



ОЦЕНКА ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ СЕРОВОДОРОДНОЙ НЕСПЛОШНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЕ ВЫСОТЫ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ

В. П. ДЯДИН, Е. А. ДАВЫДОВ, А. Е. ЛИТВИНЕНКО

На натурном фрагменте элемента теплообменника, подверженного низкотемпературному сероводородному растрескиванию, выполнено гидравлическое нагружение пластической несплошности и проведено тензометрирование данной области. Выполнена экспериментальная проверка модели для инженерной оценки внутреннего давления в пластической несплошности в зависимости от высоты ее пластического прогиба и геометрических размеров. Представлены результаты ультразвукового сканирования зоны низкотемпературного сероводородного растрескивания после гидравлического нагружения несплошности и отмечены их особенности.

Hydraulic loading of a plastic discontinuity and strain gauge measurement in this area were performed on a full-scale fragment of a heat exchanger element prone to low-temperature hydrosulphuric cracking. Experimental verification of the model was conducted for engineering assessment of inner pressure in a plastic discontinuity, depending on the height of its plastic sagging and geometrical dimensions. The results of ultrasonic scanning of the zone of low-temperature hydrosulphuric cracking after hydraulic loading of the discontinuity are presented and their features are noted.

В работе [1] рассмотрены результаты экспериментального исследования влияния гидравлического нагружения цилиндрической оболочки на изменение напряженно-деформированного состояния наружной стенки пластической полости («пузыря»), кроме того, была предложена упрощенная модель по оценке величины давления в нем. Тензометрирование наружной стенки в зоне «пузыря» проводили на действующем оборудовании в процессе его технического диагностирования, в связи с чем влияние величины внутреннего давления в «пузыре» на изменение напряженного состояния в зоне пластической несплошности не исследовали и экспериментальную проверку предложенной модели в работе [1] не проводили. В первую очередь это было связано с невозможностью разгрузки исследуемой пластической полости путем механического вскрытия и отсутствием непосредственного доступа к ней с внутренней стороны без вывода аппарата из эксплуатации.

В данной статье рассматриваются результаты дополнительного исследования влияния внутреннего давления в пластическом «пузыре» на изменение величины пластического прогиба его вершины и напряженно-деформированного состояния стенки в зоне сероводородного низкотемпературного расслоения.

Для экспериментальной проверки предложенной в работе [1] модели роста пластического выпучивания при диагностическом плановом обследовании нефтеперерабатывающего оборудования, подверженного низкотемпературному сероводородному растрескиванию, был отобран элемент

теплообменника, подлежащий отбраковке в связи со значительным его повреждением в водородо-содержащей среде.

На момент проведения замены поврежденного участка теплообменный аппарат находился в эксплуатации более 25 лет при давлении не менее 1 кгс/см² и температуре не выше плюс 80 °С (среда — жирный газ).

Исследуемый фрагмент (рис. 1) представляет собой элемент обечайки кожуха теплообменника размером 700×900 мм с начальной толщиной стенки 16 мм, изготовленного из стали марки 09Г2С в соответствии с ГОСТ 5520–79 «Сталь листовая углеродистая низколегированная и легированная для котлов и сосудов, работающих под



Рис. 1. Общий вид фрагмента корпуса теплообменника, подверженно-го низкотемпературному сероводородному растрескиванию



давлением». Характерной особенностью рассматриваемого элемента является наличие в нем изолированной пластической полости и цепочек плоских несплошностей в направлении проката, образовавшихся в результате растрескивания по границам вытянутых пластинчатых неметаллических включений под воздействием наводороживающей среды. Все дефекты залегают тонким слоем высотой около 2,0 мм на глубине около 9,0 мм от наружной поверхности, что, в свою очередь, позволяет снизить вероятность ступенчатого развития дефекта в направлении толщины в процессе нагружения пластической несплошности внутренним давлением. Коррозионный износ на внутренней стороне элемента в зоне низкотемпературного сероводородного растрескивания достигает 2,0 мм (средняя толщина вырезанного фрагмента в зоне дефекта составляет 14,5 мм). Геометрические размеры «пузыря» в осевом направлении фрагмента обечайки до разгрузки (засверловки) и его модельное представление в соответствии с работой [1] показаны на рис. 2.

При расчете внутреннего давления исследуемый пластический дефект рассматривается как круговая несплошность. Поправки на эллиптичность и цилиндрический изгиб не учитываются. В данном случае рассмотрение пластической несплошности как круговой полости приводит к несколько завышенному расчетному давлению в ней, что в ряде случаев может быть вполне оправдано при предварительных оценках напряженного состояния в процессе технического диагностирования оборудования, подверженного такого рода повреждениям.

