

Abstract. The gas aerial cooler apparatus (ACA) were characterized. These ACA serves for cooling the service gas. The analysis of engineering documentation was carried out in order to establish the range of amenable to control parameters of the engineering status, to carry out the recognition of failures (if ever) and damages that could lead to a failure. The applied method of acoustic emission (AE) yielded total and direct information on the defect growth (hazard rate) in materials of operational facilities. The AE control might be used as a determinative procedure for the selection of criteria needed for assessing the status of diverse structures as well as for release to continued operation the production facilities (with providing a necessary level of safety during the enterprise operation) because the AE control enables to detect a fault at early stage of its growth. By applying the AE method for elaboration of a control of specific objectives, complicated problems related to generation of elastic waves from growing cracks and their transformation during propagation up to sensors were successively resolved.

Experimental and discussion

At the present time, the most complete and direct information on the growing defects (hazard rate) in materials of operational facilities (Figure 1) might be obtain by the acoustic emission method

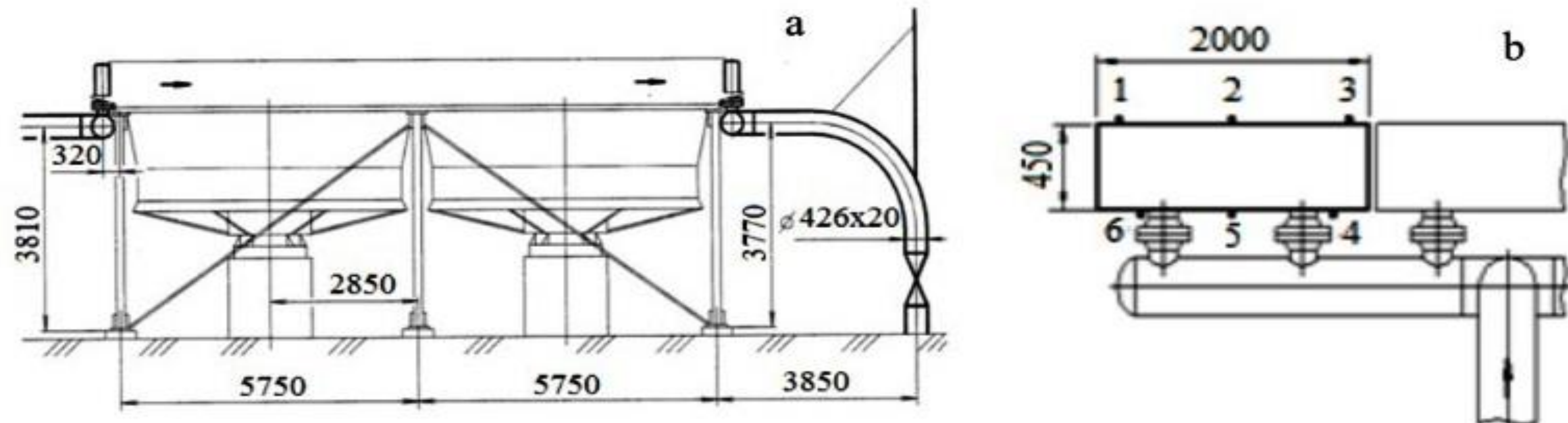


Figure 1. Gas ACA diagram with locations of AE sensors: a) - General view of the gas ACA (dimensions in millimeters, mm); b) - layout of sensors (No 1, 2, 3, 4, 5, 6) when locating AE signals on the input chamber of the gas ACA

