

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.Г.Чиркова, Н.А.Махутов, И.Р.Кузеев, В.А.Гафарова*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Calculation-Experimental Evaluation of Austenitic Steel Mechanical Properties Variation in Operation

*A.G.Chirkova, N.A.Makhutov, I.R.Kuzeev, V.A.Gafarova**

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Abstract

It is specified in the work that the equipment of oil and gas technologies operates in the wide range of temperature variation. The complex flow dynamics of high-temperature flows in the equipment designed for processing of raw hydrocarbons results in the fact that the temperature varies unevenly in the course of time and in the local zones the temperature difference can reach 200 degrees. In order to predict the equipment life it is necessary to know how the mechanical properties change due to temperature and operating time. The concept of calculating and experimental evaluation of mechanical properties' changes was developed. In order to test the calculating and experimental method we have carried out a set of studies that covers the determination of the mechanical properties of steel 10X23H18 during delivery and at different running hours in the reaction furnace. Calculating and experimental data found good agreement while determination of mechanical properties' values. Time dependencies require the introduction of an adjustment factor into the design equations. It is required for control of changes in the structure of the construction material under the operating conditions. It is necessary to carry out the labour-consuming tests connected with the metal selection from the operating facilities in order to determine the adjustment factors for different groups of steel. The authors recommend together with the preparation of reference data to improve the methods of monitoring and diagnostics of hazardous facilities.

Keywords:

Reaction furnaces;
Stress-strain state;
Strength;
Limit state.

© 2019 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Реальное техническое состояние сложных технических систем формируется на всех стадиях жизненного цикла: формирование идеи, проектирование, изготовление, испытание, эксплуатация [1-8]. Обеспечение безопасной эксплуатации технических систем требует учета на каждой из стадий жизненного цикла динамики рабочих процессов, динамики деформирования и динамики повреждения [2]. Этот учет основан не только на знании деталей динамики этих процессов, но и на достоверной оценке напряженно-деформированных и предельных состояний с использованием данных о реальных свойствах конструкционных материалов.

Оборудование нефтегазовых технологий рабо-

тает в широком диапазоне изменений температур. При этом особое внимание необходимо уделять высокотемпературным процессам переработки углеводородного сырья, таким как крекинг, коксование, пиролиз, в оборудовании которых температура локально может достигать 1000 °С. Для примера рассмотрим распределение температур на поверхности реактора установки замедленного коксования (рис.1) [9]. Сложная гидродинамика высокотемпературных потоков приводит к тому, что температура изменяется неравномерно во времени. Разность температур в отдельных локальных точках может достигать 200 °С [10]. Аналогичная картина наблюдается в трубах змеевиков реакционных печей [11].

Для прогнозирования ресурса оборудования необходимо знать, как изменяются механические характеристики от температуры и от времени