Для проведения гидравлического нагружения данной несплошности с внешней стороны обечайки к центральной части «пузыря» был приварен угловым швом на малых токах короткий штуцер и наклеены тензорезисторы с рабочей базой 20 мм 2ПКБ-20-

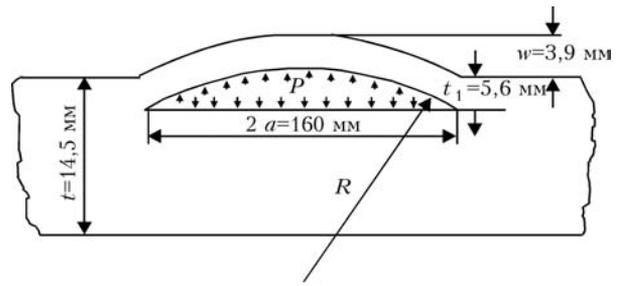


Рис. 2. Модельное представление выявленной пластической несплошности

200ХБ с сопротивлением $R = 198,00...198,49$ Ом для контроля изменения напряженно-деформированного состояния в зоне «пузыря» в процессе его разгрузки и последующего гидравлического нагружения. Для наклейки тензорезисторов применяли клей Циакрин ЭО на внешней и внутренней стороне фрагмента обечайки. Для тарировки тензорезисторов использовали тарировочную балочку, нагружавшуюся чистым изгибом. Измерение деформаций (напряжений) проводили тензостанцией ИСД-3 с мостовой схемой питания на постоянном токе (в данном случае единице измерения сопротивления тензорезистора соответствовало изменение напряжения — 1,86 МПа). Места расположения датчиков показаны на рис. 3.

Перед проведением испытаний определялись начальные показатели тензорезисторов и измеряли высоту прогиба в центральной части «пузыря» в осевом направлении вырезанного фрагмента обечайки. После этого проводили разгрузку пластической несплошности путем засверловки наружной стенки «пузыря» через сваренный штуцер с последующим снятием показаний тензорезисторов и измерением высоты его максимального прогиба. Для определения начального давления в «пузыре» и его связи с пластическим прогибом w было выполнено гидравлическое нагружение полости через сваренный штуцер с подключением ма-

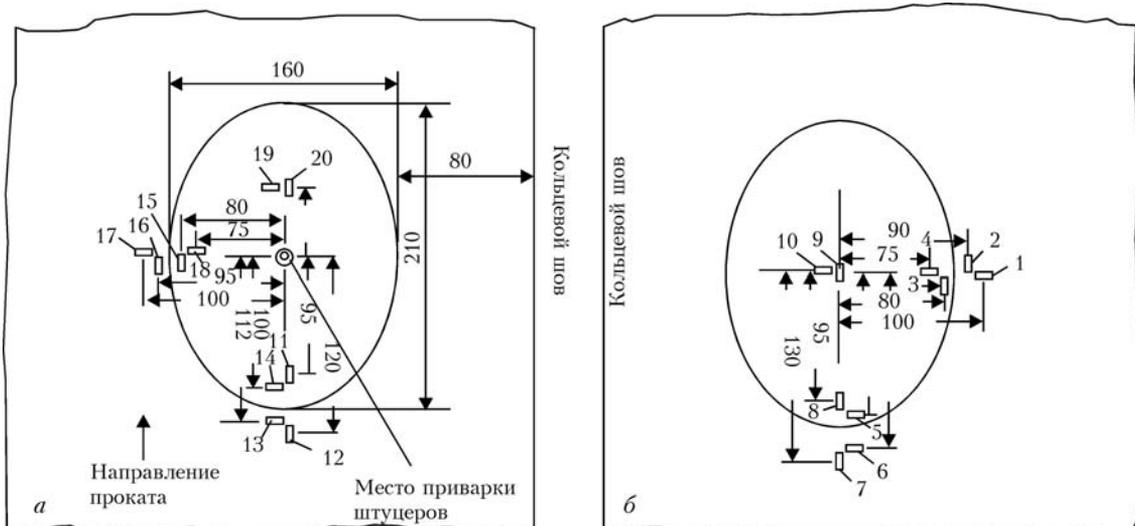


Рис. 3. Места расположения тензодатчиков с наружной (а) и внутренней (б) стороны фрагмента исследуемой обечайки



нометра. Нагружение пластической несплошности проводили в два этапа, разнесенные во времени в двадцать дней.

На первом этапе гидравлического нагружения ставилась задача определения максимального давления в «пузыре» в период последнего диагностического обследования аппарата и на момент его разгрузки при исходном поперечном размере. Следует отметить, что эти два состояния могут несколько отличаться. В первую очередь это связано с тем, что между окончанием срока пребывания данного элемента в сероводородсодержащей среде и проведением испытаний прошло около четырех месяцев. Последнее не исключает возможного подрастания дефекта в связи с изменением (падением) коэффициента интенсивности напряжений K_s в пластической области перед фронтом развивающегося дефекта, который находится в диапазоне $K_{1c} \geq K_s \geq K_{sc}$, где K_{1c} — статический коэффициент интенсивности напряжений в случае отсутствия влияния агрессивной среды; K_{sc} — пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений в присутствии агрессивной среды (в данном случае во влажном сероводороде) [2–4].

