

УДК 629.46

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТЕРИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Закирничная М. М., Закирьянова А. Б.,
Грешнов В. М.

ФГБОУ ВПО Уфимский государственный нефтяной технический
e-mail: zakmarina@mail.ru

Аннотация. В статье обосновано использование критерия предельного состояния при расчетах на прочность сосудов и аппаратов нефтеперерабатывающей отрасли. В качестве критерия предельного состояния предлагается использовать значение напряжения, при котором происходит зарождение дефекта, приводящего к разрушению. Использование метода акустической эмиссии в процессе одноосного статического растяжения образцов из стали 20 и 09Г2С позволили определить напряжения, при которых происходит быстрый рост дефекта, приводящего к разрушению.

Ключевые слова: предельное состояние, расчет на прочность, метод акустической эмиссии, допускаемое напряжение.

Нефтеперерабатывающие предприятия представляют собой комплекс сложных технологических установок, относящихся к опасным производственным объектам. Колонные аппараты, представляющие собой вертикальные сосуды, работающие под давлением, являются наиболее ответственным оборудованием технологических установок. Большая часть данного типа оборудования достигла физического и морального износа, отработав нормативный срок службы, поэтому обеспечение их надежной и безопасной работы с каждым годом становится все более актуальной задачей. Их дальнейшая эксплуатация возможна только после тщательного обследования технического состояния, установления работоспособности и определения остаточного ресурса.

В настоящее время определение остаточного ресурса базируется на стандартных методиках расчета в области прочности сосудов и аппаратов. Для получения достоверных результатов расчета остаточного ресурса объектов, необходимо знать как фактические механические характеристики материала и напряженно-деформированное состояние (НДС), так и иметь критерии предельного состояния. На сегодняшний день, в качестве предельного состояния при проектировочных расчетах, по требованиям нормативно-технических документов, используется допускаемые напряжения. В исследовательских работах критерий предельного со-

стояния принимается самим исследователем, например, предел текучести, допускаемые напряжения, твердость, глубина коррозии, величина эрозионного или механического износа, деформации ползучести и т.д.

В данной работе в качестве критерия предельного состояния предлагается использовать значение напряжения, при котором происходит зарождение дефекта, приводящего к разрушению.

Изучение данного вопроса проводилось на примере образцов из стали 20 и 09Г2С. Экспериментальные образцы, изготовленные по ГОСТ 1497–84, были испытаны на растяжение на разрывной машине ИР 5113–100 при температуре 20 °С. Перед испытанием было произведено измерение начальных геометрических размеров образцов с использованием штангенциркуля и микрометра с погрешностью не более $\pm 0,5\%$ (толщина и ширина образцов). Образцы были промаркированы по длине рабочей зоны образца (рис. 1).

В ходе испытаний измерялась напряженность магнитного поля после каждой серии статического одноосного нагружения с помощью магнитоизмерительного феррозондового прибора Ф205–30А. Данный прибор предназначен для обнаружения дефектов в намагниченных ферромагнитных деталях, в том числе в сварных конструкциях, а также измерения нормальной (H_n), тангенциальной (H_t) составляющих напряженности постоянного магнитного поля (G) на поверхностях деталей и в свободном пространстве [2]. В качестве результирующего принимались средние значения трех измерений по длине рабочей зоны образца.

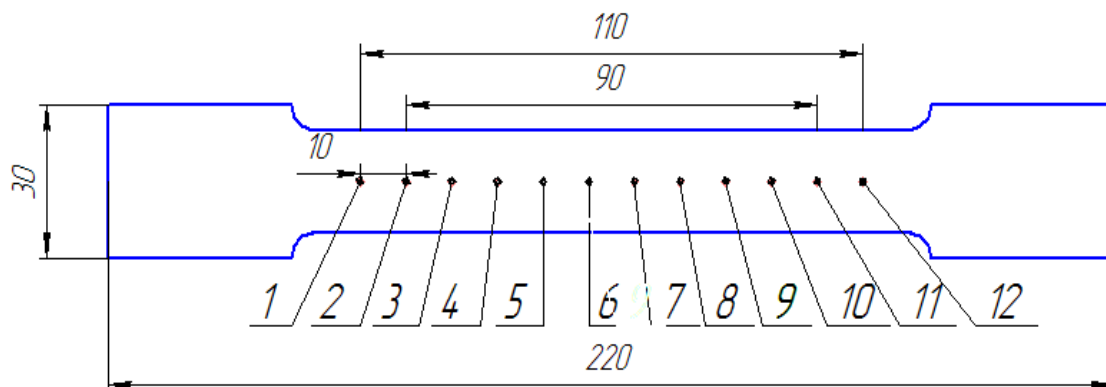


Рис. 1. Схема расположения точек замера напряженности магнитного поля по длине рабочей зоны образца

