

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТАЛИ МАРКИ СТЗ В СВОБОДНОМ И ОТОЖЖЕННОМ СОСТОЯНИЯХ

### INVESTIGATION OF THE CORROSION RESISTANCE OF STEEL SS330 (CT3 in Russ.) IN THE FREE AND ANNEALED STATES

**О. А. Насибуллина**  
**Oksana A. Nasibullina**

Уфимский государственный  
нефтяной технический  
университет,  
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum  
Technological University,  
Ufa, the Russian Federation

**М. Ю. Печенкина**  
**Marina Yu. Pechenkina**

Уфимский государственный  
нефтяной технический  
университет,  
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum  
Technological University,  
Ufa, the Russian Federation

Для изготовления промышленных трубопроводов часто применяют низкоуглеродистую СтЗ, обладающую хорошей свариваемостью и технологичностью, что обуславливает ее применение в качестве ответственных элементов конструкций.

В работе представлены результаты исследования образцов из стали марки СтЗ в исходном и термообработанном состояниях по следующим методам:

- 1) определение механических свойств (испытание на растяжение, измерение твёрдость);
- 2) микроструктурный анализ.

Часть образцов была подвержена процедуре термического отжига с целью получения равновесной структуры. По результатам оценки механических характеристик было отмечено, что в результате отжига произошло снижение прочности и твёрдости образцов. При этом наблюдалось повышение показателей пластичности. Испытания на растяжение дают возможность определить характеристики прочности и пластичности металлов в условиях статического одноосного нагружения. Испытание на растяжение металла проводилось с целью определения основных показателей механических свойств и для сравнения этих свойств в исходном и термообработанном состояниях. Измерение твердости проводилось по методу Роквелла. Микроанализ — незаменимое средство оценки структурных изменений величины, формы и ориентировки зёрен, отдельных структурных и фазовых составляющих. Микроструктуру образцов из СтЗ изучали с помощью оптического микроскопа «Метам РВ-21-1», при помощи которого можно исследовать микроструктуру при увеличении в 200 раз. Показано, что структура стали ферритно-перлитная. В исходном состоянии наблюдаются небольшая строчечность и наличие ликвационной полосы. Этот участок имеет значительную химическую неоднородность, загрязнен примесями (оксиды, нитриды, сульфиды, силициды), отличается по значениям характеристик механических свойств от основного металла трубы. Структура СтЗ в исходном состоянии является мелкозернистой. После проведения отжига она становится более однородной, исчезает текстура деформации.

#### Ключевые слова

низкоуглеродистая сталь;  
термообработка; отжиг 2 рода;  
механические свойства стали;  
растяжения металла; испытание  
на твёрдость; метод Роквелла;  
микроструктурный анализ;  
зерна феррита и перлита;  
разрывная машина  
рычажного типа

For the manufacture of field pipelines, low-carbon of steel SS330 is often used. It is well welded, almost does not harden and therefore is very convenient for operation in structural elements.

Studies of samples made of steel grade SS330 were carried out for the initial and heat-treated states by the following methods:

1) investigation of mechanical properties:

- tensile test;
- hardness test;

2) microstructural analysis.

At the beginning of the research, annealing was performed to obtain an equilibrium structure. According to the results of the experiment, it was noted that after annealing, the structure of SS330 steel acquired low strength and hardness with high plasticity.

After annealing, tensile tests of the steel samples of SS330 steel were carried out. Tensile tests make it possible to determine the strength and ductility characteristics of metals under static uniaxial loading. Tensile tests of metal were carried out to determine the main indicators of mechanical properties and to compare these properties in the initial and heat-treated states. Hardness measurements were performed using the Rockwell method.

Microanalysis is an indispensable tool for assessing structural changes in the size, shape and orientation of grains, individual structural and phase components. The microstructure of samples of steel SS330 was studied using an optical microscope «Metam RV-21-1Ц», with which it is possible to study the microstructure at a magnification of 200 times. It is shown that the structure of steel is ferrite-perlite. In the initial state, there is a small scribbling and a liquation band. This section has a large chemical heterogeneity, is contaminated with impurities (oxides, nitrides, sulfides, silicides), differs in the values of the characteristics of mechanical properties from the base metal of the pipe. The structure of SS330 steel in its initial state is fine-grained. After annealing, it becomes more uniform, the deformation texture disappears.