Для решения этих задач в начале было проведено ступенчатое гидравлическое нагружение «пузыря» до 63 кгс/см^2 с записью показаний тензодатчиков и замеров величины прогиба в центральной части «пузыря» на каждом шаге нагружения с выдержкой давления не менее 5 мин. Далее пластическая несплошность была разгружена путем сброса давления до нуля. Температура воздуха в помещении и воды на момент проведения гидравлического нагружения исследуемого элемента, составляла 15°C .

На втором этапе — пошаговое нагружение до 75 кгс/см^2 с целью выявления закономерностей изменения величины прогиба после предварительной разгрузки и изучения характерных особенностей роста дефекта в плоскости проката методом

УЗ-контроля компьютеризированной системой R-Scan. Температура воздуха в помещении и воды на втором этапе гидравлического нагружения «пузыря» составляла 12°C .

Начальное давление в «пузыре» до его засверловки (разгерметизации) определялось по минимальному значению среднеквадратичной функции:

$$F(x-p) = ((1/20) \sum_1^{20} (f_i(\phi) - f_i(p))^2)^{0,5}, \quad (1)$$

где $f_i(\phi)$ — показания значений тензодатчиков до засверловки (разгерметизации) «пузыря»; $f_i(p)$ — текущие показания значений тензодатчиков при гидравлическом нагружении; i — порядковый номер тензодатчика.

Номера тензодатчиков и начальные геометрические размеры «пузыря» в плоскости представлены на рис. 3. Результаты показаний тензодатчиков в процессе гидравлического нагружения «пузыря» до 63 кгс/см^2 представлены в табл. 1, изменение среднеквадратической функции (1) — на рис. 4.

Как видно из рис. 4, наименьшее отклонение функции (1) по показаниям 20-ти тензорезисторов $f_i(p)$ от первоначальных значений $f_i(\phi)$ достигается при гидравлическом нагружении полости до $p = 33 \text{ кгс/см}^2$. Таким образом, можно судить о том, что на момент разгрузки (засверловки) давление в «пузыре» составляло примерно 33 кгс/см^2 .

При оценке максимального давления в «пузыре» на момент проведения технической диагностики аппарата в случае отсутствия роста дефекта в поперечном направлении проката можно исходить из следующего. Во-первых, при достижении данной нагрузки следует ожидать появления нелинейности в изменении напряжений (деформаций) в вершине (полусе) «пузыря» со стороны его пластического выпучивания (датчики 9 и 10). Во-вторых, при незначительном увеличении поперечного размера «пузыря» в процессе его гидравлического нагружения следует ожидать появление нелинейности в точке условного перехода упругого прогиба к его пластическому росту в вершине дефекта. Результаты измерения изменения величины прогиба «пузыря» в его вершине в зависимости от величины гидравлического давления представлены в табл. 2.

Сказанное выше наглядно продемонстрировано на рис. 5 и рис. 6, а, где приведены результаты изменения напряжений $\Delta\sigma$ (деформаций) и величины прогиба w в вершине вздутия при гидравлическом нагружении «пузыря» до 63 кгс/см^2 . Видно, что отклонение от линейности в обоих случаях происходит при одном и том же давлении, равном примерно 45 кгс/см^2 . Откуда следует, что максимальное давление в «пузыре» при обнару-

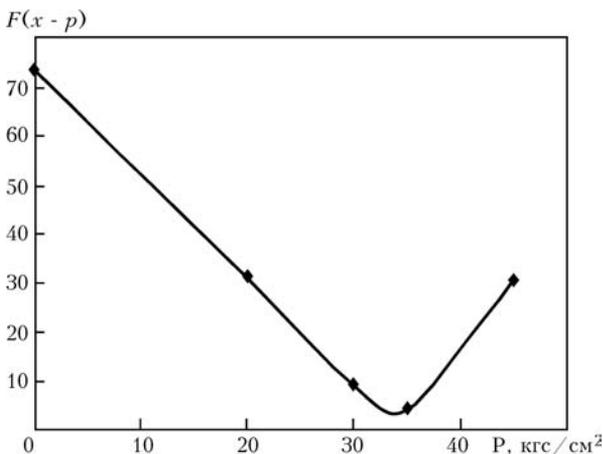


Рис. 4. Изменение величины среднеквадратической функции (1) при гидравлическом нагружении несплошности



