

УДК 669-1:620.172:620.179.17 DOI: 10.32326/1814-9146-2021-83-2-188-197

ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА РАСТЯЖЕНИЕ СТАЛИ 20*

© 2021 г. **Иляхинский А.В.¹, Родюшкин В.М.¹,
Рябов Д.А.², Хлыбов А.А.², Ерофеев В.И.¹**

¹*Институт проблем машиностроения РАН – филиал Федерального
исследовательского центра «Институт прикладной физики РАН»,
Нижний Новгород, Российская Федерация*

²*Нижегородский государственный технический университет
им. П.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Российская Федерация*

ilyahinsky-aleks@bk.ru

Поступила в редакцию 03.03.2021

Исследованы сигналы акустической эмиссии при испытании на одноосное растяжение плоских образцов стали 20, используемой для деталей сварных конструкций с большим объемом сварки, а также трубопроводов, коллекторов и деталей, работающих при температуре от -40 до 450 °С под давлением. Испытание на растяжение с одновременной регистрацией акустической эмиссии проводилось на универсальной испытательной машине фирмы Tinius Olsen Ltd, модель H100KU, при скорости перемещения активного захвата $0,05$ м/мин. Регистрация сигналов акустической эмиссии проводилась с использованием широкополосных датчиков GT350 фирмы GlobalTest и аналого-цифрового преобразователя NationalInstruments 6363X с последующим сохранением результатов регистрации в виде временного ряда в памяти компьютера. Сравнительный анализ амплитудного распределения сигнала акустической эмиссии для области площадки текучести и области разрушения проводился по величине информационной энтропии, фрактальной размерности и параметру самоорганизации. Показано, что информационная энтропия, фрактальная размерность и параметр самоорганизации сигнала акустической эмиссии для области разрушения имеют меньшие значения, чем в области площадки текучести. Наибольшее изменение в значениях наблюдалось для показателя самоорганизации и наименьшее для фрактальной размерности, вследствие чего параметр самоорганизации амплитудного распределения сигнала является наиболее информативным при описании процессов, связанных с акустической эмиссией. Установлено, что в качестве дополнительной информации можно использовать данные о структуре параметра самоорганизации. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения статистической модели распределения Дирихле в качестве модели процессов, связанных с появлением сигналов акустической эмиссии от источников зарождающихся

* Выполнено в рамках государственного задания ИПФ РАН на проведение фундаментальных научных исследований на 2021–2023 гг. по теме № 0030-2021-0025 и при поддержке РФФИ (гранты № 20-07-00914, 19-08-00965, 18-29-10073).

и развивающихся дефектов при штатных испытаниях изделий из конструкционных углеродистых качественных сталей с перлитно-ферритной структурой.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, информативные параметры, амплитудное распределение, самоорганизация, распределение Дирихле, плоский образец.

Введение

В настоящее время акустическая эмиссия (АЭ), основанная на явлении возникновения и распространения упругих волн ультразвукового диапазона, возникающих в результате локальной динамической перестройки структуры материала вследствие внешнего воздействия, широко применяется в неразрушающем контроле как метод технической диагностики [1–6]. На точность и достоверность полученных результатов влияет ряд факторов, обусловленных особенностями регистрации АЭ-информации и измерением диагностических параметров (амплитудного распределения сигнала, подсчета превышений порога, спектральной плотности и т.д.). Конечная цель метода АЭ-диагностики – оценка состояния контролируемого объекта, учитывающая сложный характер взаимодействия элементов его строения и особенности поведения материала в результате внешнего воздействия. Известно [7–17], что качественное изменение свойств материала машин и конструкций в процессе их эксплуатации зависит от комплекса взаимосвязанных процессов механического (усталость, накопление деформации и т.п.) и физико-химического (коррозия, эрозия, адсорбция и т.п.) происхождения, имеющих энергетическую природу, начиная с атомно-молекулярного уровня и кончая уровнем деталей и узлов. Это означает, что параметры сигналов АЭ, являющиеся, как правило, отображением указанных процессов, определяются совокупностью случайных ситуаций. Поэтому решение задачи диагностики установлением корреляционных связей между параметрами сигналов АЭ и видами повреждений или зависимостью напряжение–деформация имеет очевидный недостаток. Можно только предположить, что в материале объекта при его эксплуатации реализуется именно то напряженно-деформируемое состояние, для которого такая связь была установлена. Последнее с учетом особенностей распространения сигналов АЭ приводит к необходимости дальнейшей разработки методов решения задач АЭ-диагностики, основанных на механизме изучаемого явления.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была выбрана спокойная нелегированная качественная сталь 20 в нормализованном состоянии с перлитно-ферритной структурой (рис. 1), используемая для деталей сварных конструкций с большим объемом сварки, а также трубопроводов, коллекторов и деталей, работающих при температуре от –40 до 450 °С под давлением.