Для изготовления промышленных трубопроводов часто применяют низкоуглеродистую Ст3 [1-8]. Она хорошо сваривается, почти не закаливается, и потому является весьма удобной для работы в элементах конструкций [9-12].

Сталь марки Ст3 имеет в составе около 97 % железа, а количество углерода варьируется в пределах 0,14-0,22 %. Прочность и твердость стали в первую очередь зависит от содержания углерода [11, 13-15]. Однако углерод снижает пластичность и свариваемость [6, 12, 16], поэтому в строительных сталях, которые по условиям своей работы должны быть достаточно пластичными, его допускается немного — не более 0,22 %. В таблице 1 представлен химический состав стали Ст3.

**Таблица 1.** Химический состав стали Ст3, %

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As	N
0,14-0,15	0,15-0,30	0,40-0,65	< 0,050	< 0,040	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,080	< 0,010
			< 0,045	< 0,035					< 0,008

**Таблица 2.** Температура критических точек стали Ст3, °C

Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>3</sub>
735	850	680	835

**Keywords**

low-carbon steel; heat treatment; annealing of 2 kind; mechanical properties of steel; metal stretching; hardness testing; Rockwell method; microstructural analysis; ferrite and perlite grains; lever type breaking machine

Назначение стали Ст3 — листы для электросварных труб, работающих при температуре до 300 °C и давлении до 1,6 Н/мм<sup>2</sup>; детали котлов и трубопроводов, выполненные из листа толщиной до 12 мм; кованные детали, предназначенные для эксплуатации при температуре до 200 °C и давлении до 1,6 Н/мм<sup>2</sup> [17, 18]. В таблице 2 представлены температуры критических точек исследуемой стали.

Исследования образцов из стали марки Ст3 проводились для исходного и термообработанного состояний следующими методами:

- 1) исследование механических свойств:
  - испытание на растяжение;
  - испытание на твердость;
- 2) микроструктурный анализ.

В начале исследований был проведен отжиг для получения равновесной структуры. Отжиг II рода стальных изделий проводился при температуре 880 °С с последующим медленным охлаждением в печи.

По результатам эксперимента было отмечено, что после отжига структура стали Ст3 приобрела низкую прочность и твердость при высокой пластичности.

После проведения отжига были проведены испытания на растяжение образцов из стали Ст3. Испытания на растяжение (ГОСТ 1497-84) дают возможность определить характеристики прочности и пластичности металлов в условиях статического одноосного нагружения. Машины для испытаний оснащены устройствами рычажного (либо индикаторного) типа для записи диаграммы растяжения (изменение длины образца в зависимости от приложенного напряжения).

Измерение образцов после испытания выполнялось с точностью не ниже 0,1 мм. Каждое измерение производилось не менее чем в трех местах: в середине и по краям рабочей части образца. По наименьшим из полученных размеров вычислялась площадь поперечного сечения образцов.

Определение предела текучести металла производится при постоянной скорости отно-

сительной деформации 1 мм/мин. В качестве испытательных машин применяют разрывные и универсальные машины, соответствующие ГОСТ 7855-74.

В разрывной машине рычажного типа Р-10, которая использовалась при проведении испытаний, обеспечивается необходимая скорость нагружения, и запись диаграммы растяжений производится в большом масштабе, что увеличивает точность определения  $\sigma_{0,2}$ .

Испытание на растяжение металла проводилось с целью определения основных показателей механических свойств и для сравнения этих свойств в исходном и термообработанном состояниях.

Определялись значения следующих характеристик: временного сопротивления ( $\sigma_b$ ), предела текучести ( $\sigma_t$ ), относительного удлинения ( $\delta$ ), относительного сужения ( $\psi$ ). Кривые растяжения образцов из Ст3 приведены на рисунке 1.

Результаты проведенных испытаний показали, что образцы без термообработки имеют прочностные свойства выше, чем термообработанные образцы. Результаты измерений приведены в таблице 3. Измерение твердости проводилось по методу Роквелла (ГОСТ 9013-59).