Таблица 1. Результаты показаний тензодатчиков при нагружении «пузыря» до 63 кгс/см²

Номер датчика (рис. 3)	Условные сопротивления тензорезисторов										После разгрузки
	До засверловки	После засверловки	Гидравлические нагружения, кгс/см ²								
			20	30	35	45	50	55	60	63	
1	441	448	439	434	431	426	423	412	405	396	440
2	491	496	493	491	490	489	489	496	503	513	497
3	682	689	685	683	682	681	681	686	691	700	684
4	538	394	477	518	540	578	620	732	807	882	725
5	458	440	449	455	457	461	466	493	511	523	489
6	439	427	432	436	439	442	446	456	465	478	445
7	511	463	490	506	515	529	547	608	666	744	663
8	510	402	466	498	515	546	584	640	674	703	579
9	436	516	472	449	435	397	342	208	122	—	—
10	458	696	558	486	445	343	186	—	—	—	—
11	584	560	574	581	585	591	594	593	591	588	553
12	496	483	489	494	497	502	505	510	515	523	478
13	519	507	513	516	519	522	525	530	535	541	512
14	500	486	494	498	500	504	508	513	515	518	495
15	489	469	479	485	488	492	493	493	491	487	465
16	424	404	413	420	423	427	430	434	436	438	406
17	626	610	619	625	629	634	639	651	660	673	620
18	529	455	500	524	537	553	562	572	583	592	462
19	454	469	460	455	452	449	447	445	442	439	472
20	446	475	456	446	441	434	428	419	411	403	471

женных его геометрических размерах в период диагностического обследования и эксплуатации достигало 45 кгс/см².

В соответствии с работой [1] давление внутри «пузыря» (см. рис. 2) при условии деформационного упрочнения материала в первом приближении можно описать зависимостью:

$$P = 4\sigma_{0,2}(2/(3\varepsilon_T))^n(a/w + w/a)^{-(2n+1)} \times (1 + 2/3(a/w + w/a)^{-2})^{-1}t_1/a, \quad (2)$$

где w — прогиб «пузыря» в вершине; a — радиус полости; t_1 — толщина пластического слоя; t — толщина листа; $\sigma_{0,2}$ — предел текучести материала; ε_T — деформация соответствующая $\sigma_{0,2}$; n —

Таблица 2. Результаты измерения высоты прогиба при гидравлическом нагружении «пузыря» до 63 кгс/см²

Давление в «пузыре», кгс/см ²	Высота прогиба w , мм	Примечание
0	3,4	—
20	3,6	—
30	3,7	—
35	3,9	—
45	4,1	Отмечаются щелчки в металле
50	4,8	—
55	5,6	Отмечаются щелчки в металле
60	6,7	То же
63	7,6	—

величина деформационного упрочнения материала при одноосном растяжении.

Для определения механических свойств исследуемого элемента было изготовлено три образца МИ-12 тип II в соответствии с ГОСТ 6996–66 в направлении поперек проката. Принимая во внимание, что при техническом диагностировании нефтеперерабатывающего оборудования наибольшее распространение получило определение твердости при пластическом вдавливании шарика, прочностные характеристики металла в исследуемой зоне также определялись по значениям твер-

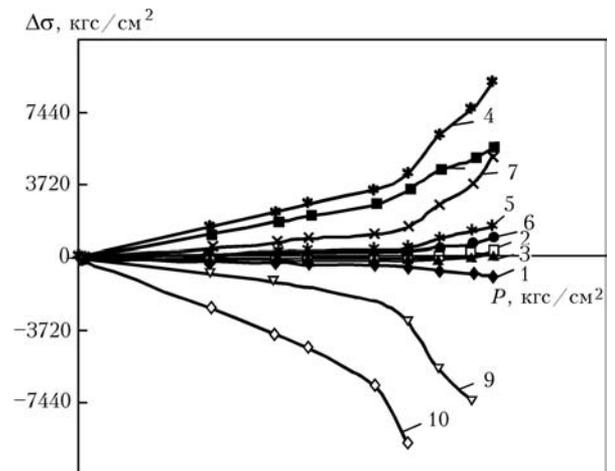


Рис. 5. Изменение напряжений (деформаций) в местах расположения тензодатчиков 1–10 согласно рис. 3, б при гидравлическом нагружении несплошности до 63 кгс/см²