Измеренные механические характеристики металла составили: предел прочности $\sigma_b = 442$ МПа, условный предел текучести $\sigma_{0,2} = 275$ МПа, относительное удлинение $\delta = 27\%$ (рис. 2).

Химический состав исследуемого материала: 0,19% С, 0,45% Мn, 0,2% Si, 0,08% Cr, 0,06% Ni, 0,05% Cu, 0,02% S, 0,01% P. Изображения структуры исследуемого материала получены на оптическом металлографическом микроскопе KEYENCE VHX-1000. Химический состав определялся с помощью оптико-эмис-

сионного спектрометра QSN 750-II фирмы OBLF. Механические свойства материала определялись путем испытания на растяжение стандартных плоских образцов №21 по ГОСТу 1497-84. Испытание на растяжение при определении механических свойств материала и испытание на растяжение плоских образцов (рис. 3) с одновременной регистрацией АЭ проводилось на универсальной испытательной машине фирмы Tinius Ollsen Ltd, модель H100KU, при скорости перемещения активного захвата 0,05 м/мин.

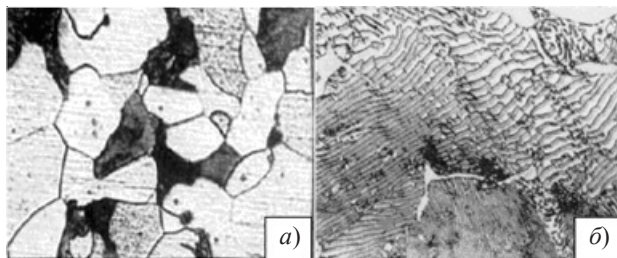


Рис. 1. Структура стали 20: *a* – увеличение в 200 раз, *б* – увеличение в 1000 раз

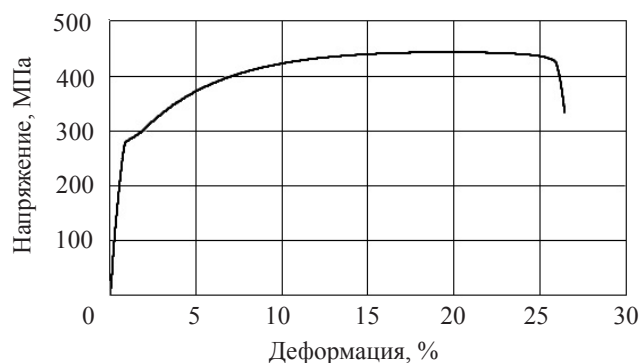


Рис. 2. Кривая зависимости напряжения от деформации для стали 20

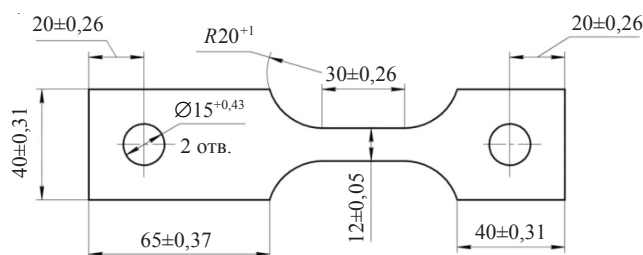


Рис. 3. Образец для испытаний на растяжение с одновременной регистрацией сигналов АЭ

Регистрация сигналов АЭ проводилась с использованием широкополосных датчиков GT350 фирмы GlobalTest и аналого-цифрового преобразователя National Instruments 6363X с последующим сохранением результатов регистрации в виде временного ряда в памяти компьютера. Изменение во времени действующего на испытуемый образец напряжения регистрировалось с точностью 0,5% средствами испытательной машины. Фрагмент зарегистрированного сигнала АЭ для начальной стадии нагружения испытуемого образца представлен на рис. 4.