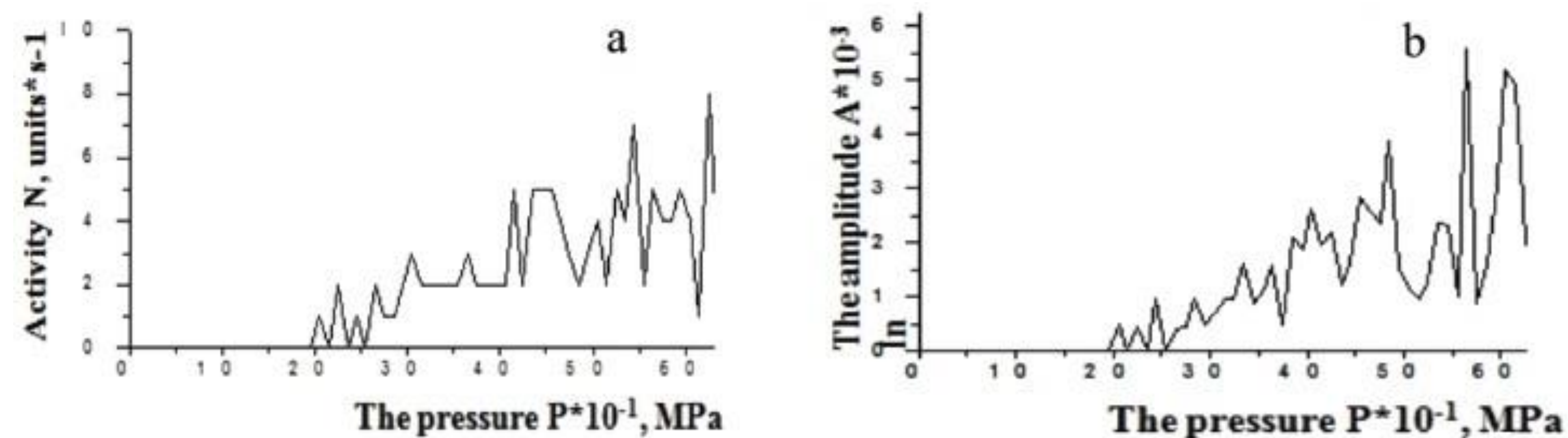


Figure 2. Results of the study of gas ACA "Nadym": a) - graphs of the dependence of AE signals on the load; b) location of AE signals on the gas ACA input chamber.

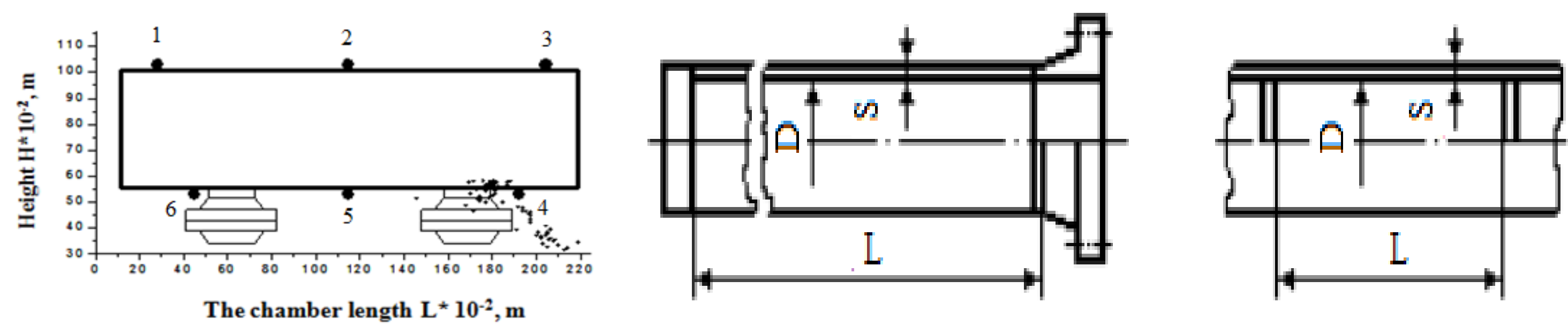


Figure 3. A defect detected in the lower circular weld of the gas ACA, No 4.

The executive summary concerning a further operation use of the apparatus will be issued after the inspection of the gas ACA by the AE method. There were no detected defects in places of welded joints in inspected apparatus No 1, 2, 3, 5, 6, which could hinder the further exploitation.

Conclusion

It has been found that the signals from the corresponding defects including microcracks appear at the early stage yet. Their growth and location leads, finally, to the macroscopic fracture. The amplitude and spectral analysis of AE signals in dependence on the load and deformation action time let us to determine the predictive signs of the transition to macroscopic fracture. Proceeding from the analysis of kinetic consistency of the fracture of both loaded specimens and a model of conduct pipe, the assessment of the lifetime was carried out. Thereupon, the possibility of the prolongation of a term of safety operation of heat objectives was confirmed.

Results of the performed investigations, as well as their analysis, let us to develop a new methodology of the assessment of the working capacity and extension on service life of heat exchanger equipment belonging to OAO Gazprom, which was approved by the Gazprom headquarters with obtained approval from the supervisory body.