*E-mail: gafarova.vika@bk.ru

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20190400413>

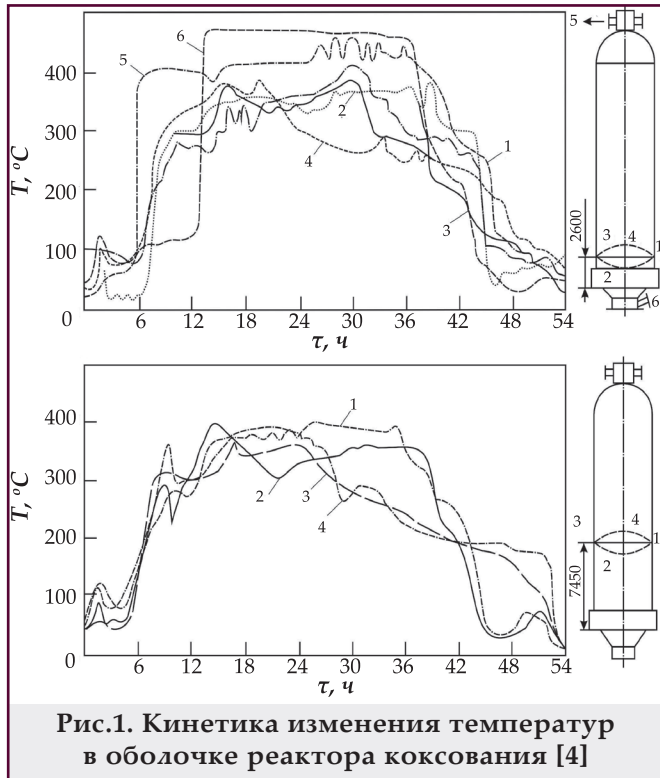


Рис.1. Кинетика изменения температур в оболочке реактора коксования [4]

эксплуатации. Сложность процессов, протекающих в конструкционных материалах в условиях высоких температур не позволяет аналитически определять изменение параметров и требует для решения проблемы иного подхода.

В работах [1-3] разработана концепция расчетно-экспериментальной оценки изменения механических характеристик. Для проверки расчетно-экспериментального метода, нами проведен комплекс исследований, охватывающий определение механических характеристик стали 10X23H18 в состоянии поставки и с различной наработкой в условиях реакционной печи. В змеевиках реакционных печей имеют место разрушения с образованием трещин различной ориентации (рис.2).

При однократном статическом нагружении в условиях одноосного равномерного напряженного состояния могут иметь место хрупкие, квазихрупкие и вязкие разрушения. Для оценки предельных состояний в этом случае используются характеристики условный предел текучести $\sigma_{0.2}^t$, предел прочности σ_{σ} , сопротивление разрыву в шейке s_K , относительные удлинение и сужение δ_{σ} , Ψ_K .

Механические характеристики стали 10X23H18

приведены в таблице 1, а химический состав данной стали приведен в таблице 2.

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %
500	200	35	50

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более 0.1	1.0	2.0	22.0 – 25.0	17.0 – 20.0	не более 0.200	не более 0.020	не более 0.035	не более 0.300

В соответствии с методикой расчетно-экспериментального определения механических характеристик сформулированной в [12, 13] используем следующие зависимости:

$$\sigma_{0.2}^t = \sigma_{0.2} \cdot \exp \left[\beta_T \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad (1)$$

$$\sigma_B^t = \sigma_B \cdot \exp \left[\beta_B \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] \quad (2)$$

где $\sigma_{0.2}^t$, σ_B – условный предел текучести и предел прочности при $t = 20^\circ\text{C}$, МПа;

β_T, β_B – константы материала, $\beta_T = 160$.

β_B определяется по формуле

$$\beta_B = \beta_T \cdot \frac{\lg(s_K / \sigma_B)}{\lg(s_K / \sigma_T)} \quad (3)$$

где s_K – сопротивление разрыву в шейке, $s_K = 850$ МПа.

Определяем модуль упругости первого порядка E при температурах t

$$E^t = E \cdot [1 - \alpha_E \cdot (t - 20)] \quad (4)$$

где E – модуль упругости при $t = 20^\circ\text{C}$, МПа;

α_E – константа материала, $\alpha_E = 1.65 \cdot 10^{-4}$.

Изменение температуры испытания сказывается и на результатах пластичности. Эта зависимость может быть аппроксимирована выражением:

$$\Psi_K^t = \Psi_K \cdot \left\langle 1 - \left[(\sigma_{0.2}^t - \sigma_{0.2}) / (s_K^t - \sigma_{0.2}) \right]^{n_{\Psi}} \right\rangle \quad (5)$$

