

УДК 66.018.83

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ
ВАКУУМНОГО БЛОКА УСТАНОВКИ ВИСБРЕКИНГ
НПЗ ОАО «ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ»**

**STUDY OF VACUUM BLOCK CORROSION STATE IN VISBREAKING
UNIT JSC "GAZPROM NEFTEKHIM SALAVAT"**

Галин А.М., Садретдинов И.Ф., Алябьев А.С.,
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация
ООО «Научно-технический центр Салаватнефтеоргсинтез»,
г. Салават, Российская Федерация

A.M. Galin, I.F. Sadretdinov, A.S. Alyab'ev
FSBEI NPE "Ufa State Petroleum Technological University",
Ufa, Russian Federation
Ltd. "Research and technology center Salavatnefteorgsintez", Salavat,
Russian Federation
e-mail: 28sif@snos.ru

Аннотация. В работе представлен анализ коррозионного состояния вакуумного блока установки висбрекинг ОАО «Газпром нефтехим Салават», проведенный на основе данных мониторинга 2012-2013гг. Рассмотрены марки стали, используемые при изготовлении основного технологического оборудования вакуумного блока (ректификационная колонна, эжектора, теплообменники, емкости, трубопроводы), и их коррозионная стойкость. Дана краткая характеристика технологических параметров установки, проанализированы возможные зоны коррозионного поражения. Приведены результаты анализа водного конденсата из холодильников и рефлюксных емкостей по показателям pH, массовая доля

растворенного железа, массовая доля хлоридов. Показано, что водородный показатель находится в диапазоне 5,5-8,8 ед., а максимальное содержание общего растворенного железа составляет 8,9 мг/дм³. В статье также даны результаты измерений скорости коррозии в лабораторных условиях отобранного с установки водного конденсата электрохимическим и гравиметрическими способами, которая составила величину порядка 0,15-0,2 мм/год.

В статье отражены результаты обследования технологического оборудования в период ремонта установки висбрекинг в 2013 г - эжекторов, барометрической и гидрозатворной емкостей, холодильников 1-4 ступеней конденсации - на наличие следов коррозии и коррозионных повреждений. По результатам обследования сделан вывод, что состояние оборудования удовлетворительное, что также было подтверждено специальными испытаниями.

Далее в работе представлен анализ данных замеров толщины металла трубопроводов вакуумного блока установки в 2012 и 2013 гг, согласно которым были обнаружены участки труб, где скорость коррозии составляет 0,5-3,0 мм/год. В связи с этим даны рекомендации по применению трубопроводов из коррозионностойких марок стали на участках, наиболее подверженных коррозии.

С целью комплексного и долговременного решения вопроса коррозии на вакуумном блоке рекомендуется внедрение элементов химико-технологической защиты от коррозии с применением соответствующих реагентов.

Abstract. The paper presents an analysis of the corrosion state the vacuum block of visbreaking unit JSC "Gazprom neftekhim Salavat", provided on the monitoring data during 2012 – 2013 years. Examined steel grades which used at the manufacturing of basic technological equipment of the vacuum unit, (distillation column, ejectors, heat exchangers, tanks, pipelines) and corrosion resistance of them. Given the brief characteristic of technological parameters,

analyzed the possible areas of corrosion damage. Results of the analysis of the condensation water from reflux drums and heat exchangers in terms of pH, dissolved iron mass fraction, mass fraction of chlorides. It is shown that the pH value is in the range of 5,5-8,8 units, and the maximum content of total dissolved iron is 8,9 mg/dm³. This article also shows the results of measurement of corrosion rate of the selected aqueous condensate in a laboratory by electrochemical and gravimetric methods. Results were within 0,15-0,2 mm/year.

The paper presents survey results of process equipment during the renovation of a visbreaking unit in 2013 – ejectors, barometric and water seal vessels, heat exchangers of 1-4 condensation stages - on presence of traces corrosion and corrosion damage. Based on analysis it was concluded that the state of the equipment is satisfactory, which was confirmed by special tests.

Further work presents an analysis of data measuring the thickness of the vacuum unit metal pipe during the 2012 and 2013, according to which the pipe sections in some places have the corrosion rate up to 0,5-3,0 mm/year. Therefore we recommended for the use of pipelines from corrosion-resistant steel in the areas most exposed to corrosion.