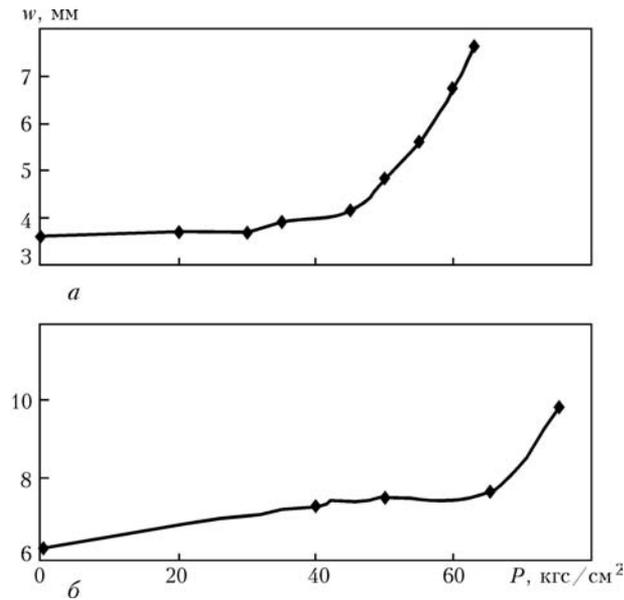


Рис. 6. Изменение величины прогиба вершины «пузыря» при его гидравлическом нагружении до 63 кгс/см² после засверловки (а) и при повторном гидравлическом нагружении до 75 кгс/см² после предварительной разгрузки (б)

дости *НВ* по Бринеллю при статическом нагружении. Перерасчет твердости по *НВ* на временное сопротивление материала σ_B и $\sigma_{0,2}$ проводили по ГОСТ 22761–77 и МУ «Проведение работ по оценке остаточной работоспособности технологического оборудования — нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств. г. Киев — 1993» (табл. 3).

Как видно из табл. 3, перерасчет предела текучести $\sigma_{0,2}$ по твердости дает вполне пригодные для инженерных оценок значения.

Подставляя в выражение (2) значения геометрических размеров «пузыря» в поперечном направлении (рис. 2) и принимая прочностные характеристики стали О9Г2С, соответствующие испытанию на растяжение образцов МИ-12 (табл. 3) с учетом зависимости по оценке величины деформационного упрочнения *n* [5]

$$n = -0,182 + 0,222(\sigma_B/\sigma_{0,2}) \quad (3)$$

получаем, что расчетное внутреннее давление в «пузыре» в этом случае также очень близко к значению 45 кгс/см². Последнее показано на рис. 7, где представлены расчетные и фактические значения внутреннего давления в «пузыре» в зависимости от величины пластического прогиба его вершины и принимаемых радиусов дефекта при

Таблица 3. Механические свойства исследуемого элемента и расчетные значения по твердости при температуре $t = 20$ °С

Сталь О9Г2С, $\delta = 16$ мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
ГОСТ 5520–79	325	470	21,0	—
МИ-1 т. II (ГОСТ 6996–66)	354	507	36,6	65,9
Перерасчет по <i>НВ</i> (1590 МПа)	343	548	26...30	—

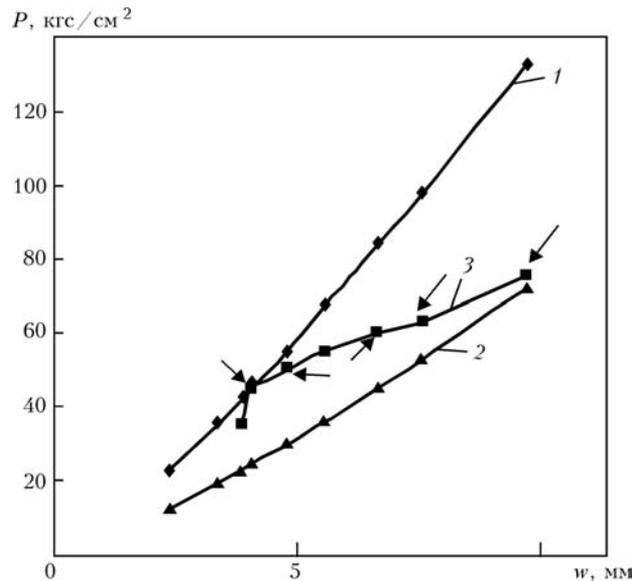


Рис. 7. Изменение величины давления в несплошности в зависимости от высоты ее выпучивания при различных расчетных радиусах *a*, мм: 1 — 78; 2 — 105; 3 — экспериментальные значения

гидравлическом нагружении полости до 63 кгс/см² и выше. Здесь также необходимо отметить, что поскольку в процессе гидравлического нагружения основной рост «пузыря» наблюдался в направлении проката, то за исходный размер дефекта при расчете максимального давления принимался его поперечный размер (вписанная окружность). При оценке минимального давления в «пузыре» за его геометрические размеры принимался радиус описанной *a* окружности и соответствовал данным, приведенным на рис. 3. Нагрузки, при которых отмечались щелчки (характерные при подрастании исследуемой полости или ее слиянии с более мелкими отдельно стоящими полостями), помечены стрелочками.

