

В.А. КАЧАНОВ, канд. хим. наук, **Ю.Б. ДАНИЛОВ**, докт. техн. наук,
Е.К. ГВОЗДИКОВА, **Т.Э. ШЕПТЛЬ**,
В.Ю. КОЗИН, ОАО «УкрНИИхиммаш»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА ИЗ СТАЛИ 08X13

В статті наведені результати дослідження причин руйнування трубного пучка теплообмінника, виготовленого із сталі 08X13, наведені причини його виходу зі стою та рекомендації по його подальшій експлуатації.

В статье приведены результаты исследования причин разрушения трубного пучка теплообменника, изготовленного из стали 08X13, указаны причины его выхода из стою и рекомендации по его дальнейшей эксплуатации.

The article presents the results of the causes of the destruction of the pipe bundle heat exchanger, made of steel 08N13, the reasons for his departure from the stand and recommendations for its further exploitation.

Решаемые проблемы:

Для установления причин выхода из строя трубного пучка кожухотрубчатого теплообменника из стали 08X13 установки ЭЛОУ АВТ нефтеперерабатывающего предприятия, эксплуатирующегося на подогреве вырой нефти керосиновой фракцией

Теплообменный аппарат находился в эксплуатации более 20 лет при гарантийном сроке службы трубного пучка 10 лет, после вывода из эксплуатации хранился 1,5 года под азотной подушкой. Перед повторным вводом в эксплуатацию аппарат был разгерметизирован, спустя 2 месяца прошел гидротиспытания и был введен в повторную эксплуатацию. При этом трубный пучок подвергался стояночной (атмосферной) коррозии, при которой на поверхности металла конденсируется влага и процесс коррозии идет в тонком слое конденсата, локализуясь на нижней поверхности труб (рис. 1).

Как видно из рисунка, наиболее интенсивное разрушение наблюдается на трубе со стороны межтрубного пространства, которое локализуется на одной части трубы (рис. 1а и в).

Имеет место язвенное разрушение глубиной от 0,02 до 1,8 мм (сквозное разрушение), что свидетельствует о конденсации влаги на нижней образую-

щей, приводящей к локализации коррозионного процесса в виде язвенных поражений.

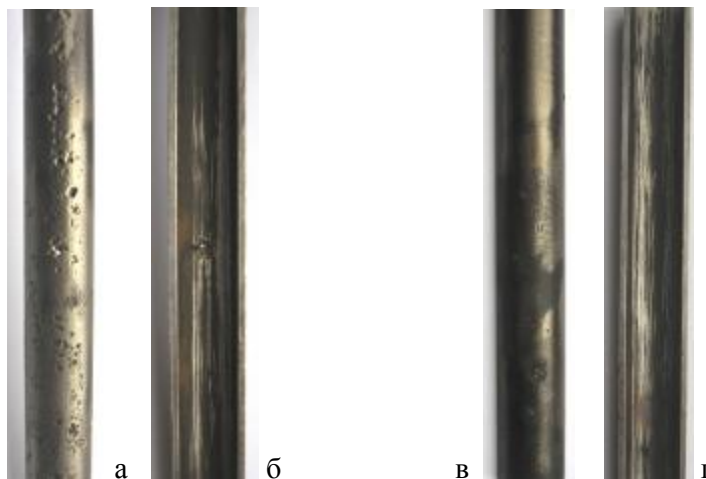


Рис. 1. Внешний вид разрушившейся трубы:
- интенсивно разрушенная сторона: а – снаружи, б – изнутри;
- мало разрушенная сторона: в – снаружи, г – изнутри.

С внутренней стороны также наблюдаются отдельные участки язвенного разрушения глубиной до 1,15 мм (рис. 1 б и г).

Трубный пучок был изготовлен из труб 20 × 2,5 мм.

Толщина представленного для испытаний образца трубы составила от 1,65 до 1,8 мм.

То есть, скорость общей коррозии составила около 0,05 – 0,07 мм/год и язвенной 0,1 – 0,12мм/год.