For integrated and lasting solution to the question of corrosion on the vacuum unit recommended the introduction of chemical engineering corrosion protection with using of reagents.

Ключевые слова: вакуумный блок, коррозия, висбрекинг, обследование, коррозионное состояние, коррозионный мониторинг, химико-технологическая защита.

Key words: Vacuum unit, corrosion, visbreaking, inspection, corrosion condition, corrosion monitoring, chemical-protection technology.

Установка висбрекинга ОАО «Газпром нефтехим Салават» была введена в эксплуатацию в 2008 году. Базовый проект установки

разработан голландским представительством фирмы Shell Global Solutions Int. Рабочее проектирование выполнила компания ОАО НПК «Кедр-89» [1].

Основное предназначение процесса висбрекинга - снижение вязкости сырья - гудрона с установок вакуумной перегонки, за счет процесса термического крекинга в мягких условиях [2]. Снижение вязкости позволяет уменьшить количество высококачественных дистиллятов, которое необходимо добавлять к висбрекинг-остатку для получения товарного продукта - мазута М-100. Расчетная производительность установки висбрекинга ОАО «Газпром нефтехим Салават» по сырью (гудрону) составляет 1500 тыс. тонн в год. Ввод этой установки позволил увеличить глубину переработки нефти в ОАО «Газпром нефтехим Салават» и приступить к выработке товарных мазутов из тяжелых нефтяных остатков НПЗ без вовлечения светлых и газойлевых фракций [1].

Вакуумный блок установки висбрекинг представлен колонной К-3301, которая работает по схеме «сухой» перегонки, т.е. без подачи водяного пара.

Остаточное давление наверху колонны 1,2 - 3,0 кПа, температура 80-85°C. Вакуум поддерживается четырехступенчатым пароэжекторным насосом, каждая ступень которого включает два эжектора. В эжекторы подается водяной пар среднего давления, для конденсации используются водяные конденсаторы-холодильники. Сконденсировавшиеся нефтепродукты и кислая вода поступают в барометрическую и гидрозатворную емкости С-3301 и С-3302, соответственно, где разделяются и выводятся с установки (рисунок 1) [3].

При конструировании и строительстве установки применялись различные марки сталей (таблица 1). Колонна, эжектора и рефлюксные емкости изготовлены из легированных коррозионностойких сталей, теплообменники из низколегированных, а трубопроводы из обычных

марок сталей. Следовательно, особое внимание при коррозионном мониторинге необходимо уделять трубопроводам и теплообменникам.