Как видно из рис. 7, экспериментальные значения фактического давления (кривая 3) в исследуемой полости находятся между этими двумя расчетными кривыми (1, 2), что, в свою очередь, позволяет оценить изменение величины давления в полости при возможном изменении дефекта в процессе эксплуатации и в периоды простоя оборудования. Таким образом, если не учитывать поправку на подрастание полости и эллиптичность, что, как было отмечено выше, приводит к несколько завышенному давлению, из рис. 7 также следует, что можно говорить о достаточно хорошем соответствии расчетного давления в «пузыре» по формуле (1) его фактическому значению и для больших прогибов. Наблюдаемая погрешность между расчетным давлением (кривая 1) и фактическим при максимальном прогибе 7,6 мм, на наш взгляд, является вполне приемлемой для инженерных оценок. Тем более, что при уточнении поперечного размера «пузыря» в этой точке



Таблица 4. Результаты показаний тензодатчиков при повторном нагружении «пузыря» до 75 кгс/см²

Номер датчика (рис. 3)	Значения условных сопротивлений тензорезисторов							После разгрузки
	После разгрузки	Через 20 дней	Нагружение, кгс/см ²					
			40	50	65	70	75	
1	440	438	410	403	395	384	378	412
2	497	496	505	508	512	524	536	496
3	684	682	692	695	700	711	723	686
4	725	722	826	850	877	927	—	732
5	489	486	508	514	520	520	514	493
6	445	444	466	471	479	496	514	456
7	663	660	714	725	750	843	—	608
8	579	578	663	680	705	724	734	640
9	—	—	—	—	—	—	—	208
10	—	—	—	—	—	—	—	—
11	553	562	586	591	597	595	593	593
12	478	477	506	512	522	532	545	510
13	512	530	550	554	562	569	579	530
14	495	499	514	518	523	525	527	513
15	465	464	478	482	494	479	473	493
16	406	404	423	427	433	436	438	434
17	620	620	654	660	674	685	698	651
18	462	461	548	565	593	598	611	572
19	472	469	447	443	435	432	426	445
20	470	469	423	415	398	390	377	419

данная погрешность будет еще меньше даже без учета эллиптичности дефекта.

Для выявления закономерностей изменения величины прогиба после предварительной разгрузки и характерных особенностей роста дефекта в плоскости проката на втором этапе было выполнено повторное гидравлическое нагружение «пузыря» до 75 кгс/см² с последующим ультразвуковым сканированием исследуемого участка и прилегающей зоны.

Результаты тензометрирования «пузыря» при гидравлическом нагружении до 75 кгс/см² представлены в табл. 4. Изменение величины пластического прогиба показаны на рис. 6, б. Максимальный прогиб при давлении 75 кгс/см² также показан на рис. 7 отдельной крайней точкой.

Из рис. 6, б видно, что через 20 дней после разгрузки «пузыря» при повторном его нагружении до 75 кгс/см² в точке максимального предыдущего сброса давления (63 кгс/см²) также наблюдается перегиб кривой, что подтверждает полученные ранее результаты при определении максимального давления в полости в период эксплуатации теплообменника. Характерной особенностью последнего гидравлического нагружения полости является постоянно отмечаемый рост (щелчки) расслоения при подъеме давления свыше 50 кгс/см². Вместе с тем, отмечаемые изменения напряжений (деформаций) в зоне тензодатчика 4 и совсем малые приращения напряжений

в зоне датчика 1 свидетельствует о слабом развитии дефекта в поперечном направлении (см. табл. 4). В то же время в зоне тензодатчиков 5–8 наблюдается абсолютно противоположная картина, что косвенно свидетельствует о развитии дефекта в этой области, т. е. в направлении проката. В целом же следует отметить, что в виду отсутствия резких скачков по уменьшению изменения напряжений (деформаций) в зонах расположения тензодатчиков от 1 до 6, 8 и высокие приращения (деформаций) в районе датчика 7, — преимущественное развитие «пузыря» в основном носит канальный характер. Т. е., при незначительном увеличении геометрических размеров «пузыря», отмечается его соединение с соседними небольшими несплошностями через разрыв узких тонких перемычек между ними. Последнее очень наглядно иллюстрируется рис. 8, где представлены результаты ультразвукового сканирования исследуемого участка с наружной стороны компьютеризированной системой P-Scan в режиме толщинометрии.