где Ψ_K – относительное сужение площади поперечного сечения при 20°C , %;

n_{Ψ} – характеристика материала, определяемая

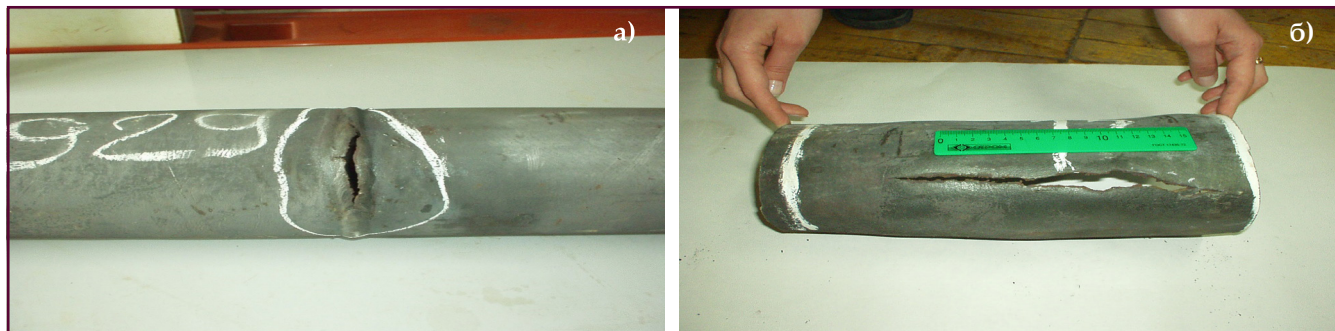


Рис.2. Дефектные трубы змеевика печи пиролиза:
а) кольцевая трещина в сварном соединении; б) меридиональная трещина

по формуле

$$n_{\psi} = 2.15 - 1.4 (\sigma_{0.2}^t / \sigma_B^t - 0.45) \quad (6)$$

S_K^t - сопротивление разрыву в шейке при температуре t , которая в первом приближении равна S_K , далее определяется по формуле

$$s_K^t = \sigma_B^t \cdot (1 + 1.4 \cdot \frac{\Psi_K^t}{100}) \quad (7)$$

Значение показателя упрочнения определяется формулой

$$m_0^t = \frac{\lg(s_K^t / \sigma_{0.2}^t)}{\lg\left[\left(\ln \frac{100}{100 - \Psi_K^t}\right) / (\sigma_{0.2}^t / E^t + 0.2 \cdot 10^{-2})\right]} \quad (8)$$

Далее были рассчитаны значения механических характеристик, которые сравниваются с результатами наших экспериментов (табл.3 и 4).

Таблица 3 Экспериментальные значения механических характеристик стали 10X23H18						
$t, ^\circ\text{C}$	$E^t, \text{МПа}$	$\sigma_{0.2}^t, \text{МПа}$	$\sigma_{B'}^t, \text{МПа}$	$S_{K'}^t, \text{МПа}$	$\Psi_{K'}^t, \%$	m_0^t
25	$2.09 \cdot 10^5$	198	498	845	50.0	0.266
500	$1.93 \cdot 10^5$	143	442	750	49.8	0.299
600	$1.89 \cdot 10^5$	140	438	743	49.8	0.302
750	$1.85 \cdot 10^5$	136	433	734	49.7	0.305
950	$1.75 \cdot 10^5$	132	429	727	49.7	0.309

Таблица 4 Расчетные значения механических характеристик стали 10X23H18						
$t, ^\circ\text{C}$	$E^t, \text{МПа}$	$\sigma_{0.2}^t, \text{МПа}$	$\sigma_{B'}^t, \text{МПа}$	$S_{K'}^t, \text{МПа}$	$\Psi_{K'}^t, \%$	m_0^t
25	$2.09 \cdot 10^5$	198.2	498.3	847.1	50.0	0.266
500	$1.92 \cdot 10^5$	142.5	441.5	749.2	49.8	0.300
600	$1.88 \cdot 10^5$	139.1	437.7	742.5	49.7	0.303
750	$1.84 \cdot 10^5$	135.5	433.4	735.0	49.7	0.306
950	$1.77 \cdot 10^5$	132.0	429.4	728.0	49.7	0.309

Сравнение расчетных и экспериментальных данных позволяет сделать вывод о практической идентичности полученных результатов и позволяет рекомендовать метод для проекторочного расчета змеевиков реакционных печей, изготовленных из высоколегированных аустенитных сталей.