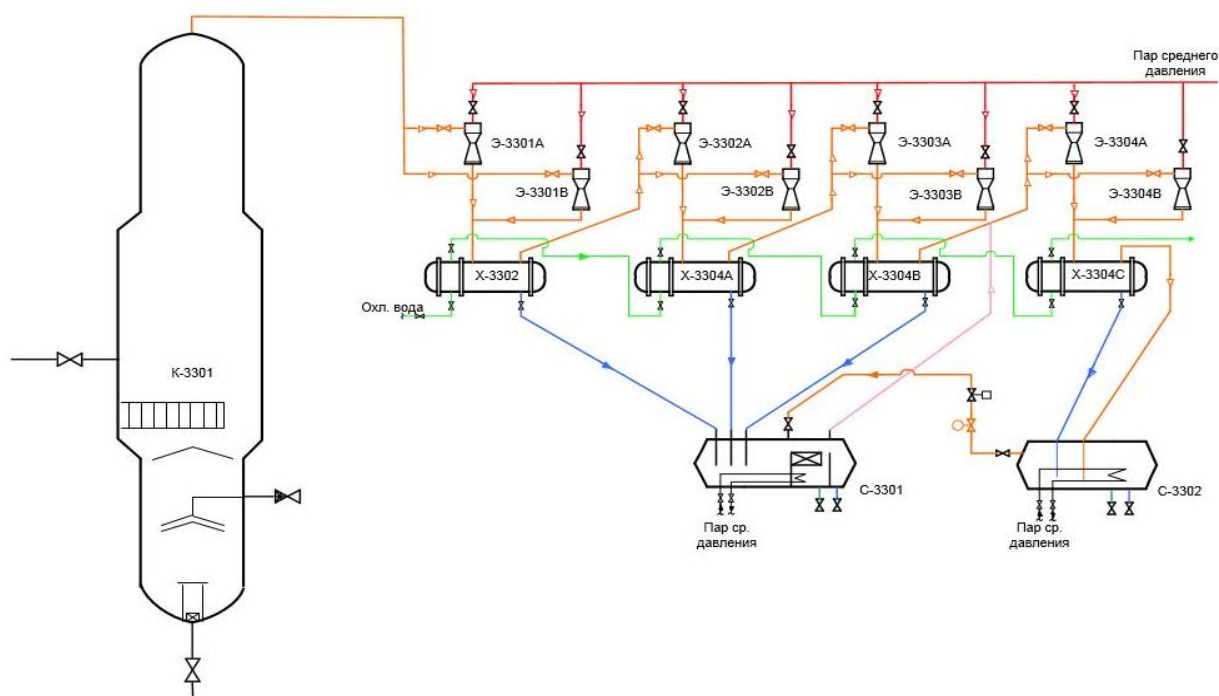


Рисунок 1. Блок-схема вакуумного блока установки висбрекинг К-3301 - вакуумная колонна; Э-3301А/В - Э-3304 А/В – эжектора; Х-3302, Х-3304А/В/С – холодильники-конденсаторы; С-3301 – барометрическая емкость; С-3302 - гидрозатворная емкость.

Таблица 1. Краткая характеристика марок сталей оборудования вакуумного блока.

№	Технологическое оборудование	Марка стали согласно ТР	Краткая характеристика марки стали [5]
1	Вакуумная колонна К-3301	09Г2С+08Х13	Двухслойные коррозионно-стойкие листы с плакирующим слоем из коррозионно-стойкой стали.
2	Вакуум-эжектор 1-4 ступени эжекции Э-3301 А/В - Э-3304 А/В	09Г2С-4, 10Г2	Покрытие из конструкционной легированной стали.
3	Барометрическая емкость (1 ступень конденсации) - С-3301 Гидрозатворная емкость (2 ступень конденсации) - С-3302	09Г2С-6 + 12Х18Н10Т	Двухслойные коррозионно-стойкие листы с плакирующим слоем из коррозионно-стойкой криогенной стали.
5	Конденсаторы паров после вакуум-эжектора (1-4 ступень конденсации) Х-3302 А/В, Х-3304А/В/С	09Г2С-6, сталь 20	Сталь конструкционная низколегированная
6	Трубопроводы, обвязка	сталь 20	Сталь конструкционная углеродистая качественная

В течение 2012-2013 г проводился выборочный мониторинг показателей качества кислой воды с рефлюксной емкости С-3301 и теплообменников Х-3302 А/В и Х-3304 А/В/С. Так, по данным анализа водяного конденсата с вышеперечисленных теплообменников, проведенного в мае 2012 года, водородный показатель (рН) находился в диапазоне 5,5-8,8 ед., а содержание общего растворенного железа не превышало 2,1 мг/дм³ (таблица 2).

Таблица 2. Результаты анализа водяного конденсата из холодильников Х-3302А, Х-3304-А,В,С.

Место отбора	рН	Массовая концентрация, мг/дм ³			
		Хлор ионы	Сульфид ионы	Сумма растворенной и нерастворенной форм железа	Железо, растворенное общее
28.05.2012					
Х-3302А	5,7	0,07	11,2	8,3	1,2
Х-3304А	8,3	0,1	48	1,2	0,3
Х-3304В	6,5	0,03	46,4	1,5	2,1
Х-3304С	6,6	0,08	36	18,8	1,2
30.05.2012					
Х-3302А	8,8	0,11	7,6	40,3	1,6
Х-3304А	6,6	0,04	92	2,8	0,2
Х-3304В	6,7	0,05	104	0,9	0,2
Х-3304С	5,5	0,17	57,6	13,3	2,1
31.05.2012					
Х-3302А	8,2	4,95	0,9	4,2	0,1
Х-3304А	7,5	6	22,4	0,2	0,03
Х-3304В	7,7	8,81	23,3	5,7	1,4
Х-3304С	7,6	7,37	16,8	0,07	0,07

Данные анализа воды из емкости С-3301 и тех же теплообменников в апреле-мае 2013 года показали значения рН=5,48-8,10ед., а общего растворенного железа в пределах 1,4-8,9 мг/дм³ (таблицы 3,4).