A fit for service evaluation of the apparatus was settled upon results of the AE inspection of the gas ACA apparatus. The minimum permissible values of element thickness were picked up in both with the procedure of determination of the remaining life of the gas ACA operated in gas-compressor stations belonging to the RAO Gazprom and through calculations according SNiP 2.05.06-85. Ad effect was revealed in the lower circular weld of gas ACA (No 4). There were no other defects in metal of welded joints in the investigated ACA apparatus, which could hinder the exploitation of these ones.

References

1. Saveliev V N and Makhmudov Kh F 2020 *Tech Phys* **90** 143 – 9 (In Russian)
2. Tsenev A N, Nosov V V and Nazarova M N 2017 *Mining information and analytical Bulletin (scientific and technical journal)* **5** 430 – 8 (In Russian)
3. Makhmudov Kh F 2019 *J Phys: Conf Ser* **1400** 077057
4. Alimov S B, Lifanov V A and Miatiov O L 2006 *Gazovaya Promyshlennost* **6** 54 – 7 (In Russian)

Приведем пример успешного применения метода АЭ контроля технологических трубопроводов, работающих под давлением, в эксплуатационном режиме. При АЭ контроле технологического трубопровода (рис.1) на одной из компрессорных станций (КС) ОАО «Газпром». При испытаниях трубопровода, которые проводились технологическим газом с увеличением давления не превышающем рабочее, в сварном шве обнаружен критически активный источник АЭ (рис.2). На рис.3 приведены результаты локации источника АЭ на трубопроводе, которые указали на конкретный участок сварного шва (помечен стрелкой на рис.1). Затем, наличие в сварном шве недопустимых дефектов подтверждено методами ультразвукового контроля (УЗК) и рентгеновского контроля (РК). На рис.4 приведена фотография этого сварного шва с дефектами на участке трубопровода, вырезанном при ремонте. Для сравнения на рис.5 приведены результаты АЭ контроля сварного шва с активным источником (не критически активный) АЭ.



Рис.1 Участок технологического трубопровода с выявленным критически активным источником АЭ в сварном шве

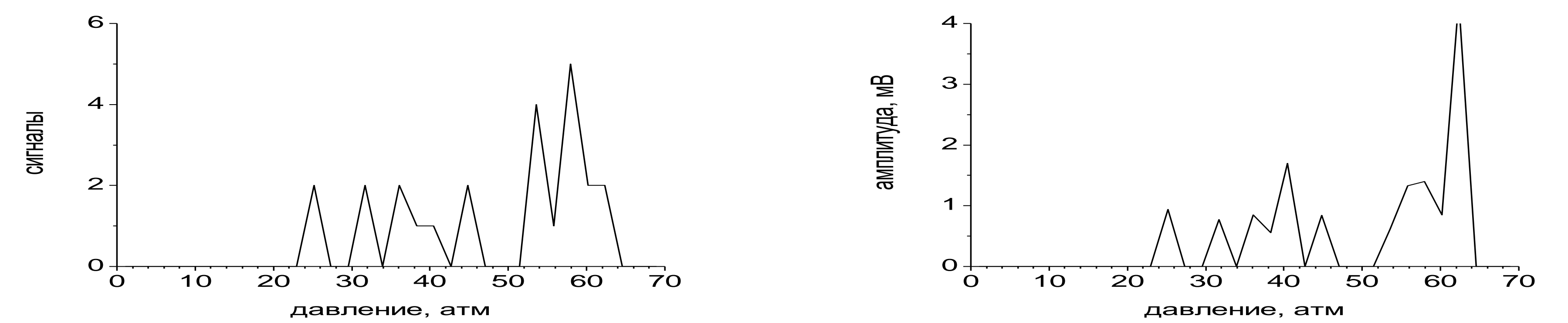


Рис. 2. Графики результатов АЭ контроля сварного шва с критически активным источником АЭ при нагружении