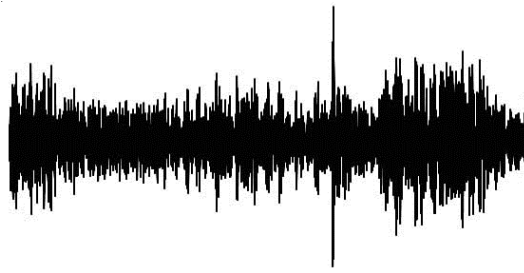


Рис. 4. Фрагмент сигнала АЭ

Объем зарегистрированного временного ряда амплитуд сигнала АЭ за время испытания составил 1048576 значений. После отсеечения шумовой компоненты порогом 0,001 мВ временной ряд сигналов АЭ сократился до 578 значений (рис. 5).



Рис. 5. Временной ряд сигналов АЭ после отсеечения шумовой компоненты

С привязкой ко времени испытания значительное превышение сигнала АЭ над уровнем шума до 12 дБ и 8 дБ наблюдалось в области площадки текучести и зоне необратимого разрушения (рис. 6).

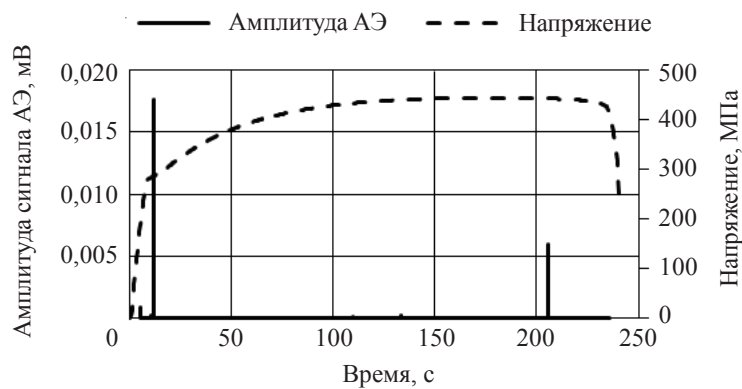


Рис. 6. Изменение во времени напряжения и амплитуды сигнала АЭ

Сравнительный анализ амплитудного распределения сигнала АЭ для области площадки текучести и области разрушения проводился по величине информационной энтропии, фрактальной размерности и параметру самоорганизации.

Расчет информационной энтропии производился по стандартному алгоритму [18–20]:

$$S_{\text{inf}} = -\sum_i p_i \ln p_i, \quad (1)$$

где p_i – вероятность. Средствами Microsoft Excel были построены гистограммы распределения по вероятности указанных выше сигналов (рис. 7).

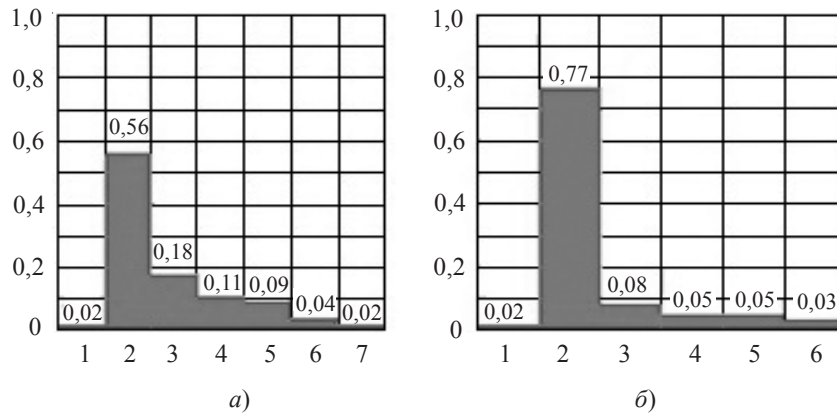


Рис. 7. Гистограммы распределения по вероятности сигналов АЭ:
а – зона площадки текущей, б – зона разрушения

Определение фрактальной размерности D проводилось по формуле $D = 2 - H$, где H – показатель Херста, который определяется методом нормированного размаха [21, 22] как

$$H = \frac{\ln R/S}{\ln \pi n / 2}. \quad (2)$$

Здесь S – стандартное отклонение, R – разность между максимальным и минимальным отклонением от среднего, выражение для которого имеет вид

$$R = \max (A_i - A_{\text{mean}}) - \min (A_i - A_{\text{mean}}). \quad (3)$$

Вычисление значения параметра самоорганизации проводилось с использованием статистической модели распределения Дирихле как отношение суммарного взвешенного количества выявленных в анализируемом числовом ряде зарегистрированного сигнала моделей Дирихле i -й размерности, имеющих отрицательное значение внешней (потока) энтропии, к суммарному взвешенному количеству моделей Дирихле, имеющих положительное значение внешней энтропии [23–25]:

$$K_c = \frac{\sum_i i Q_{D-}^i}{\sum_i i Q_{D+}^i}. \quad (4)$$

В качестве меры структуры параметра самоорганизации принята величина K_{ci} вклада в значение параметра моделей Дирихле разной размерности:

$$K_{ci} = \frac{i K_{D-}^i}{\sum_i i K_{D+}^i}. \quad (5)$$

Результаты и обсуждение

Полученные значения информационной энтропии, фрактальной размерности и параметра самоорганизации амплитудного распределения сигнала АЭ для области площадки текучести и области разрушения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Статистические параметры сигнала АЭ для области площадки текучести и области разрушения			
	S_{inf}	D	K_c
Область площадки текучести	1,34	1,69	2,84
Область разрушения	0,88	1,67	0,14

На рис. 8 представлена структура параметра самоорганизации амплитудного распределения сигнала АЭ для области площадки текучести и области разрушения.

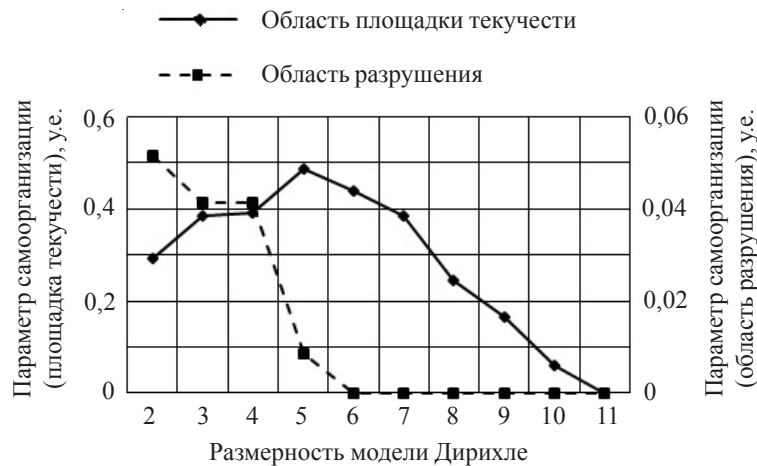


Рис. 8. Структура параметра самоорганизации амплитудного распределения сигнала АЭ для области площадки текучести и области разрушения

Как видно из результатов, приведенных в таблице 1, информационная энтропия S_{inf} , фрактальная размерность D и параметр самоорганизации K_c сигнала АЭ для области разрушения имеют меньшие значения, чем в области площадки текучести. При этом наибольшее изменение в значениях наблюдается для показателя самоорганизации и наименьшее для фрактальной размерности. Параметры сигнала АЭ, возникающего в результате локальной динамической перестройки структуры материала в зоне разрушения, становятся менее хаотичными (уменьшение S_{inf}) и менее кластеризованными (уменьшение D). Если рассматривать самоорганизацию как процесс, сущность которого состоит в формировании совокупности взаимодействий, ведущих к созданию стабильной реакции структуры материала на внешнее воздействие, то, как следует из данных таблицы 1, уменьшение параметра самоорганизации свидетельствует о снижении устойчивости структуры материала в зоне разрушения к такому воздействию. Кроме этого, при переходе в зону разрушения изменяется механизм пластической деформации и условия формирования сигнала АЭ. Если в области площадки текучести за формирование параметра самоорганизации сигнала АЭ отвечает десятимерная модель Дирихле, то в зоне разрушения этот па-

раметр сформирован только на базе пятимерной модели, поскольку вклад моделей более высокого порядка равен нулю (см. рис. 8).

Заключение

Предлагаемый подход к анализу амплитудного распределения импульсов акустической эмиссии является попыткой авторов с позиций синергетики решить задачу оценки возникающих в процессе пластической деформации повреждений структуры материала. Проведенное исследование показало, что параметр самоорганизации амплитудного распределения сигнала является наиболее информативным при описании процессов, связанных с акустической эмиссией. В качестве дополнительной информации целесообразно использовать данные о структуре параметра самоорганизации. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения статистической модели распределения Дирихле в качестве модели процессов, связанных с появлением сигналов акустической эмиссии от источников зарождающихся и развивающихся дефектов при штатных испытаниях изделий из конструкционных углеродистых качественных сталей с перлитно-ферритной структурой.