По результатам экспериментов были построены зависимости степени изменения напряженности магнитного поля H_{ni}/H_{n0} , анализ которых позволил выявить точное место разрушения экспериментальных образцов. Например, для первого образца, изготовленного из стали 20, анализ результатов показал, что отношение H_{ni}/H_{n0} при увеличении нагрузки возрастает и достигает своего наибольшего значения в точке 2, в которой и произошел разрыв образца при даль-

нейшем нагружении. На рисунке 2 представлена зависимость степени изменения напряженности магнитного поля H_{ni} / H_{n0} для образца №1. По данной зависимости видно, что уже при нагрузке в 5 кН можно точно определить потенциальное место разрушения образца.

Параллельно с испытаниями образцов на растяжение регистрировались изменения уровней амплитуд, активности импульсов акустико-эмиссионных (АЭ) сигналов и энергии локаций с использованием прибора ЛОКУС 4181.

H_{ni} / H_{n0} Точки замера по длине рабочей зоны образца
Точки замера по длине рабочей зоны образца

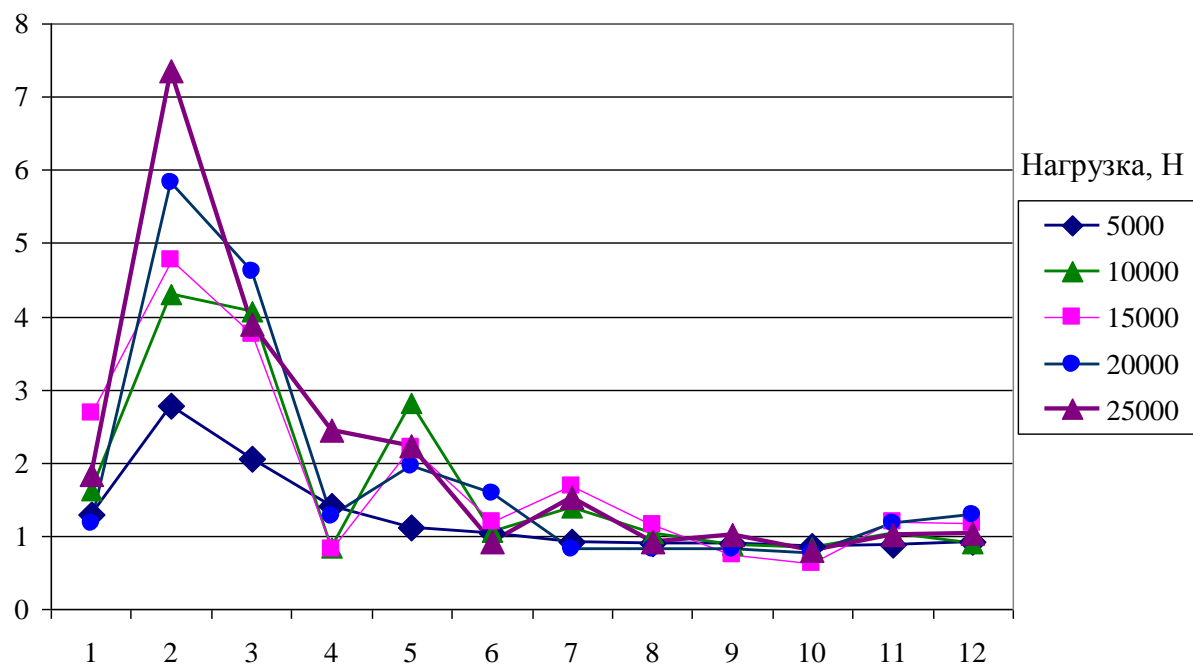


Рис. 2. Зависимость степени изменения напряженности магнитного поля по длине рабочей зоны образца №1 из стали 20