Следующая практическая задача связана с расчетом ресурса змеевиков. Для этого необходимо проверить работоспособность степенных уравнений для расчета изменения механических характеристик во времени.

Показано [14, 15], что в первом приближении зависимости изменения механических характеристик во времени можно представить в степенном виде, например, для предела прочности:

$$\sigma^{t, \tau}_B = \sigma^{t, 0}_B (\tau^* / \tau_0)^{m_{\sigma_B}} \quad (9)$$

где τ_0 – время при кратковременном статическом разрыве;

τ - рассматриваемое или текущее время нагружения m_{σ_B} и m_{ψ_K} – соответствующие показатели степени, которые могут быть определены экспериментально или вычислены по известным механическим характеристикам для соответствующей температуры по формулам:

$$m_{\sigma_B} = \lg(\sigma^{t, 0}_B / \sigma^{t, \tau^*}_B) \lg(\tau^* / \tau_0) \quad (10)$$

С целью проверки применимости уравнений (9) и (10) были изготовлены стандартные образцы из труб с различной наработкой для определения механических характеристик. Поскольку в изменении свойств сварных соединений в процессе эксплуатации имеются особенности [12], одновременно с образцами из труб изготовили образцы для испытания из сварных соединений.

Расчетные значения предела прочности от времени наработки и температуры приведены в таблице 5.

Далее испытывали при различных температурах образцы из металла сварных соединений. Результаты испытания на растяжение сварных

Таблица 5 Расчетные значения предела прочности от времени наработки и температуры					
$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$				
	3000	5200	7800	8100	19500
25	581.7	606.4	604	567	425
500	515.81	537.71	535.58	502.77	376.86
600	511.37	533.09	530.98	498.45	373.62
750	506.39	527.89	525.80	493.59	369.98
950	501.69	522.99	520.93	489.01	366.54

соединений с различным сроком наработки при различных значениях температуры приведены в таблице 6.

Сравнение расчетных и экспериментальных значений механических характеристик показывает качественную их согласованность. Количественное несовпадение очевидно связано с изменением структуры металла. Использование идей фрактального анализа для описания различных структур [15; 16], авторам [17] позволило показать сложный характер изменения микроструктуры высоколегированной стали отработавшей различные сроки в условиях печи пиролиза. Так изменение количества сигма-фазы в структуре стали 20X23H18 носит полиэкстремальный характер, при этом при накоплении поврежденный проявляется скрытая упорядоченность, о чем свидетельствует изменение соответствующего мультифрактального параметра.

Поэтому для использования расчетных уравнений в практических целях необходимо определить поправочные коэффициенты, которые бы учитывали изменения в структуре металла. Подбор коэффициентов проводится при линейной аппроксимации расчетных и экспериментальных зависимостей и их согласовании.

Коэффициент, устанавливающий корреляцию

Таблица 6

Экспериментальные значения предела прочности от времени наработки и температуры

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{Br}, \text{МПа}$									
	Металл после эксплуатации					Сварной шов				
	3000	5200	7800	8100	19500	3000	5200	7800	8100	19500
25	581.7	606.4	604	567	425	456.3	511.8	509	502.0	388
500	424	440	441	419	404	415	401	425	412	309
600	386	406	404	392	379	368	370	374	330	250
750	271	282	269	261	252	265	259	270	250	185
950	98	99	70	82	78	91	84	85	90	88

между экспериментальными и теоретическими значениями, определяется следующим образом:

$$K = \sigma_{\text{вэксп}} / \sigma_{\text{втвор}} \quad (11)$$

Результаты расчета коэффициента K для основного металла показаны на рисунках 3 и 4.