Таблица 3. Результаты анализа воды из рефлюксной емкости С-3301 (апрель 2013 г).

Наименование показателя	Емкость С-3301		
	3.04.13	10.04.13	17.04.13
Водородный показатель, рН, ед	7,22	6,35	6,56
Массовая концентрация растворенного железа общего, мг/дм ³	8,9	6,8	4,9

Таблица 4. Результаты анализа водяного конденсата из теплообменников Х-3302 А/В и Х-3304 А/В/С (апрель-июль 2013 г).

Наименование показателя	Х-3302 А		Х-3304В		Х-3304С	
	23.04	20.06	20.06	03.07	20.06	03.07
рН, ед	8,10	7,11	5,70	6,06	5,48	5,80
Массовая концентрация растворенного железа общего, мг/дм ³	1,4	1,5	1,9	2,6	2,4	2,3

Таким образом, значения рН и содержание растворенного общего железа в воде из рефлюксной емкости С-3301 и конденсата из теплообменников Х-3302 А/В, Х-3304 А/В/С имели значения, при которых коррозионные процессы идут с невысокой скоростью, однако граничные значения рН=5,5 ед. и $C_{\text{Fe}_{\text{раст. общ.}}}=8,9$ мг/дм³ вызывают настороженность, особенно, учитывая тот факт, что контроль данных параметров не входит в регламентный график аналитического контроля установки висбрекинг.

Далее были проведены лабораторные измерения скорости коррозии гравиметрическим методом по ГОСТ 9.506-87, который заключается в определении потери массы металлических образцов за время их пребывания в исследуемой среде с последующим расчетом скорости коррозии.

В качестве исследуемой среды использовали воду из емкости С-3301, материал металлических пластин – сталь СтЗсп. Измеренная гравиметрическим методом скорость коррозии в бескислородной среде составила величину 0,15 мм/год.

На следующем этапе были проведены замеры скорости коррозии электрохимическим способом с помощью коррозиметра Монитор-2М с двухэлектродным датчиком поляризационного сопротивления и электродами из стали марки СтЗсп в бескислородной среде.

На рисунке 2 показана кривая скорости коррозии, снятая в водном конденсате, отобранном 03.04.2013 г. из емкости С-3301.