Список литературы

1. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. *Акустическая эмиссия*. М.: Изд-во стандартов, 1976. 272 с.
2. Аргюхов В.И., Вакар К.Б., Макаров В.И. и др. *Акустическая эмиссия и ее применение для неразрушающего контроля в атомной энергетике*. Ред. К.В. Вакар. М.: Атомиздат, 1980. 216 с.
3. *Acoustic Emission: Standards and Technology Update*. Ed. S.J. Vahavilos. Danvers, USA: ASTM, 1999. 257 p.
4. *Encyclopedia of Structural Health Monitoring*. Eds. C. Boller, F.K. Chang, Y. Fujino. Hoboken, USA: Wiley, 2009. 2960 p.
5. *Handbook of Acoustics*. Ed. T.D. Rossing. Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. 2014 p.
6. Giurgiutiu V. *Structural Health Monitoring of Aerospace Composites*. New York: Academic Press, 2015. 470 p.
7. Krylov V.V., Ponomarev E.P. Acoustic emission spectra from the formation of through cracks in glasses. *Soviet Physics – Acoustics*. 1986. Vol. 32. No 5. P. 386–389.
8. Stepanova L.N., Murav'ev V.V., Kareev A.E. Evaluation of the danger degree of fatigue cracks in the acoustic emission testing of cast pieces of a freight-car truck. *Russian Journal of Nondestructive Testing*. 2003. Vol. 39. No 1. P. 54–59. DOI: 10.1023/A:1024593121018.
9. Потекаев А.И., Плотников В.А. *Акустическая диссипация энергии при термоупругих мартенситных превращениях*. Томск: Изд-во НТЛ, 2004. 193 с.
10. Builo S.I., Kuznetsov D.M. Acoustic-emission testing and diagnostics of the kinetics of physicochemical processes in liquid media. *Russian Journal of Nondestructive Testing*. 2010. Vol. 46. No 9. P. 684–689. DOI:10.1134/S1061830910090081.
11. Aggelis D.G., Kordatos E.Z., Matikas T.E. Monitoring of metal fatigue damage using acoustic emission and thermography. *Journal of Acoustic Emission*. 2011. Vol. 29. P. 113–122.
12. Keshtgar A., Modarres M. Detecting crack initiation based on acoustic emission. *Chemical Engineering Transactions*. 2013. Vol. 33. P. 547–552. DOI: 10.3303/CET1333092.
13. Makarov P.V., Eremin M.O. Fracture model of brittle and quasibrittle materials and geomedia. *Physical Mesomechanics*. 2013. Vol. 16. No 3. P. 207–226. DOI: 10.1134/S1029959913030041.
14. Koranne A.J., Kachare A.J., Jadhav S.A. Fatigue crack analysis using acoustic emission. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2017. Vol. 4. Iss. 1. P. 1177–1180.
15. Builo S.I. On the information value of the method of invariants of acoustic-emission signals in the diagnostics of pre-failure state in materials. *Russian Journal of Nondestructive Testing*. 2018. Vol. 54. No 4. P. 237–242. DOI: 10.1134/S1061830918040034.

16. Ono K. A comprehensive report on ultrasonic attenuation of engineering materials, including metals, ceramics, polymers, fiber-reinforced composites, wood, and rocks. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10. Iss. 7. 2230. 52 p. DOI: 10.3390/app10072230.
17. Anosov M.S., Kabaldin Yu.G., Shatagin D.A., Ryabov D.A., Kolchin P.V. Investigation of the peculiarities of deformation and fracture of metals obtained on the basis of 3D printing with registration of an acoustic emission signal. *Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1037. P. 71–76.
18. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. *Теория случайных процессов и ее инженерные приложения*. М.: Высшая школа, 2000. 383 с.
19. Шеннон К. *Работы по теории информации и кибернетике*. М.: ИЛ, 2002. 829 с.
20. Martin N.F.G., England J.W. *Mathematical Theory of Entropy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 286 p.
21. Hurst H.E. Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of American Society of Civil Engineers*. 1951. Vol. 116. P. 770–779.
22. Feder J. *Fractals*. New York–London: Plenum Press, 1988. 260 p.
23. Ilyahinsky A.V., Rodyushkin V.M. The direchlet distribution in the metal-state evaluation problem by the acoustic-sensing method. *Russian Journal of Nondestructive Testing*. 2015. Vol. 51. Iss. 7. P. 396–399.
24. Erofeev V.I., Ilyakhinsky A.V., Nikitina E.A., Rodyushkin V.M. Study of the defective structure of metal by the method of ultrasonic sounding. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2019. Vol. 48. No 1. P. 93–97. DOI: 10.3103/S1052618819010060.
25. Erofeev V.I., Ilyakhinsky A.V., Nikitina E.A., Pakhomov P.A., Rodyushkin V.M. Ultrasonic sensing method for evaluating the limit state of metal structures associated with the onset of plastic deformation. *Physical Mesomechanics*. 2020. Vol. 23. No 3. P. 241–245. DOI: 10.1134/S102995992003008X.