Поскольку определение поправочных коэффициентов для конструкционных материалов

является трудоемким процессом, до наработки исчерпывающих экспериментальных данных следует вести постоянный мониторинг за опасными производственными объектами [18] и совершенствовать методы и средства оценки поврежденности металла [19, 20].

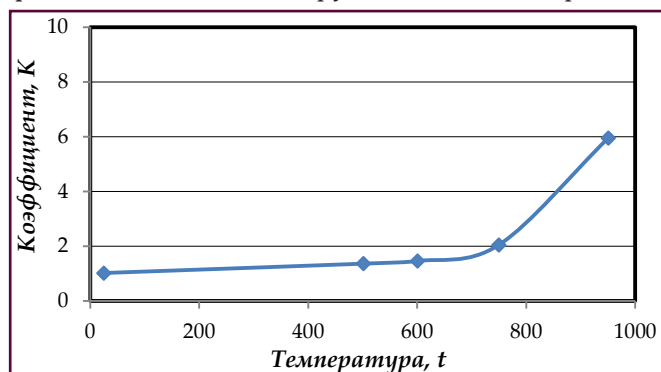


Рис.3. Зависимость коэффициента K от температуры для основного металла

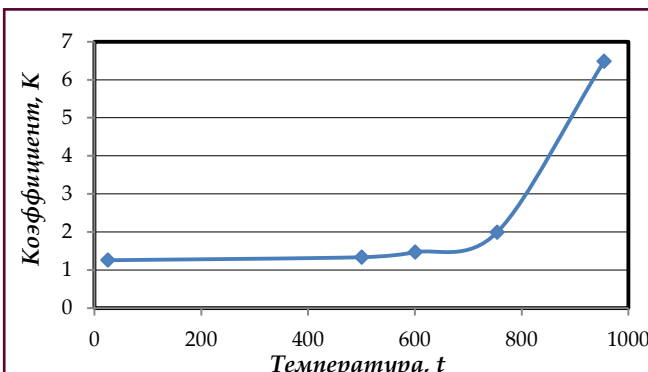


Рис.4. Зависимость коэффициента K от температуры для сварного шва металла

Выводы

Показано, что расчетно-экспериментальный метод определения температурных и временных зависимостей изменения механических характеристик является перспективным и требует дальнейшей наработки экспериментального материала для различных сталей.

Работа выполнена в рамках реализации инициативного научного проекта фундаментального характера по государственному заданию № Гос. Регистрации 9.7294.2017/8.9 (2017 – 2019) Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования Уфимский государственный нефтяной технический университет по теме «Контактное взаимодействие гетерогенных сред в условиях нестационарности внешнего воздействия».

Литература

1. Гимаев, Р.Н., Кузеев, И.Р., Абызгильдин, Ю.М. (1986). Нефтяной кокс. Москва: Химия.
2. Демченко, А.А., Демченко, М.В., Сисанбаев, А.В., Кузеев, И.Р. (2012). Исследования фрактальной размерности деформационной поверхности стали лазерным сканирующим методом. *Химическая физика и мезоскопия*, 14(4), 569-573.
3. Кузеев, И.Р. (1987). Совершенствование технологии и повышение долговечности реакционных аппаратов термодеструктивных процессов переработки углеводородного сырья. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Уфа: УГНТУ.
4. Кузеев, И.Р., Баязитов, М.И., Куликов, Д.В., Чиркова, А.Г. (1999). Высокотемпературные процессы и аппараты переработки углеводородного сырья. Уфа: Гилем.