Постановка задачи:

Для выяснения причины разрушения трубного пучка были проведены металлографические и коррозионно-электрохимические исследования металла, вырезанного из теплообменника.

Проведенный химический анализ показал, что по химическому составу металл трубы соответствует стали 08Х13 по ГОСТ 5632.

Для исследования характера разрушения были проведены металлографические исследования.

Структура металла ферритная, соответствующая стали 08Х13 (рис. 2).

Характер разрушения со стороны межтрубного пространства – язвенный (рис. 3), со стороны трубного пространства – также точечно-язвенный (рис. 4).

Растрескивания металла не наблюдается.

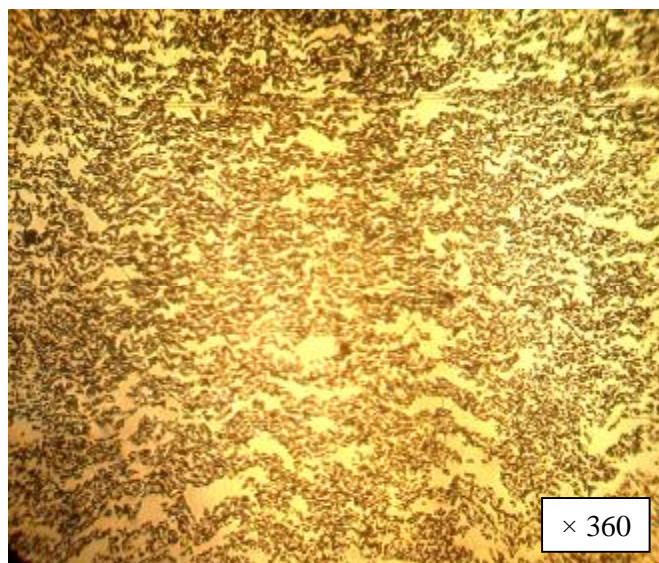


Рис. 2. Микроструктура разрушившейся трубы из стали 08X13



Рис. 3. Интенсивное язвенное разрушение наружной стенки трубы.

На рис. 5 представлено распределение микротвёрдости по сечению стенки трубы.

Как видно из рисунка, значения микротвёрдости увеличиваются к внешнему краю, что связано с деформационными напряжениями, возникшими в процессе обжатия трубы при её изготовлении (наклёп).

На сильноразрушившейся части трубы наблюдается понижение микротвёрдости вблизи наружной стенки, что связано с перераспределением напряжений вблизи язвенных разрушений.