Сущность метода заключается во вдавлении в образец индентора со стальным за-

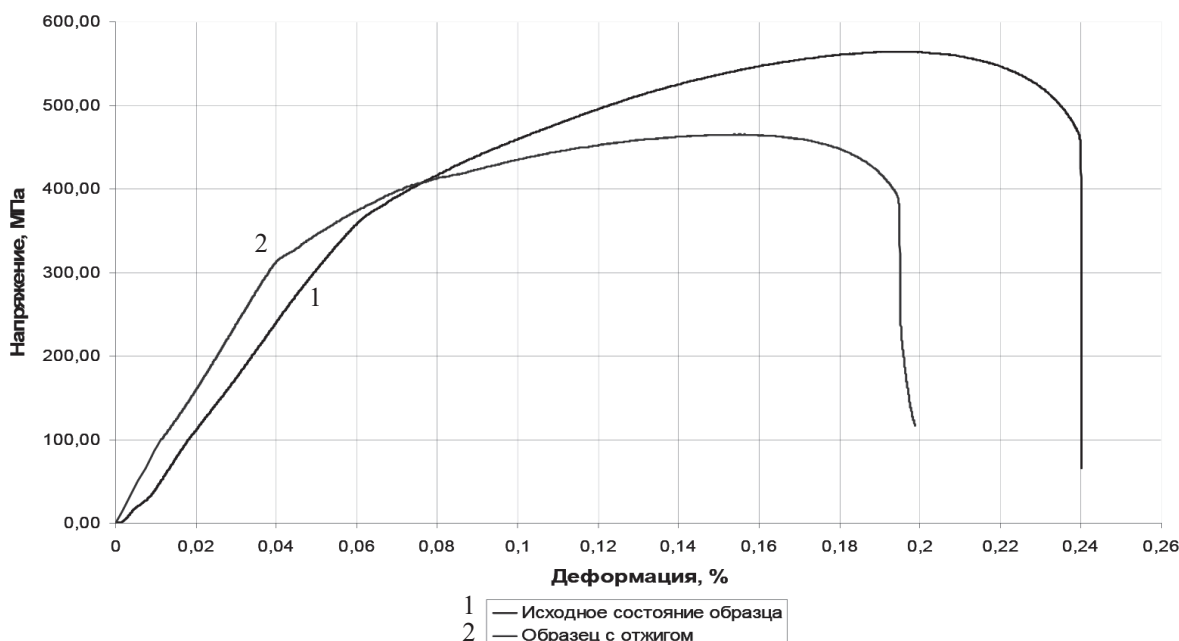


Рисунок 1. Кривые растяжения образцов из Ст3 в исходном и термообработанном состояниях

Таблица 3. Результаты испытаний образцов на растяжение

	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_t$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
Исходное состояние	564,1	344,7	19,4	60
Отжиг	461,7	298,2	24,2	60

каленным шариком диаметром 1,5875 мм, под действием двух последовательно прикладываемых нагрузок — предварительной  $P_0$  и основной  $P_1$ , которая добавляется к предварительной, так что общая нагрузка  $P = P_0 + P_1$ . После выдержки в течение нескольких секунд основную нагрузку снимают и измеряют остаточную глубину проникновения индентора, который при этом продолжает находиться под действием предварительной нагрузки.

Число твердости по Роквеллу является условной величиной и определяется разностью глубин, на которые перемещается наконечник под действием последовательно приложенных нагрузок. Чем больше глубина вдавливания, тем меньше число твердости HR. Единица твердости по Роквеллу — безразмерная величина, соответствующая осевому перемещению индикатора на 0,002 мм.

Отпечатки на поверхности деталей имеют небольшие размеры и практически безвредны для дальнейшей эксплуатации детали. Поверхность образцов, подвергаемых испытанию на твердость, должна быть плоской. Минимальная толщина испытуемого образца должна отвечать условию  $b > 8H$ . Расстояние от данного отпечатка до соседнего или до края образца должно быть не менее 3 мм.

Определение твердости при ее умеренных значениях на изделиях малых толщин, а также при использовании в качестве индентора стального шарика, число твердости HRB определяют по шкале В, т.е. при  $P_0 = 98$  Н,  $P_1 = 882$  Н,  $P = 980$  Н. Число твердости по Роквеллу для шкалы В записывается как HRB. В таблице 4 представлены результаты измерения твердости стальных образцов.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что в результате отжига структура Ст3 приобрела низкую твердость и прочность при повышении пластичности.

Микроструктуру образцов из Ст3 изучали с помощью оптического микроскопа (ГОСТ 10243-75) «Метам РВ-21-1», при помощи которого можно исследовать микроструктуру при увеличении в 200 раз.

**Таблица 4.** Результаты измерения твердости

Номер замера	Исходное состояние		Отжиг	
	HRB	HB	HRB	HB
1	88	170	83	152
2	88	170	84	156
3	89	174	84	156
4	88	170	84	156
среднее	88,25	171	83,75	155

Структура до и после термической обработки исследовалась в поверхностных и более глубоких слоях металла.