References

1. Gimaev, R.N., Kuzeev, I.R., & Abyzgil'din, Yu.M. (1986). Petroleum coke. Moscow: Khimiya.
2. Demchenko, A. A., Demchenko, M. V., Sisanbaev, A. V., Kuzeev, I. R. (2012). Research fractal dimension deformation steel surface by laser scanning methods. *Himicheskaya fizika i mezoskopiya*, 14(4), 569-573.
3. Kuzeev, I. R. (1987). Sovershenstvovanie tekhnologii i povyshenie dolgovechnosti reakcionnyh apparatov termodestruktivnyh processov pererabotki uglevodorodnogo syr'ya. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Ufa: UGNTU.
4. Kuzeev, I.R., Bayazitov, M.I., Kulikov, D.V., & Chirkova, A.G. (1999). High-temperature processes and apparatuses for refining hydrocarbon raw materials. Ufa: Gilem.

5. Кондрашова, О.Г. (2006). Определение ресурса безопасной эксплуатации нефтегазового оборудования путем оценки адаптивных свойств металла по изменению его магнитных характеристик. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Уфа: УГНТУ.
6. Кузеев, И.Р., Наумкин, Е.А., Кондрашова, О.Г. (2006). Оценка адаптивных свойств металла по изменению его магнитных характеристик для определения ресурса безопасной эксплуатации нефтегазового оборудования. *Нефтегазовое дело*, 4(2), 124-133.
7. Махутов, Н.А., Воробьев, В.З., Гаденин М.М. (1983). Прочность конструкций при малоцикловом нагружении. *Москва: Наука*.
8. Махутов, Н.А., Фролов, К.В., Гаденин М.М. (1988). Прочность и ресурс водо-водяных энергетических реакторов. *Москва: Наука*.
9. Махутов, Н.А. (1998). Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Функционирование и развитие сложных народно-хозяйственных, технических, энергетических, транспортных систем, систем связи и коммуникаций. Раздел I. *Москва: Знание*.
10. Махутов, Н.А. (1998). Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Функционирование и развитие сложных народно-хозяйственных, технических, энергетических, транспортных систем, систем связи и коммуникаций. Раздел II. *Москва: Знание*.
11. Махутов, Н.А. (2002). Безопасность России. Безопасность промышленного комплекса. *Москва: Знание*.
12. Махутов, Н.А. (2005). Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность. Часть 1. Критерии прочности и ресурса. *Новосибирск: Наука*.
13. Махутов, Н.А. (2005). Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность. Часть 2. Обоснование ресурса и безопасности. *Новосибирск: Наука*.
14. Махутов, Н.А. (2003). Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Высокотехнологичный комплекс и безопасность России. Высокотехнологичный комплекс России: Основы экономического развития и безопасность. Часть 1. *Москва: Знание*.
15. Махутов, Н.А. (2003). Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Высокотехнологичный комплекс и безопасность России. Проблемы обеспечения безопасности оборонно-промышленного комплекса России. Часть 2. *Москва: Знание*.
16. Махутов, Н.А., Пермяков, В.Н. (2005). Ресурс безопасной эксплуатации сосудов и трубопроводов. *Новосибирск: Наука*.
17. Пояркова, Е.В., Кузеев, И.Р. (2008). К вопросу о решении проблемы повышения надежности оборудования нефтегазовой отрасли на основании контроля качества сварных соединений. *Нефтегазовое дело*, 6(1), 239-244.
18. Федер, Е. (1991). Фракталы. *Москва: Мир*.
19. Чиркова, А.Г., Авдеева, Л.Г., Симарчук, А.С. (2004). Фрактальный анализ эволюции адаптации структуры стали 20Х23Н18 к условиям эксплуатации в печах пиролиза углеводородов. *Санкт-Петербург: Недра*.