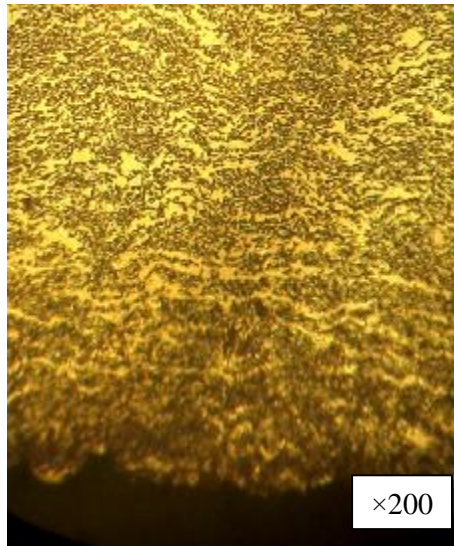


Рис. 4. Точечно-язвенное разрушение внутренней стенки трубы

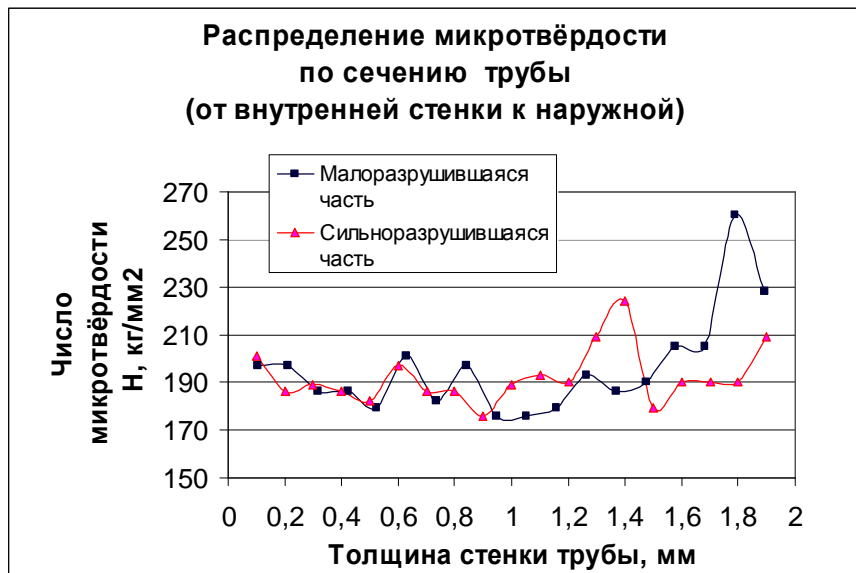


Рис. 5. Распределение микротвёрдости по сечению стенки трубы

Наиболее агрессивной рабочей средой является сырая нефть, подающаяся в трубное пространство, в которой присутствуют хлориды, сероводород и вода.

Керосиновая фракция, подающаяся в межтрубное пространство, гораздо менее агрессивна, чем рабочая среда в трубном пространстве.

Однако, при сквозном язвенном поражении трубок со стороны трубного пространства возможно попадание нефти, содержащей хлориды и сероводород, в керосиновую фракцию, что могло стать причиной возникновения яз-

венной коррозии [1]. В процессе стояночной коррозии после вывода теплообменника из эксплуатации язвенное разрушение усугубилось.

Для оценки агрессивности рабочих сред проведены электрохимические исследования образцов стали 08X13, вырезанных из трубы, подвергшейся разрушению, а также образцов из проката сталей 08X13 и 12X18H10T в условиях конденсата, содержащего 29 г/л NaCl и 100 мг/л сульфид натрия при $\text{pH} = 7,5$ и в растворе, содержащем только сульфид натрия до 10 г/л при $\text{pH} = 8$, и температуре вблизи температуры кипения.

Состав конденсата рассчитан по содержанию хлоридов, сероводорода и воды в нефти.

В растворе, содержащем хлорид натрия, сталь 08X13 не пассивируется и подвергается точечно-язвенной коррозии вблизи потенциала коррозии и возникшие язвы не пассивируются даже отрицательнее потенциала коррозии (рис. 6 а), что согласуется с результатами опыта эксплуатации трубного пучка теплообменника.

Исследование стали 08X13 в отсутствие ионов хлора показало, что даже при наличии сульфида натрия в количестве 10 г/л язвенного разрушения стали не наблюдается (рис. 6 б).

Таким образом, применение стали 08X13 для трубного пучка при $\text{pH} 7,5$ и ниже (слабокислая среда) не желательно в связи со склонностью стали к язвенному разрушению вблизи потенциала коррозии.

Сравнительное исследование стали 12X18H10T (рис. 7а,б) в указанных условиях показало ее преимущество перед сталью 08X13 с точки зрения подверженности точечно-язвенной коррозии.

Сталь корродирует из устойчивого пассивного состояния и может быть рекомендована для изготовления трубного пучка при pH не менее 7,5.

Следовательно, основной причиной интенсивной язвенной коррозии участка трубы со стороны межтрубного пространства является попадание ионов хлора в керосиновую фракцию.

Язвенное поражение усугубляется стояночной (атмосферной) коррозией, которая, по-видимому, явилась следствием конденсации на поверхности металла влаги во время вывода теплообменника из эксплуатации (хранения, после разгерметизации и гидроиспытаний) [2].

Со стороны трубного пространства наблюдающаяся точечно-язвенная коррозия глубиной более 1мм вызвана присутствием в рабочей среде ионов хлора и сероводорода.