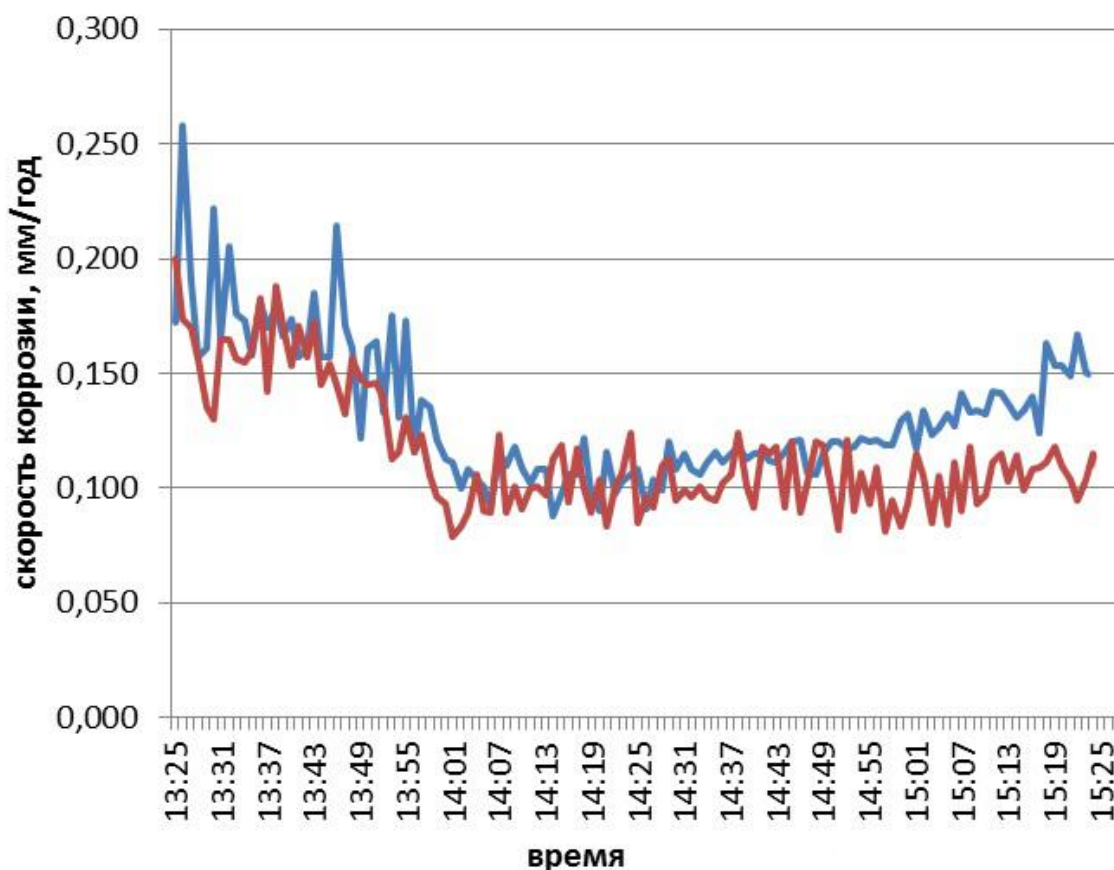


Рисунок 2. Кривая скорости коррозии в воде с емкости С-3301 от 03.04.2013 г. (два параллельных измерения).

Из рисунка 2 следует, что скорость коррозии (в воде с емкости С-3301 от 03.04.2013 г. не превышает в среднем 0,15 мм/год). Измеренные значения хорошо согласуются с данными гравиметрических измерений.

Далее измерили скорость коррозии электрохимическим способом конденсата с холодильника Х-3302А от 23.04.2013 г. аналогичным образом. В данном аппарате можно было бы ожидать наибольшую коррозионную агрессивность среды, поскольку это холодильник первой ступени конденсации. Результаты измерений показали, что вид кривой скорости коррозии аналогичен рисунку 2 и скорость коррозии составляет порядка 0,15 мм/год.

Таким образом, проведенные лабораторные эксперименты по измерению скорости коррозии гравиметрическим и электрохимическим способами некоторых проб воды с емкости С-3301 и холодильника Х-3302А показали, что скорость коррозии в исследованных средах не превышает 0,15 мм/год.

Полученные значения скорости коррозии хорошо согласуются с измеренными значениями рН и содержания общего растворенного железа в рассматриваемых пробах.

В сентябре-октябре 2013 г проводился плановый текущий ремонт установки висбрекинг, в период которого было проведено вскрытие и обследование состояния основного технологического оборудования, наиболее подверженного коррозии.

Осмотр эжекторов и емкостей С-3301, С-3302 показал отсутствие следов коррозии на внутренних поверхностях оборудования. Затем был проведен осмотр конденсационно-холодильного оборудования на предмет наличия следов коррозии и отложений. Так, на поверхности пучков холодильников Х-3302 А/В, Х-3304А следов коррозии не обнаружено, отложения присутствуют в незначительном количестве. На пучках холодильника Х-3304В отмечено несколько большее количество отложений. Значительное количество отложений выявлено при осмотре пучков холодильника Х-3304С, в отличие от всех ранее обследованных холодильников вакуумного блока, при отсутствии заметных коррозионных повреждений.

Таким образом, при обследовании конденсационно-холодильного оборудования вакуумного блока отмечено следующее:

- следов коррозии и коррозионных повреждений на поверхности пучков холодильников не отмечено;

- при переходе от первой к четвертой ступени эжекции наблюдается увеличение количества отложений на пучках соответствующих холодильников.

- эжектора и внутренние поверхности барометрической С-3301 и гидрозатворной С-3302 емкостей не имеют коррозионных повреждений.