Как видно из рис. 8, между основным «пузырем» и залегающими несплошностями наблюдается цепочка последовательно соединенных между собой узких перемычек в разных направлениях. При этом следует отметить, что основная их масса залегаёт отдельными полосами в направлении проката. Этим скорее всего и объясняется принципиальное отличие в показаниях тензорезисторов, расположенных по границам дефекта в про-

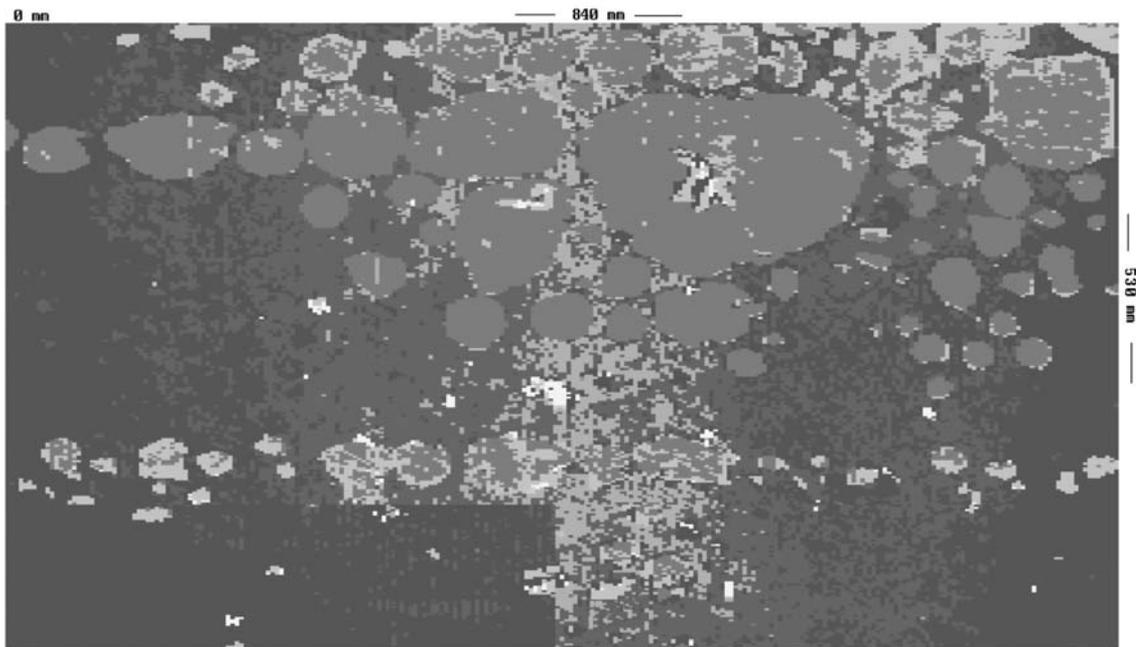


Рис. 8. Результаты ультразвукового сканирования участка исследуемого фрагмента обечайки теплообменника в зоне низкотемпературного сероводородного растрескивания после гидравлического нагружения пластической несплошности до 75 кгс/см^2

дольном и поперечном направлениях проката. Вместе с тем, нельзя исключить и влияние геометрических размеров несплошностей и их взаимодействие между собой на показания тензорезисторов (как видно из рис. 8, геометрические размеры несплошностей залегающих в продольном направлении несколько превосходят размеры аналогичных дефектов, расположенных в поперечном направлении). Кроме того, появление пластических перемычек, не выходящих на поверхность, между основным «пузырем» и рядом стоящими дефектами также может вносить существенную поправку в напряженно-деформированное состояние исследуемой области. Последнее по всей видимости и объясняет изменение угла наклона экспериментальной кривой на рис. 7, попадающей в расчетную область максимального изменения геометрического размера несплошности в сторону минимальной расчетной кривой 2. Так, при появлении пластических перемычек между «пузырем» и рядом стоящими дефектами в поперечном направлении, за расчетный диаметр должен приниматься размер с учетом близлежащих дефектов, связанных между собой пластическими перемычками, который, как видно из рис. 8, близок к 200...240 мм.

Более детальный анализ взаимодействия нескольких расслоений, расположенных на одном или различных уровнях по толщине стенки элемента [6–7], выходит за рамки данной статьи и представляет отдельную задачу.

Таким образом, как следует из анализа полученных экспериментальных данных, предложенная модель гидравлического выпучивания «пузыря» дает возможность для инженерной оценки

внутреннего давления в полости и может быть использована для дальнейшего анализа напряженного состояния стенки корпуса аппарата в зоне дефекта.

Что касается результатов тензометрирования наружной стенки в зоне «пузыря» (см. табл. 1, 2), то детальный их анализ будет выполнен в следующей статье.

В заключении следует еще раз подчеркнуть преимущества компьютеризированных систем контроля, позволяющих более точно прогнозировать возможный рост подобных дефектов и, как следствие, используя современные методы и подходы к оценке дефектостойкости сварных конструкций, определить оптимальные безопасные размеры подобного рода повреждений.

Выводы

Экспериментально подтверждена пригодность предложенной модели для инженерной оценки внутреннего давления в несплошности («пузыре») в зависимости от высоты ее пластического вздутия и геометрических размеров.