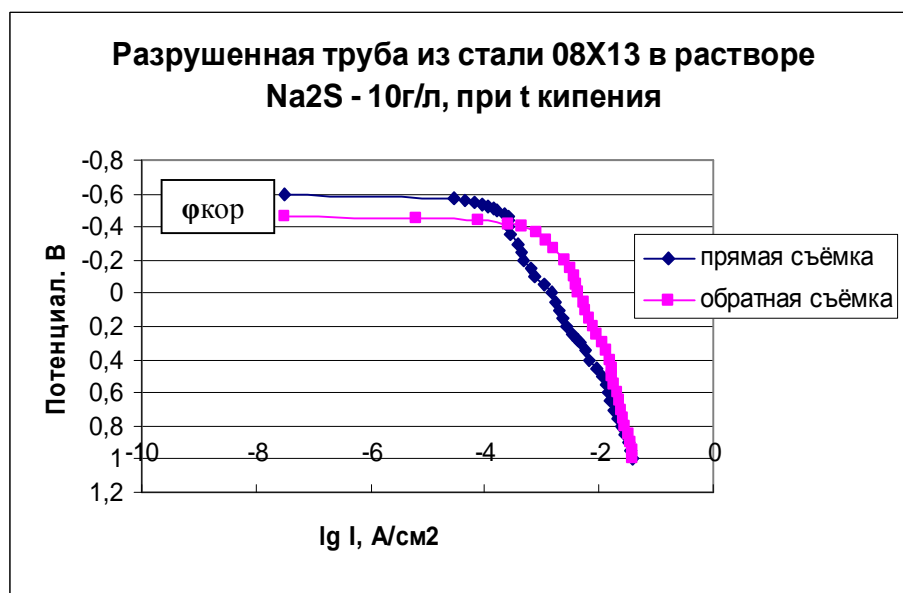
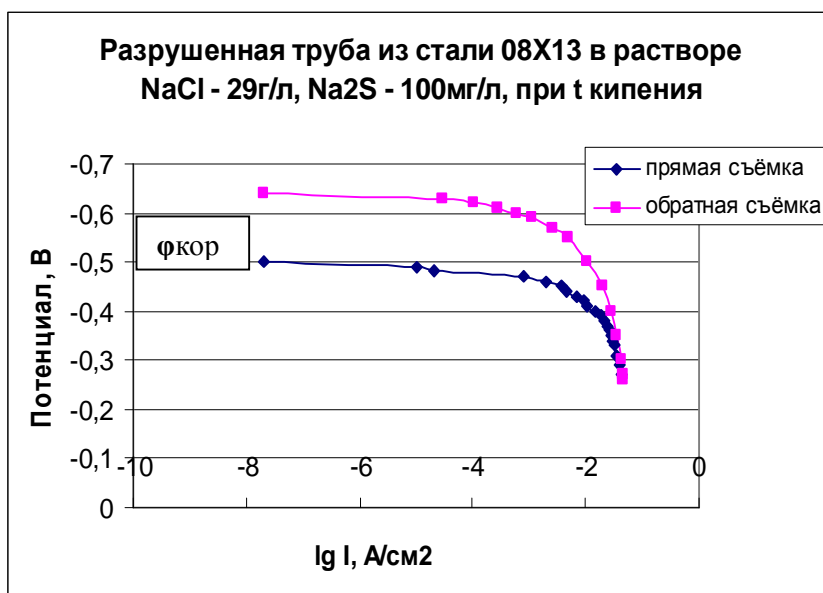


Рис. 6. Исследование коррозии стали 08X13

Для предотвращения точечно-язвенной коррозии рекомендуем проводить защелачивание исходного сырья до рН 8 – 9 перед подачей его в теплообменник.

Для сравнения были проведены электрохимические исследования Ст. 20 в растворе, содержащем ионы Cl⁻.

Как видно из рис. 8, сталь 20 корродирует из активного состояния.