В период ремонта 2013 г все теплообменники вакуумного блока были подвергнуты специальным испытаниям для определения их годности к дальнейшей эксплуатации, при этом отклонений или снижения прочности в результате коррозионного воздействия отмечено не было.

На следующем этапе мониторинга были проанализированы данные измерений толщины стенок трубопроводов вакуумного блока в 2012-2013 гг. Было установлено, что на некоторых участках трубопроводов по данным замеров 2013г. имеет место снижение толщины металла на величину от 0,5 мм и более по сравнению с данными 2012 году. В таблице 5 приведены точки трубопроводов со снижением толщины стенок на 0,5 мм и более с указанием типа участка (отвод, врезка или прямой участок). При этом учитывались только те данные, которые хорошо коррелируют с проектной толщиной трубопровода и данными толщинометрии, полученными в предыдущие периоды.

Таблица 5. Точки на трубопроводах вакуумного блока со снижением толщины (s) стенок на 0,5 мм и более.

Трубопровод, рег. №	№ точки на схеме замеров	s по данным 2012 г, мм	s по данным 2013 г, мм	Уменьшение s за 1 год, мм	Характер участка
7034	3б	3,6	3,1	0,5	врезка
	3в	3,6	3,1	0,5	
	13в	3,6	3,1	0,5	
7035	18а	4,9	4	0,9	отвод
	18б	4,5	4	0,5	
	18в	4,9	4,1	0,8	
	18г	4,7	4,2	0,5	
	12в	5	4,4	0,6	
	12ж	5,1	4,4	0,7	
7036	2а	4,3	3,8	0,5	отвод
	2б	4,4	3,8	0,6	
	2г	4,7	3,9	0,8	
	3а	5	4,4	0,6	прямой уч.
	4г	5,1	4	1,1	отвод
	10а	5,1	4,6	0,5	прямой уч.
	11г	4,8	4,3	0,5	отвод
7037	24а	10,5	7,8	2,7	прямой уч.
	24б	10,6	7,6	3	
	24в	9,8	8	1,8	
	26а	9,5	9	0,5	
7038	1а	7,4	6,8	0,6	отвод
	5б	8,4	7,8	0,6	врезка
	5в	8,6	7,9	0,7	прямой уч.
	7в	9,9	9,1	0,8	отвод
	14а	11,8	10,9	0,9	врезка
	19в	11,7	10,9	0,8	прямой уч.
	19г	11,9	11,1	0,8	
	20б	9,6	9	0,6	
7039	5а	5,2	4,7	0,5	врезка
	5б	5,2	4,4	0,9	
	5в	5	4,3	0,7	
7040	6г	7,8	7,3	0,5	отвод
	37г	8,1	7,5	0,6	врезка
7041	8б	10,4	9,2	1,2	прямой уч.
	8в	9,9	9,4	0,6	
	17а	10,1	9,5	0,6	отвод
	16е	8,3	7,8	0,5	
7042	Уменьшение s на 0,5 и более мм не установлены				
7043	12а	5,6	4,9	0,7	прямой уч.
	17ж	6	5,5	0,5	отвод
	19г	7,8	7,1	0,7	
	19ж	4	3,5	0,5	
	32а	4,4	3,9	0,5	
	34а	5,5	4,9	0,6	
	34б	5,4	4,8	0,6	

Анализ таблицы 5 показал, что:

- на всех рассмотренных трубопроводах вакуумного блока, за исключением одного, имеются участки с потерей толщины металла более 0,5 мм за период работы 1 год;

- наибольшее количество участков с потерей толщины металла более 0,5 мм сосредоточены на трубопроводах 1 и 2 ступени конденсации, при переходе к 3 и 4 ступеням наблюдается уменьшение их количества;

- наибольшая потеря толщины металла за 1 год зафиксирована в точке 24а,б,в трубопровода №07037 несконденсировавшихся паров углеводородов из X-3202 А/В в вакуум-эжекторы 2-ой ступени Э-3302 А/В, которая составила 2,7 мм, 3,0 мм, 1,8 мм, соответственно;

- значительное количество «проблемных» участков, как ожидалось, сосредоточено на отводах трубопроводов.