Выполненные исследования с дополнительным использованием современных компьютеризированных ультразвуковых систем контроля позволяют более точно оценить степень опасности дальнейшего развития взаимодействующих дефектов в зоне сероводородного растрескивания металла.

1. *Инженерный* подход к оценке допустимых размеров герметичных «пузырей» при техническом диагностировании нефтехимического оборудования, подвергнутого низкотемпературному водородному растрескиванию / В. П. Дядин, Е. А. Давыдов, А. Е. Литвиненко, Е. А. Гон-



- чар // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 2005. — № 1. — С. 16–20.
2. *Балуева А. В., Дашевский И. Н.* Модель роста газонаполненной трещины в материале // Изв. РАН. МТТ. — 1994. — № 6. — С. 113–118.
 3. *Колачев Б. А.* Водородная хрупкость металлов. — М.: Металлургия, 1985. — 216 с.
 4. *Джонсон Х. Х.* Водород в металлах / Под ред. Г. Алефенда и И. Фелькля. — М.: Мир, 1981. — С. 35–68.
 5. *Дядин В. П.* Сопоставление значений ударной вязкости образцов Шарпи и Менаже при вязком разрушении // Автомат. сварка. — 2004. — № 4. — С. 24–29.
 6. *Оценка предельного состояния конструкций с водородными расслоениями / В. М. Кушнарченко, М. И. Климов, Н. В. Холзаков, И. Ф. Миргородский // ФХММ. — 1990. — № 1. — С. 76–80.*
 7. *К прогнозированию развития расслоений в конструкциях при наводороживании / В. М. Кушнарченко, О. И. Стеклов, М. И. Климов, Н. В. Холзаков // Там же. — 1988. — № 1. — С. 98–100.*

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,
Киев

Поступила в редакцию
20.05.06

НОВЫЕ КНИГИ

Малайчук В. П., Мозговой О. В., Петренко О. М. *Інформаційно-вимірjuвальні технології неруйнівного контролю*: Навч. посіб. — Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2004. — 240 с.



Навчальний посібник містить математичні основи теорії проектування інформаційно-вимірjuвальних технологій у задачах неруйнівного контролю, технічної діагностики й оцінки стану навколишнього середовища. Розглянуті алгоритми контролю та перевірки технічних характеристик вимірjuвачів, дослідження помилок і методи класифікації вимірjuвачів за їх точностними характеристиками. Синтезовані алгоритми порівняння стану технологій виробництва за кількістю бракованих виробів у задачах «до і після», «тут і там» і вирішальні правила вибіркового контролю.

Розроблено теоретичні засади формування вирішальних правил розпізнавання методами оцінок параметрів законів, групового обліку аргументів А. Г. Івахненка, гістограмним методом і на основі відновлених законів розподілу рядами згладжених дельта-функцій.

Викладена теорія виявлення змін контрольованих процесів, де розглядаються задачі фільтрації, виявлення стрибків середнього значення та потужності шуму, стрибкоподібних змін функцій і законів розподілу.

Сформульовані також завдання для самостійної роботи студентів і теми курсових проектів.

Даний навчальний посібник виданий у такий спосіб, щоб при роботі з ним він міг перетворитися на індивідуальний конспект лекцій студента, на його особистий рукописний звіт про виконання навчальних завдань, про проведення комп'ютерних досліджень і про результати обчислювальних експериментів.

Малайчук В. П., Мозговой А. В. *Математическая дефектоскопия*: Днепропетровск: Системные технологии, 2005. — 420 с.

Большинство задач неразрушающего контроля связано с обработкой измерений, которые по своей физической природе являются случайными величинами. Измерения содержат информацию о состоянии контролируемых объектов и их числовых характеристик. Причинами случайности измерений являются шумы измерительных приборов, случайные изменения исходных материалов, неконтролируемые изменения технологических процессов, влияние окружающей среды. Чтобы получить информацию о состоянии контролируемых объектов, необходимо обработать измерения, т. е. путем их преобразования по определенным правилам оценить показатели, прямо или косвенно характеризующие контролируемые объекты. Монография посвящена задачам обработки измерений и формирования правил принятия решений о состоянии объектов или о изменении состояний.

Наиболее эффективные технологии неразрушающего контроля создаются совместными усилиями специалистов, которые разрабатывают или эксплуатируют объекты контроля, и специалистами, которые проектируют информационно-измерительные устройства и системы. Знания, систематизированные и изложенные в монографии, будут полезны как тем, так и другим, а также студентам вузов.



По вопросу приобретения монографии и учебного пособия обращаться по адресу:

**НПП «Машиностроение», г. Днепропетровск,
факс 38(0562)34-04-93, тел. 38(0562) 35-07-49, тел. 38(056) 372-85-04 (многоканальный)**