References

1. Greshnikov V. A., Drobot Yu.B. *Akusticheskaya emissiya [Acoustic Emission]*. Moscow. Standart Publ. 1976. 272 p. (In Russian).
2. Artyukhov V.I., Vakar K.B., Makarov V.I. et al. *Akusticheskaya emissiya i ee primeneniye dlya nerazrushayushchego kontrolya v atomnoy energetike [Acoustic Emission and its Application for Nondestructive Testing in Nuclear Power Engineering]*. Ed. K.V. Vakar. Moscow. Atomizdat Publ. 1980. 216 p. (In Russian).
3. *Acoustic Emission: Standards and Technology Update*. Ed. S.J. Vahavilos. Danvers, USA. ASTM. 1999. 257 p.
4. *Encyclopedia of Structural Health Monitoring*. Eds. C. Boller, F.K. Chang, Y. Fujino. Hoboken, USA. Wiley. 2009. 2960 p.
5. *Handbook of Acoustics*. Ed. T.D. Rossing. Berlin. Heidelberg. Springer-Verlag. 2007. 2014 p.
6. Giurgiutiu V. *Structural Health Monitoring of Aerospace Composites*. New York. Academic Press. 2015. 470 p.
7. Krylov V.V., Ponomarev E.P. Acoustic emission spectra from the formation of through cracks in glasses. *Soviet Physics–Acoustics*. 1986. Vol. 32. No 5. P. 386–389.
8. Stepanova L.N., Murav'ev V.V., Kareev A.E. Evaluation of the danger degree of fatigue cracks in the acoustic emission testing of cast pieces of a freight-car truck. *Russ. J. Nondestr. Test.* 2003. Vol. 39. No 1. P. 54–59. DOI: 10.1023/A:1024593121018.
9. Potekaev A.I., Plotnikov V.A. *Akusticheskaya dissipatsiya energii pri termouprugikh martensitnykh prevrashcheniyakh [Acoustic Energy Dissipation During Thermoelastic Martensitic Transformations]*. Tomsk. NTL Publ. 2004. 193 p. (In Russian).
10. Builo S.I., Kuznetsov D.M. Acoustic-emission testing and diagnostics of the kinetics of physicochemical processes in liquid media. *Russ. J. Nondestr. Test.* 2010. Vol. 46. No 9. P. 684–689. DOI: 10.1134/S1061830910090081.
11. Aggelis D.G., Kordatos E.Z., Matikas T.E. Monitoring of metal fatigue damage using acoustic emission and thermography. *Journal of Acoustic Emission*. 2011. Vol. 29. P. 113–122.
12. Keshtgar A., Modarres M. Detecting crack initiation based on acoustic emission. *Chem. Eng. Trans.* 2013. Vol. 33. P. 547–552. DOI: 10.3303/CET1333092.