Данные толщинометрии несколько противоречат ранее полученным результатам измерений физико-химических показателей (рН, $C_{\text{Feраст}}$) водяного конденсата и скорости коррозии. Данное несоответствие объясняется, вероятно, тем, что свойства агрессивной среды («кислой» воды) непостоянны и могут значительно изменяться в различные временные промежутки. На агрессивность среды могут оказывать воздействие множество факторов, а именно: свойства исходного сырья, принятого на первичную переработку; загрузка установки висбрекинг сырьем; эффективность защелачивания сырья в процессах первичной переработки нефти на установках АВТ, параметры работы вакуумной колонны установки висбрекинг и др.

Выводы

Проведенный коррозионный мониторинг вакуумного блока установки висбрекинг НПЗ ОАО «Газпром нефтехим Салават» показал, что в имеющейся среде скорость коррозии составляет величину 0,15-0,2 мм/год, согласно результатам лабораторных измерений; в то же время, по данным

замеров толщины металла обнаружены участки трубопроводов, где скорость коррозии составляет 0,5-3,0 мм/год.

Коррозионному воздействию, в первую очередь, подвержено оборудование, изготовленное из некоррозионностойких марок сталей (трубопроводы, конденсационно-холодильное оборудование).

В качестве первоочередной меры по защите от коррозии рекомендуется замена некоторых трубопроводов вакуумного блока на аналогичные по параметрам, но изготовленные из коррозионностойких марок стали.

В целях комплексного и долговременного решения проблемы коррозии и защиты всего оборудования вакуумного блока на линии от колонны К-3301, включая эжектора, рекомендуется разработка и внедрение химико-технологической защиты от коррозии с применением реагентов.

Список используемых источников

1 Ефремов А.В. Ввод в эксплуатацию новой установки висбрекинга в ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» // Химия и технология топлив и масел. 2010. № 4. С. 14-18.

2 Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа //Уфа: издательство «Гилем», 2002. С. 378-381.

3 Ахмадова Х.Х. Становление и развитие отечественных систем термического крекинга // Дис.... д-ра техн. наук. 2013. С. 370-372.

4 Технологический регламент установки висбрекинг, ООО «Газпром нефтехим Салават». 2008. С. 28-29.

5 Арзамасов В.А. Конструкционные материалы: Справочник / М.: Машиностроение, 2005. С. 17-20, 379.

References

1 Efremov A.V. Vvod v ekspluatatsiyu novoy ustanovki visbrekinga v ОАО «Salavatnefteorgsintez» // Khimiya i tekhnologiya topliv i masel. 2010. № 4. S.14-18.

2 Akhmetov S.A. Tekhnologiya glubokoy pererabotki nefi i gaza //Ufa: izdatelstvo «Gilem», 2002. S. 378-381.

3 Akhmadova Kh.Kh. Stanovleniye i razvitiye otechestvennykh sistem termicheskogo krekinga //Dis.... Dokt. tekhn. nauk. 2013. S. 370-372.

4 Tekhnologichesky reglament ustanovki visbreking, ООО «Gazprom neftekhim Salavat». 2008. S. 28-29.

5 Arzamasov V.A. Konstrukcionnye materialy: Spravochnik / M.: Mashinostroenie, 2005. S.17-20, 379.

Сведения об авторах

About authors

Галин А.М., магистрант 2 курса ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A.M. Galin, Master Student of MTS 01-12-01 FSBEI HPE “Ufa State Petroleum Technological University”, Ufa, the Russian Federation

Садретдинов И.Ф., канд. хим. наук, начальник лаборатории проблемных исследований ООО «Научно-технический центр Салаватнефтеоргсинтез» г. Салават, Российская Федерация

I.F. Sadretdinov, Candidate Chemical Sciences, Head of Laboratory Problem Research LLC “Research and Technology Center Salavatnefteorgsintez”, Salavat, the Russian Federation

e-mail: 28sif@snos.ru

Алябьев А.С., канд. хим. наук, зам. директора по науке и производству ООО «Научно-технический центр Салаватнефтеоргсинтез» г. Салават, Российская Федерация

A.S. Alyab'ev, Candidate Chemical Sciences, Deputy Director of Science and Production LLC “Research and Technology Center Salavatnefteorgsintez”, Salavat, the Russian Federation