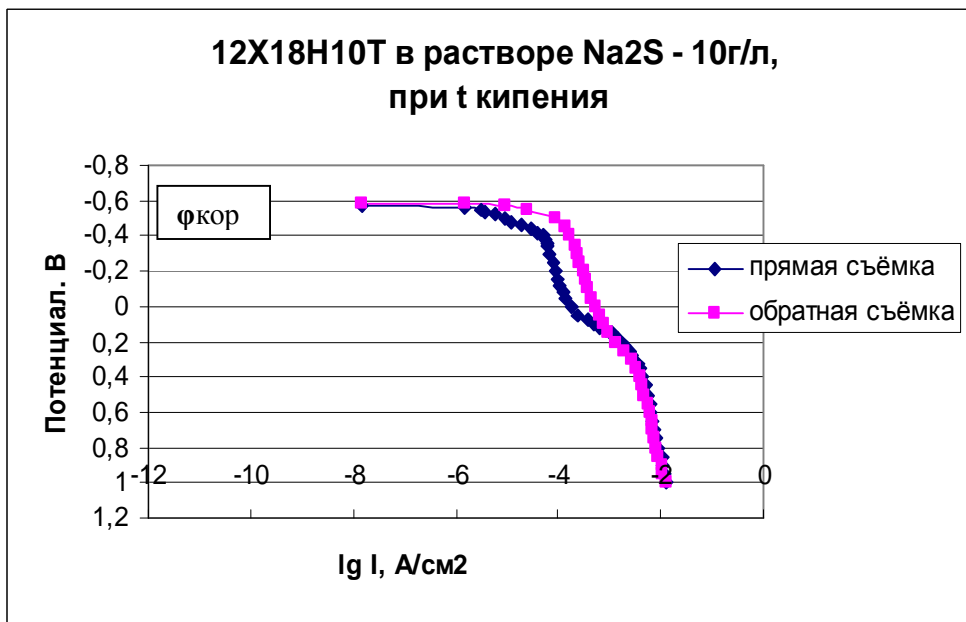
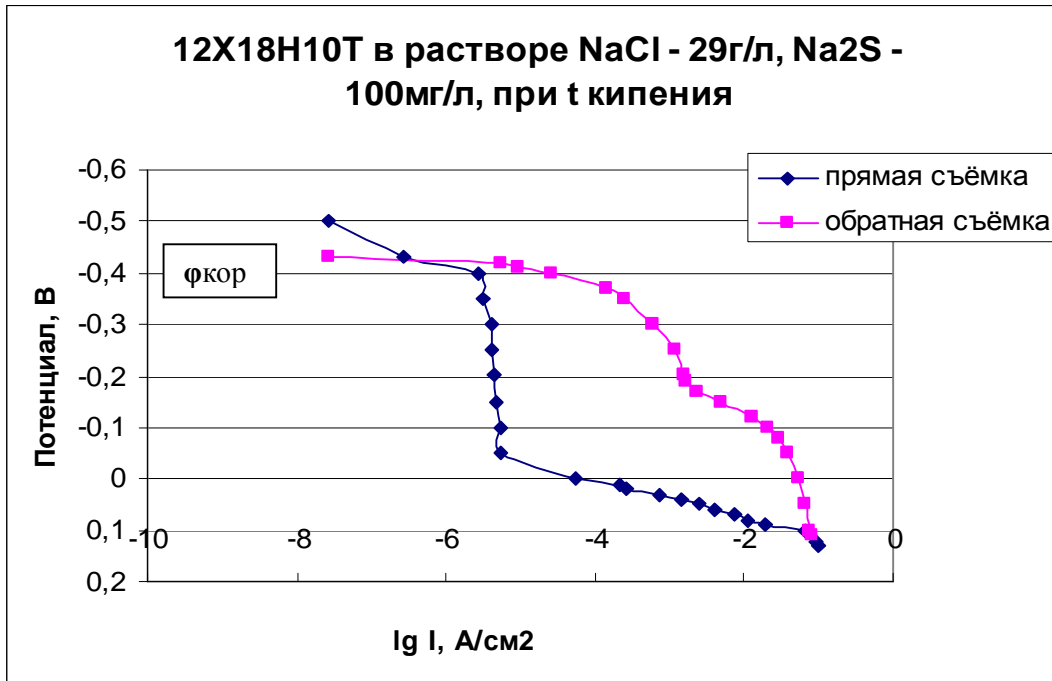


Рис. 7. Исследование коррозии стали 08X13 для трубного пучка при рН 7,5 и ниже

Скорость коррозии достигает 0,3 – 0,5мм/год.