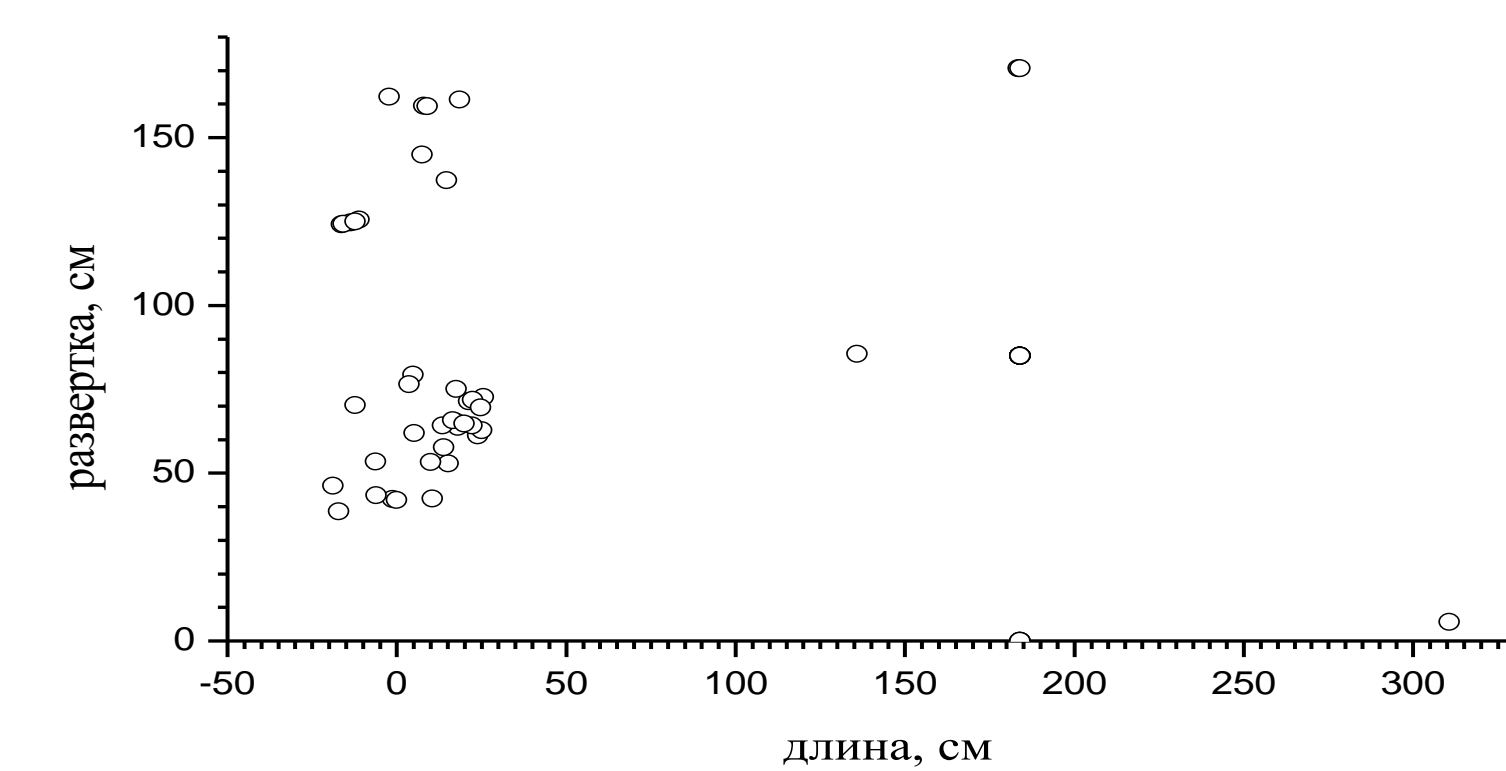


Рис. 3. Локация участка трубопровода с критически активным источником АЭ



Рис.4 Дефекты сварного шва с выявленным критически активным источником АЭ (подтверждены УЗК и РК) после вырезки "катушки".