Вырезка образцов осуществлялась механическим способом. Образцы для исследования структуры шлифовали, полировали и протравливали. Для удобства выполнения операций приготовления микрошлифов образцы перед обработкой устанавливались в оправку эллипсоидной формы. Свободное пространство заливалось легкоплавким сплавом Вуда (12,5 % Sn, 25 % Pb, 12,5 % Cd, 50 % Bi) с температурой плавления 68 °С. Недостаток этого метода в том, что легкоплавкие вещества пачкают поверхность шлифа и обрабатываемого материала при дальнейшей обработке.

Плоская поверхность образца последовательно шлифовалась наждачной бумагой различного сорта — сначала крупнозернистой (М40), затем среднезернистой (P800, P1200) затем мелкозернистой (P1500, P2000). Бумага крепилась на вращающийся круг специального шлифовального станка. При смене сорта бумаги изменяется на 90° направление движения образца по наждачной бумаге до снятия рельефа от шлифовки на предыдущей бумаге.

Оставшиеся после шлифования мелкие риски удалялись полированием. Механическое полирование производилось на вращающемся круге с натянутым полировальным материалом (сукно), на который непрерывно наносился тонкий слой полировальной пасты марки ГОИ (Государственный оптический институт). Частота вращения круга составляет 400 об/мин.

После изучения шлифа в нетравленном виде производилось его травление специальным реактивом для выявления микроструктуры. Для травления микрошлифов из Ст3 применялся реактив — концентрированный раствор пикриновой кислоты в этиловом спирте.

Признаком протравливания является потускнение поверхности [16, 19, 20]. После травления микрошлифы промывались проточной водой, протирались ацетоном, а затем сушились при помощи фильтровальной бумаги.

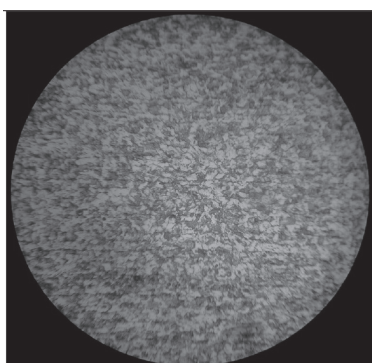
Вид микроструктур, полученных по выше-приведённой методике, приведен на рисунках 2 и 3.

Структура стали ферритно-перлитная. В исходном состоянии наблюдаются небольшая строчечность и ликвационная полоса. Этот участок имеет большую химическую неоднородность, загрязнен примесями (оксиды, нитриды, сульфиды, силициды), отличается по значениям характеристик механических свойств от основного металла трубы.

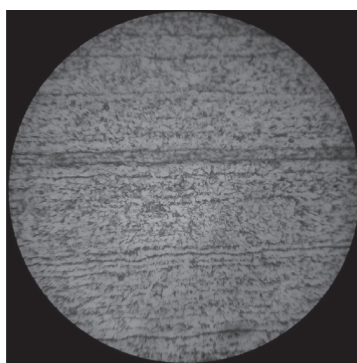
Ширина ликвационной полосы после проведения отжига увеличилась. Это указывает

на дополнительное выделение карбидов и оксидов при высоких температурах. Поэтому устранить ликвационную полосу указанной термообработкой не представляется возможным.

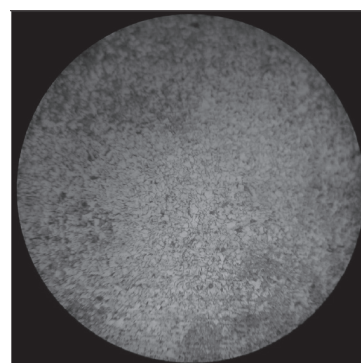
Структура Ст3 в исходном состоянии является мелкозернистой. После проведения отжига она становится более однородной, исчезает текстура деформации. Обезуглероженные участки, которые в исходном состоянии видны как светлые области феррита, при отжиге увеличивают размер зёрен с образованием крупных зёрен феррита.