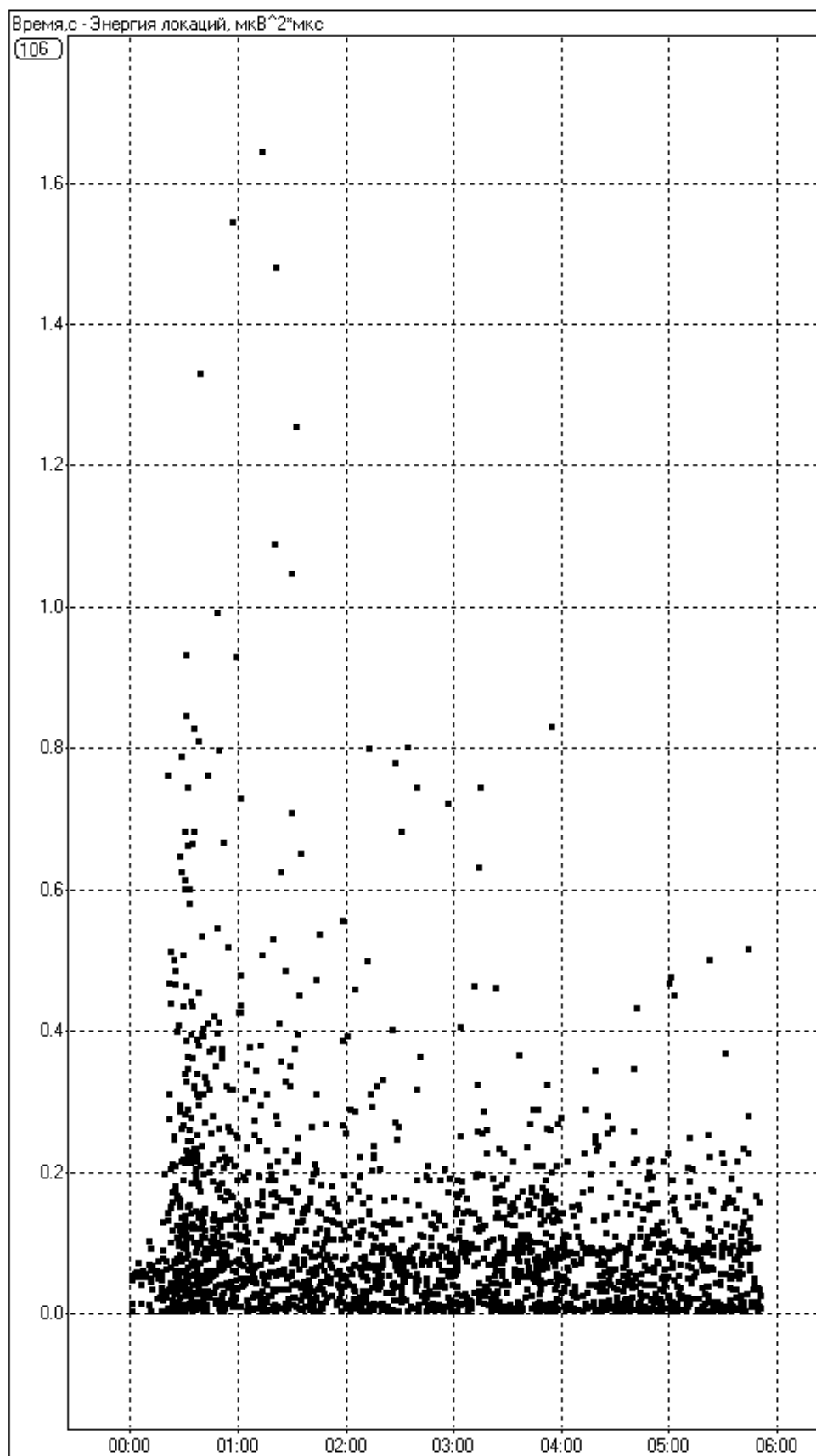


Рис.3. Зависимость энергии локаций от времени нагружения образца №1

На рис. 3 в качестве примера изображена зависимость энергии локации от времени нагружения. Из рисунка 3 отчетливо видно, что энергия локаций имеет максимальное значение в первой четверти образца, именно в этой четверти образовался дефект и впоследствии произошел разрыв образца, что подтверждает результаты, полученные с помощью феррозондового прибора. По данным акустико-эмиссионного контроля было зафиксировано точное время зарождения дефекта, который, при дальнейшем нагружении, привел к разрушению экспериментального образца №1.

Результаты испытаний образцов из низколегированной стали 09Г2С дают идентичные картины поведения образцов. То есть разрушение происходит в точке соответствующей максимальному значению энергии локации.

Анализ полученных данных акустико-эмиссионного контроля и сопоставление их с диаграммой растяжения (рис. 4), позволил определить значения напряжений, при которых происходит зарождение дефекта, приводящего к разрушению экспериментальных образцов. Например, значение этого напряжения для образца №1 составило 384,1 МПа, тогда как допускаемое напряжение для стали 20 при расчетах на прочность принимается 147 МПа.

