \cdot T+4.7344E-08 \cdot T^2$	K	250	1000	Вт/м.K	...
10	Теплопроводность жидкости	$0.1874-9.9435E-05 \cdot T-3.0315E-07 \cdot T^2$	K	233.36	477	Вт/м.K	...
11	Вязкость газа	$-7.5781+0.2657 \cdot T-4.3014e-05 \cdot T^2$	K	250	1000	мкП	...
12	Вязкость жидкости	$10^{(-1.6801+2.6761E+02/T+0.0033 \cdot T+(-6.4471E-06) \cdot T^2)}$	K	293.15	519.65	сП	...
13	Поверхностное натяжение	$55.282 \cdot (1-T/547.00)^{1.2168}$	K	203.36	547	дин/см	...

OK Отмена

Рис. 2. Диалоговое окно для ввода свойств химических компонентов, зависящих от температуры

Список ошибок и предупреждений

Результаты тестирования данных по чистым веществам

- Метан
 - Зрасч = 0.286198, Zтабл = 0.286
 - Некорректное соотношение давления насыщенного пара и ацентрического фактора
 - Wрасч = 0.0102175, Wтабл = 0.011548
 - Pрасч = 11776.9, Pтабл = 11696.3
 - Tрасч = 111.617, Tтабл = 111.665
 - dH/dT = 33.1394, T*dS/dT = 33.1222
- Этан
- Пропан
- Бутан
- Изобутан
- Пентан
- Изопентан
- Неопентан
- Гексан
- 2-Метилпентан
- 3-Метилпентан
- 2,2-Диметилбутан
- Гептан
- 2-Метилгексан
- 3-Метилгексан
- 2,4-Диметилпентан
- Октан
- 2,2-Диметилгексан

Заккрыть

Рис. 3. Диалоговое окно с результатами тестирования базы химических компонентов

На момент тестирования база данных содержала порядка ста химических веществ, основную часть которых составляли углеводороды. Кроме того, в базе присутствовали инертные и легкие полярные газы.

Опыт тестирования базы данных показал следующие основные результаты:

1) для углеводородных компонентов с не слишком большими молекулярными массами (за исключением метана) все автоматические тесты выполняются и позволяют в любой момент проверить корректность параметров;

2) для очень легких компонентов (водород, азот, метан и т. п.) проверить значение ацентрического фактора по формуле (2) не удается;

3) для тяжелых углеводородов проверка стандартной плотности жидкости по формуле (6) невозможна, т. к. при данных условиях вещество еще находится в твердой фазе.

Все сказанное позволяет сделать вывод о целесообразности внедрения подобных средств автоматизированного тестирования в программные продукты для моделирования технологических процессов нефтегазовой и химической отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коныгин С.Б., Крючков Д.А. Моделирование и расчет процессов и аппаратов (МиР ПиА). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613176.
2. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии. Т. 1. – М.: Мир, 1987. – 304 с.
3. Гуревич Г.Р., Брусиловский А.И. Справочное пособие по расчету фазового состояния и свойств газоконденсатных смесей. – М.: Недра, 1984. – 264 с.
4. Термодинамика равновесия жидкость – пар / Под. ред. А.Г. Морачевского. – Л.: Химия, 1989. – 344 с.
5. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Старс, 2006. – 720 с.

Статья поступила в редакцию 28 января 2018 г.

AUTOMATED TESTING SYSTEM FOR THE DATABASE CONTAINS THE COMPONENTS THERMOPHYSICAL PROPERTIES

S.B. Konygin, D.V. Konovalenko

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Abstract. The paper deals with the problems of automated testing system of database according to the thermophysical properties of chemicals. An offered set of simple criteria allows to decrease the errors in constant and temperature-dependent parameters of chemicals. This system was realized in the program platform for modeling and calculation of the processes and devices (“MiR PiA”). The testing of this system showed the feasibility of its use. Some errors can occur on the acentric factor for the light chemicals. The assessment of the standard liquid density for the heavy hydrocarbons is problematic.

Keywords: database testing, thermophysical properties of chemical components, modeling of technological processes.

Sergey B. Konygin, Doctor of Technical Sciences, Head of Department.
Denis V. Konovalenko, Senior Lecturer.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Представленная в журнал работа **должна обязательно содержать новые научные результаты**, нигде ранее не публиковавшиеся и не представленные к публикации в других изданиях.

В журнале предполагается публикация статей объемом до 10 страниц (включая рисунки и таблицы), а также кратких сообщений по соответствующим разделам (объем 3-4 стр. вместе с рисунками и таблицами).

В приоритетном порядке будут рассматриваться материалы докторских и кандидатских диссертаций. Аспирантские работы рекомендуется представлять в форме кратких сообщений.

Требования к оформлению статей находятся на сайте университета

<http://vestnik-teh.samgtu.ru>

К статье прилагаются:

- экспертное заключение;
- авторская справка;
- лицензионный договор передачи авторского права на публикацию;
- направление от организации (если авторы не работают в СамГТУ).

Статьи, не удовлетворяющие указанным правилам оформления, будут возвращены авторам без рассмотрения.

Статьи и краткие сообщения передаются ответственному секретарю серии «Технические науки» И.Г. Минаковой (443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. СамГТУ. Корп. 8, комн. 519).

Справки по телефонам:

337 07 00 – Эдгар Яковлевич Рапопорт

337 03 42 – Ирина Григорьевна Минакова

E-mail: vest_teh@samgtu.ru

Редколлегия журнала