Однако, сталь 20 менее подвержена язвенному разрушению, чем нержавеющие стали.

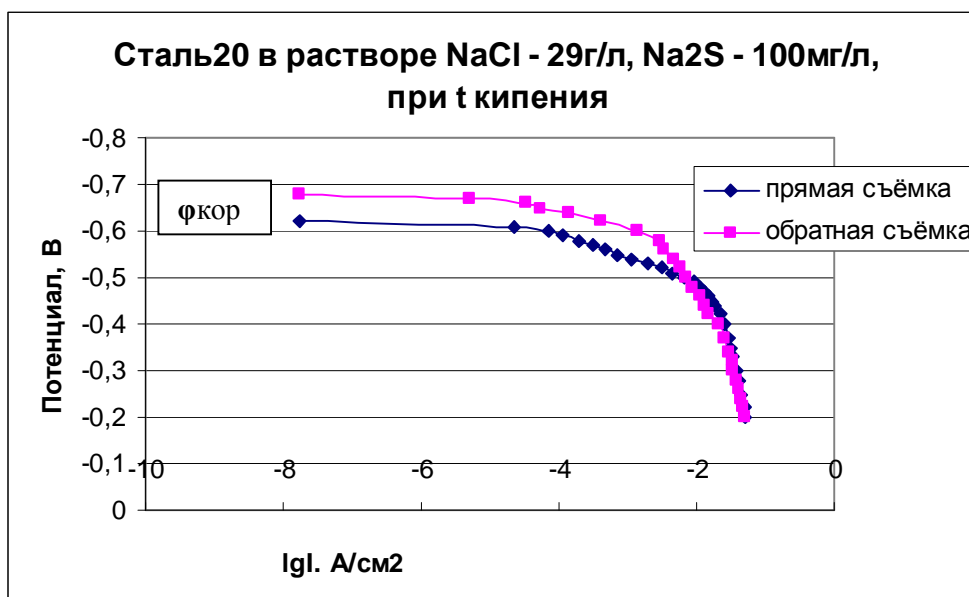


Рис. 8.

Выводы:

1. Основной причиной разрушения теплообменника явилось значительное содержание ионов хлора в перерабатываемом сырье при отсутствии подщелачивания нефти перед подачей в теплообменник, а также стояночная коррозия при выводе теплообменника из эксплуатации.

2. На основании проведенных исследований сталь 08X13 может быть рекомендована в качестве конструкционного материала для трубного пучка теплообменника Т-3/3 со сроком службы 10 лет при жёстком соблюдении условий эксплуатации и защелачивании исходной нефти перед подачей в теплообменник до рН не менее 8 – 9. При выводе теплообменника из эксплуатации он должен быть пропарен, высушен и законсервирован азотом. При расконсервации теплообменника время до ввода в эксплуатацию должно быть минимальным (2 – 3 суток).

3. Сталь 20 может быть рекомендована в качестве конструкционного материала для изготовления трубного пучка теплообменника с ограниченным сроком службы (согласно РТМ 26-02-39-77 – до 5 лет). Скорость коррозии более 0,5 мм/год, сталь менее подвержена язвенной коррозии по сравнению с нержавеющими сталями.

Список литературы: 1. Нефтеперерабатывающая промышленность: справочное руководство / под. ред. А.М. Сухотина. – Л.: «Химия», 1990. – 396 с. 2. В.А. Качанов. Точечно-язвенная и щелевая коррозия аустенитных сталей в оборотных водах / В.А. Качанов, Л.А. Ключникова, Т.А. Балак / Вестник Харьковского ГПУ «ХПИ». – 2000. – Вып. 115. – С. 61.