20. Тляшева, Р.Р., Чиркова, А.Г., Кузеев, И.Р. (2008). Мониторинг степени опасности производственных объектов нефтегазовой отрасли. Уфа: УГНТУ.
5. Kondrashova, O.G. (2006). Opredelenie resursa bezopasnoj ekspluatatsii neftegazovogo oborudovaniya putem ocenki adaptivnyh svojstv metalla po izmeneniyu ego magnitnyh harakteristik. Dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Ufa: UGNTU.
6. Kuzeev, I.R., Naumkin, E.A., Kondrashova, O.G. (2006). Ocenka adaptivnyh svojstv metalla po izmeneniyu ego magnitnyh harakteristik dlya opredeleniya resursa bezopasnoj ekspluatatsii neftegazovogo oborudovaniya. *Neftegazovoe delo*, 4(2), 124-133.
7. Mahutov, N.A., Vorob'ev, V.Z., Gadenin M.M. (1983). Prochnost' konstrukcij pri malociklovom nagruzhenii. *Moskva: Nauka*.
8. Mahutov, N.A., Frolov, K.V., Gadenin M.M. (1988). Prochnost' i resurs vodo-vodyanyh energeticheskikh reaktorov. *Moskva: Nauka*.
9. Mahutov, N.A. (1998). Bezopasnost' Rossii. Pravovye, social'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Funkcionirovanie i razvitie slozhnyh narodno-hozyajstvennyh, tekhnicheskikh, energeticheskikh, transportnyh sistem, sistem svyazi i kommunikacij. Razdel I. *Moskva: Znanie*.
10. Mahutov, N.A. (1998). Bezopasnost' Rossii. Pravovye, social'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Funkcionirovanie i razvitie slozhnyh narodno-hozyajstvennyh, tekhnicheskikh, energeticheskikh, transportnyh sistem, sistem svyazi i kommunikacij. Razdel II. *Moskva: Znanie*.
11. Mahutov, N.A. (2002). Bezopasnost' Rossii. Bezopasnost' promyshlennogo kompleksa. *Moskva: Znanie*.
12. Makhutov, N.A. (2005). Structural strength and resource and technogenic safety. Part I. The criteria of strength and life. *Novosibirsk: Nauka*.
13. Makhutov, N.A. (2005). Structural strength and resource and technogenic safety. Part 2. The rationale for resource and security. *Novosibirsk: Nauka*.
14. Mahutov, N.A. (2003). Bezopasnost' Rossii. Pravovye, social'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Vysokotekhnologichnyj kompleks i bezopasnost' Rossii. Vysokotekhnologichnyj kompleks Rossii: Osnovy ekonomicheskogo razvitiya i bezopasnost'. Chast' 1. *Moskva: Znanie*.
15. Mahutov, N.A. (2003). Bezopasnost' Rossii. Pravovye, social'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhnicheskie aspekty. Vysokotekhnologichnyj kompleks i bezopasnost' Rossii. Vysokotekhnologichnyj kompleks Rossii: Osnovy ekonomicheskogo razvitiya i bezopasnost'. Chast' 2. *Moskva: Znanie*.
16. Makhutov, N.A., Permyakov, V.N. (2005). Resource of safe operation of vessels and pipelines. *Novosibirsk: Nauka*.
17. Poyarkova, E.V., Kuzeev, I.R. (2008). K voprosu o reshenii problemy povysheniya nadezhnosti oborudovaniya neftegazovoy otrasli na osnovanii kontrolya kachestva svarnykh soedinenij. *Neftegazovoe delo*, 6(1), 239-244.
18. Feder, J. (1988). Fractals. *New York: Plenum Press*.
19. Chirkova, A.G., Avdeeva, L.G., Simarchuk, A.S. (2004). Fraktal'nyj analiz evolyucii adaptatsii struktury stali 20H23N18 k usloviyam ekspluatatsii v pechah piroliza uglevodorodov. *Sankt-Peterburg: Nedra*.
20. Tlyasheva, R.R., Chirkova, A.G., Kuzeev, I.R. (2008). Monitoring stepeni opasnosti proizvodstvennykh ob"ektov neftegazovoy otrasli. Ufa: UGNTU.