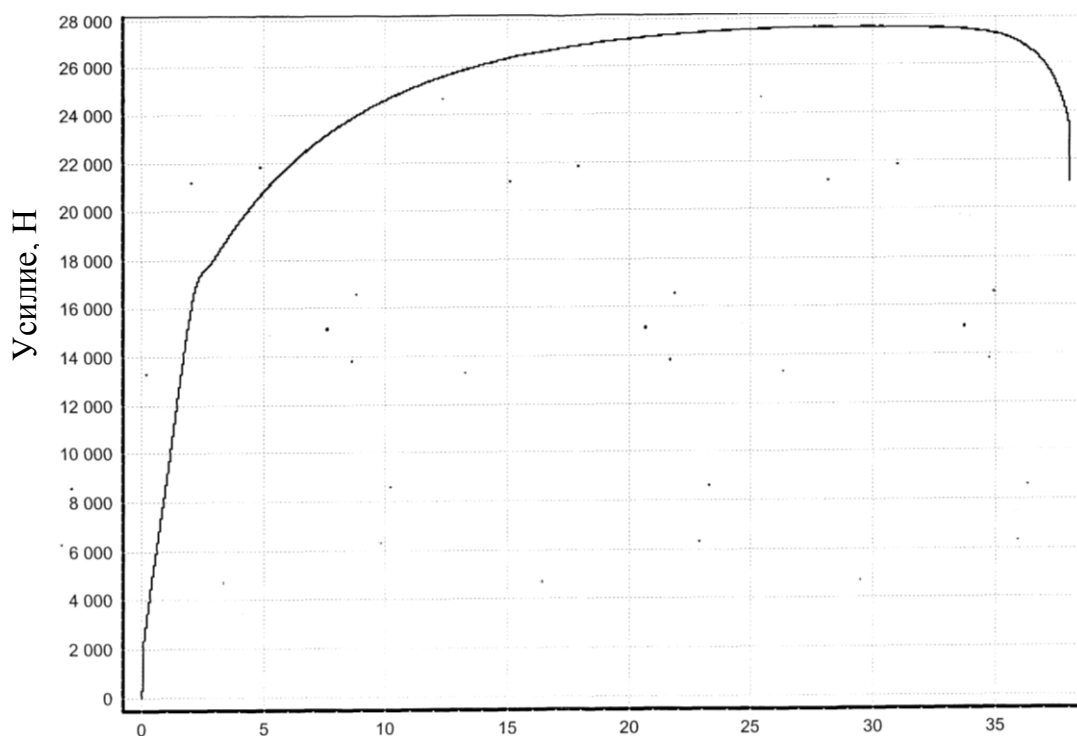


Рис. 4. Пример диаграммы растяжения для образца №1

Выводы

Таким образом, комплексные исследования изменений магнитных и акустических характеристик металла экспериментальных образцов из стали 20 и 09Г2С в процессе одноосного статического растяжения, позволили определить напряжения, при которых происходит быстрый рост дефекта, приводящего к разрушению

Литература

1. Кузеев И.Р., Захаров Н.М., Евдокимов Г.И. Повреждаемость колонных аппаратов нефтепереработки и нефтехимии: учеб. пособие. Уфа: УГНТУ, 1997. 54 с.
2. Кондрашова О.Г., Наумкин Е.А., Кузеев И.Р. Определение ресурса безопасной эксплуатации нефтегазового оборудования путем оценки адаптивных свойств металла по изменению его магнитных характеристик// Мировое сообщество: проблемы и пути решения: сб. науч. ст. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2006. – №19. С.16–26.

FEATURES OF DEFINITION OF THE LIMIT STATE CRITERION FOR CARBON AND LOW ALLOY STEELS

M. M. Zakirnichnaya, A. B. Zakiryanova,
V. M. Greshnov

FSBEI Ufa State Petroleum Technological University
e-mail: zakmarina@mail.ru

Abstract. *In article the use of limit state criteria in calculating the strength of vessels and equipment refining industry. The use of acoustic emission during static uniaxial tensile specimens of steel 20 and 09G2S it possible to determine the voltage at which the rapid growth of the defect that leads to destruction.*

Keywords: *limiting condition, strength analysis, the method of acoustic emission, the allowable stress.*

References

1. Kuzeyev IR, N. Zakharov, Evdokimov GI Damageability of columns refining and petrochemicals: studies. allowance. Ufa UGNTU, 1997. 54.
2. Kondrashov OG, Naumkin, EA, IR Kuzeyev Resource definition safe operation of oil and gas equipment by assessing the adaptive properties of the metal to change its magnetic characteristics // The international community, in: Problems and solutions: Sat. scientific. Art. Ufa: Izd UGNTU, 2006. - № 19. P.16-26.