13. Makarov P.V., Eremin M.O. Fracture model of brittle and quasibrittle materials and geomechanics. *Physical Mesomechanics*. 2013. Vol. 16. No 3. P. 207–226. DOI: 10.1134/S1029959913030041.
14. Koranne A.J., Kachare A.J., Jadhav S.A. Fatigue crack analysis using acoustic emission. *International Research Journal of Engineering and Technology*. 2017. Vol. 4. Iss. 1. P. 1177–1180.
15. Builo S.I. On the information value of the method of invariants of acoustic-emission signals in the diagnostics of pre-failure state in materials. *Russ. J. Nondestr. Test*. 2018. Vol. 54. No 4. P. 237–242. DOI: 10.1134/S1061830918040034.
16. Ono K. A comprehensive report on ultrasonic attenuation of engineering materials, including metals, ceramics, polymers, fiber-reinforced composites, wood, and rocks. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10. Iss. 7. 2230. 52 p. DOI: 10.3390/app10072230.
17. Anosov M.S., Kabaldin Yu.G., Shatagin D.A., Ryabov D.A., Kolchin P.V. Investigation of the peculiarities of deformation and fracture of metals obtained on the basis of 3D printing with registration of an acoustic emission signal. *Materials Science Forum*. 2021. Vol. 1037. P. 71–76.
18. Venttsel E.S., Ovcharov L.A. *Teoriya sluchaynykh protsessov i ee inzhenernye prilozheniya [Theory of Random Processes and its Engineering Applications]*. Moscow. Vysshaya shkola Publ. 2000. 383 p. (In Russian).
19. Shannon K. *Raboty po teorii informatsii i kibernetike [Works on Information Theory and Cybernetics]*. Moscow. Inostrannaya literatura Publ. 2002. 829 p. (In Russian).
20. Martin N.F.G., England J.W. *Mathematical Theory of Entropy*. Cambridge. Cambridge University Press. 2011. 286 p.
21. Hurst H.E. Long-term storage capacity of reservoirs. *Transactions of American Society of Civil Engineers*. 1951. Vol. 116. P. 770–779.
22. Feder J. *Fractals*. New York. London. Plenum Press. 1988. 260 p.
23. Ilyakhinsky A.V., Rodyushkin V.M. The dirichlet distribution in the metal-state evaluation problem by the acoustic-sensing method. *Russ. J. Nondestr. Test*. 2015. Vol. 51. Iss. 7. P. 396–399.
24. Erofeev V.I., Ilyakhinsky A.V., Nikitina E.A., Rodyushkin V.M. Study of the defective structure of metal by the method of ultrasonic sounding *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2019. Vol. 48. No 1. P. 93–97. DOI: 10.3103/S1052618819010060.
25. Erofeev V.I., Ilyakhinsky A.V., Nikitina E.A., Pakhomov P.A., Rodyushkin V.M. Ultrasonic sensing method for evaluating the limit state of metal structures associated with the onset of plastic deformation. *Physical Mesomechanics*. 2020. Vol. 23. No 3. P. 241–245. DOI: 10.1134/S102995992003008X.

STUDY ACOUSTIC EMISSION SIGNALS AT TENSION STEEL 20

Ilyakhinskii A.V.¹, Rodyushkin V.M.¹, Ryabov D.A.²,
Khlybov A.A.², Erofeev V.I.¹

¹*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences – Branch of Federal Research Center “Institute of Applied Physics of the RAS”,
Nizhny Novgorod, Russian Federation*

²*Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod, Russian Federation*

An investigation was made of acoustic emission signals during uniaxial tensile testing of flat specimens of steel 20 used for parts of welded structures with a large volume of welding, as well as pipelines, collectors and other parts operating at temperatures from –40 to 450 °C under pressure. Tensile testing with simultaneous registration of acoustic emission was carried out on a universal testing machine manufactured by Tinius Oilsen Ltd, model H100KU, at a movement speed of the active gripper of 0.05 meters per minute. Registration of AE signals was carried out using wideband GT350 sensors from GlobalTest and an analog-to-digital converter National Instruments 6363X with subsequent storage of the registration results in the form of a time series in the computer memory. A comparative analysis of the amplitude distribution of the AE signal for the area of the

yield area and the area of destruction was carried out according to the value of information entropy, fractal dimension, and self-organization parameter. It was found that the parameter of self-organization of the amplitude distribution of the signal is the most informative in describing the processes associated with acoustic emission. As additional information, it is advisable to use data on the structure of the self-organization parameter. The results obtained indicate the possibility of using the statistical model of the Dirichlet distribution as a model of processes associated with the appearance of acoustic emission signals from sources of incipient and developing defects during routine tests of products made of structural carbon high-quality steels with a pearlite-ferrite structure. The paper presents a version of the model and modeling algorithms for FE-modeling corrosion cracking processes in structural elements loaded by pressure and exposed to aggressive corrosion media. To assess the effectiveness of the present models and algorithms, the failure process of a thin-walled tubular specimen partly submerged into a chlorine-containing liquid and loaded by axial tension is numerically modeled.

Keywords: acoustic emission, informative parameters, amplitude distribution, self-organization, Dirichlet distribution, flat pattern.