Расчетно-экспериментальная оценка изменений механических характеристик аустенитной стали в процессе эксплуатации

А.Г.Чиркова, Н.А.Махутов, И.Р.Кузеев, В.А.Гафарова

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Реферат

В работе показано, что оборудование нефтегазовых технологий работает в широком диапазоне изменений температур. Сложная гидродинамика высокотемпературных потоков в оборудовании для переработки углеводородного сырья, приводит к тому, что температура изменяется неравномерно во времени, а в локальных зонах разность температур может достигать 200 градусов. Для прогнозирования ресурса оборудования необходимо знать, как изменяются механические характеристики от температуры и от времени эксплуатации. Разработана концепция расчетно-экспериментальной оценки изменения механических характеристик. Для проверки расчетно-экспериментального метода, нами проведен комплекс исследований, охватывающий определение механических характеристик стали 10X23H18 в состоянии поставки и с различной наработкой в условиях реакционной печи. Расчетные и экспериментальные данные хорошо согласуются при определении значений механических характеристик. Временные зависимости требуют введения в расчетные уравнения поправочного коэффициента для учета изменений структуры конструкционного материала в условиях эксплуатации. Для определения поправочных коэффициентов для различных групп сталей требуется проведение трудоемких испытаний, связанных с отбором металла из действующих объектов. Авторы рекомендуют параллельно с наработкой справочных данных, совершенствовать методы мониторинга и диагностики опасных объектов.

Ключевые слова: реакционные печи; напряженно-деформированное состояние; прочность; предельное состояние.

İstismar prosesində austenit poladın mexaniki xüsusiyyətlərinin dəyişikliklərinin hesablama-eksperimental qiymətləndirilməsi

A.Q.Çirkova, N.A.Maxutov, İ.R.Kuzeev, V.A.Qafarova

Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya

Xülasə

İşdə göstərilmişdir ki, neft-qaz texnologiyaları avadanlığı temperaturların dəyişikliklərinin geniş diapazonunda işləyir. Karbohidrogen xammalının emalı üçün avadanlıqda yüksək temperaturlu axınların mürəkkəb hidrodinamikası ona gətirir ki, temperatur zaman üzrə qeyri-müntəzəm dəyişir, lokal zonalarda isə temperaturlar fərqi 200 dərəcəyə çata bilər. Avadanlıq resursunun proqnozlaşdırılması üçün bilmək lazımdır ki, mexaniki xarakteristikalar temperaturdan və istismar vaxtından asılı olaraq necə dəyişir. Mexaniki xarakteristikaların dəyişikliyinə hesablama-eksperimental qiymətləndirilməsi konsepsiyası hazırlanmışdır. Hesablama-eksperimental üsulun yoxlanması üçün bizim tərəfimizdən çatdırılma vəziyyətində və reaksiya sobası şəraitində müxtəlif işləmələrdə 10X23H18 poladının mexaniki xarakteristikalarının təyin edilməsini əhatə edən tədqiqatlar kompleksi aparılmışdır. Hesablama və eksperimental məlumatlar mexaniki xarakteristikaların qiymətlərinin təyin edilməsi vaxtı çox uyğun gəlirlər. Zaman asılılıqları istismar şəraitində konstruktiv materialın strukturunun dəyişikliklərinin hesabı üçün düzəliş əmsalının hesablama tənliklərinə giriş (əlavə) tələb edir. Poladların müxtəlif qrupları üzrə düzəliş əmsallarının təyin edilməsi üçün qüvvədə olan obyektlərdən metalın seçilməsiylə bağlı əziyyətli sınaqların aparılması tələb olunur. Müəlliflər soruq məlumatlarının işlənməsiylə paralel, təhlükəli obyektlərin monitorinqi və diaqnostikası üsullarını təkmilləşdirməyi məsləhət görürlər.

Açar sözlər: reaksiya sobaları; gərgin deformasiya vəziyyəti; möhkəmlik; son hədd vəziyyəti.