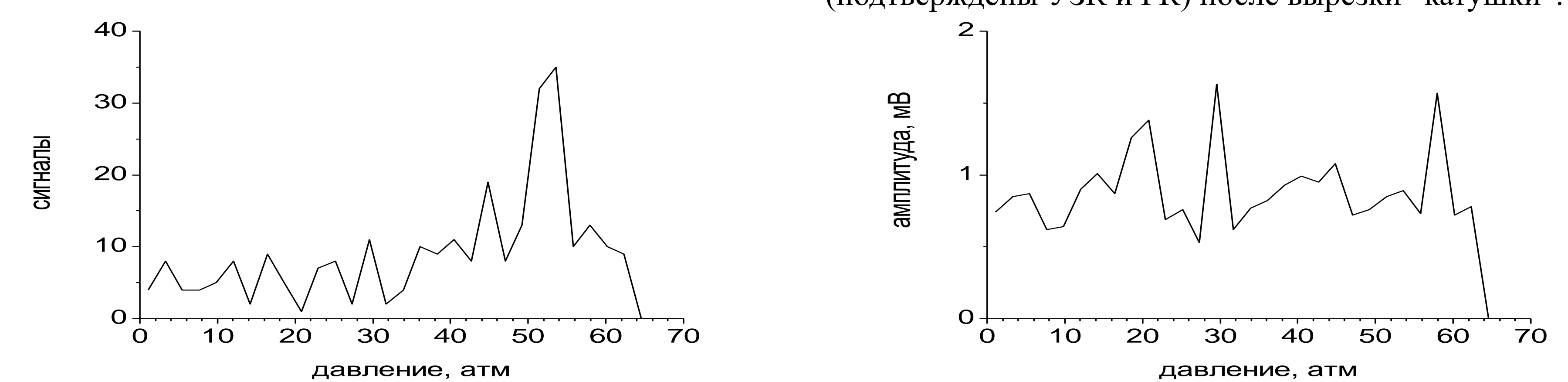


Рис. 5. Графики результатов АЭ контроля в сварном шве с активным источником АЭ.

Испытание на коррозионное растрескивание проводилось на фрагменте трубопровода из стали 08X18H10T содержащего кольцевой сварной шов.

Результаты исследований коррозионного растрескивания трубы методом акустической эмиссии представлены на рис.2. Цель исследований состояла в АЭ контроле процесса разрушения путем регистрации накопления трещин, образующихся в сварных швах под действием коррозии под напряжением при расчетном времени испытаний в течение 1000 часов.

Труба была заполнена раствором NaCl (10 мг/кг), нагретом до 270 градусов Цельсия, нагружена внутренним давлением 88 кгс/см² и, кроме того, нагружена растягивающим осевым усилием 310 тс на испытательной машине ZZ8000.

Системой АЭ контроля регистрировались амплитудные и координатные распределения сигналов акустической эмиссии. Кроме того, регистрировалось число сигналов за время наблюдения, по которым вычислялась активность акустической эмиссии.

Координатное распределение источников сигналов акустической эмиссии показывает, что процесс коррозионного растрескивания локализован в зоне сварного шва. Такой характер сохранялся на протяжении всего испытания.

В период времени испытаний вплоть до 1196 часов активность АЭ сохранялась на постоянном уровне 19 - 21 сигналов в час (рис.2). После выдержки более 1196 часов активность начала увеличиваться и при времени испытаний равном 1200 часам составила величину 820 имп/час, что свидетельствует о резком возрастании скорости процесса коррозионного растрескивания.

Анализ амплитудных спектров (табл.1) показывает, что до 1196 часов включительно характер амплитудного распределения оставался практически постоянным. Стандартное отклонение амплитудного распределения не превышало 12дБ. На заключительной стадии в амплитудном распределении появился пик высокоамплитудных сигналов до 80 дБ, соответствующих появлению трещин больших размеров. Стандартное отклонение амплитудного распределения при этом выросло до 15,3 дБ.

Все это свидетельствует о качественном изменении в характере разрушения трубы до 1196 часов и после от редкого накопления трещин малых размеров к формированию очага разрушения и катастрофической активизации процесса.

По увеличению скорости накопления трещин, увеличению амплитуд сигналов АЭ и увеличению среднеквадратичного отклонения S_d можно указать время формирования очага разрушения $T_{оч}$ \approx 1197 часов.

Сопоставление стендовых испытаний с лабораторными образцами по зависимости между временем развития очага разрушения (времени второй стадии $T_{оч}$) и общей долговечностью (τ), приведено на рис.3. Сопоставление приведено в двойных логарифмических координатах, поскольку долговечность менялась на порядки. В таких координатах зависимости линейны, что позволяет записать степенную функцию для их связи. Время второй стадии разрушения в трубе составляло несколько часов. Поэтому можно считать, что время развития очага, т.е. время второй стадии $T_{оч} \geq 3$ час. Тогда отношение $T_{оч} \tau \approx 0,003$, что хорошо согласуется с результатами, полученными на образцах из стали при одноосном растяжении (рис.3), несмотря на осложняющее влияние коррозионной среды в эксперименте с трубой.