ферритно-перлитная структура

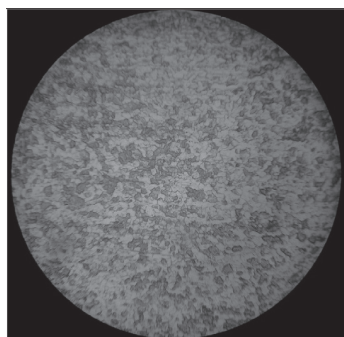


ликвационная полоса

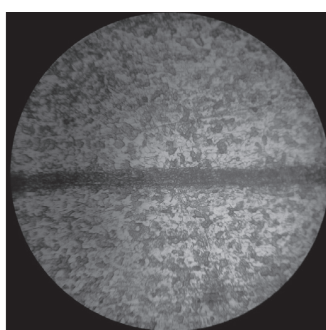


обезуглероженные участки феррита

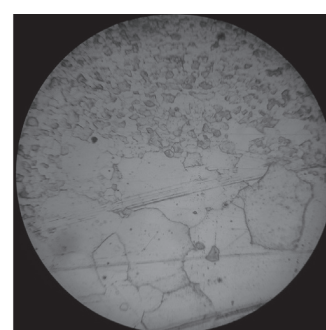
**Рисунок 2.** Структура Ст3 в исходном состоянии



равновесная структура



ликвационная полоса



обезуглероженные участки феррита

**Рисунок 3.** Структура Ст3 после проведения отжига

**Выводы**

1. В результате проведенных исследований (испытаний на растяжение и твердость) были определены основные механические свойства стали Ст3 в исходном и термообработанном состояниях. Предел прочности в исходном состоянии составил 564,1 МПа, твердость 171 НВ, в термообработанном состоянии — соответственно 461,7 МПа и 155 НВ.

2. В результате проведения отжига II рода при температуре 880 °С размер зерна увеличился по сравнению с исходным состоянием.

3. В результате проведенного микроструктурного анализа выявлено, что структура стали ферритно-перлитная. В исходном состоянии наблюдается небольшая строчечность и ликвационная полоса. Структура Ст3 в исходном состоянии является мелкозернистой. После проведения отжига она становится более однородной, исчезает текстура деформации. Обезуглероженные участки, которые в исходном состоянии видны как светлые области феррита, при отжиге увеличивают размер зёрен с образованием крупных зёрен феррита.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Насибуллина О.А. Введение в основы коррозии. Уфа: Изд-во Нефтегазовое дело, 2019. 83 с.
2. Tyusenkov A.S. Chemical Resistance of Steel 13CRV (RUS 13XФА) // *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2017. Vol. 52. No. 4. P. 766-772.
3. Гареева О.А., Худяков М.А., Климов П.В., Хажиев А.Д. Моделирование коррозионного растрескивания магистральных газопроводов // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2010. Вып. 1 (79). С. 87-92.
4. Латыпов О.Р., Бугай Д.Е., Рябухина В.Н. Влияние компонентов пластовой воды на скорость коррозии нефтепромыслового оборудования // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2016. Вып. 1 (103). С. 22-33.
5. Gaysin E.S., Frolov Y.A., Nasibullina O.A Estimate Tank Quality Margin // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 459. Chapter 2. Article Number 032055. DOI: 10.1088/1755-1315/459/3/032055.
6. Кудакеев С.М., Аминев Ф.М., Фаизуллин С.М., Аскарлов Р.М. Диагностика и ремонт магистральных газопроводов // *Газовая промышленность*. 2004. № 5. С. 7-9.
7. Гареев А.Г. Основы коррозии металлов. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2011. 256 с.
8. Насибуллина О.А., Гареев А.Г. Разработка метода оценки остаточного ресурса магистральных газопроводов, имеющих дефекты коррозионного происхождения // *Нефтегазовое дело*. 2016. Т. 14. № 2. С. 174-178.
9. Иванова В.С., Кузеев И.Р., Козицкий Д.В., Закирничная М.М. О самоподобии фуллеренов, образующихся в структурах продуктов термического испарения графита, шунгита и высокоуглеродистой стали // *Перспективные материалы*. 1998. № 1. С. 5-15
10. Тюсенков А.С., Черепашкин С.Е., Худяков М.А., Ямщикова С.А., Насибуллина О.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Уфа: Изд-во Нефтегазовое дело, 2018. 94 с.
11. Хайдарова Г.Р., Исанбердина Л.Р., Тюсенков А.С., Кононов Д.В., Бугай Д.Е. Ингибиторы на основе четвертичных аммониевых соединений для защиты нефтегазового оборудования от коррозии // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2016. Вып. 4 (106). С. 74-84.
12. Nasibullina O.A., Gareev A.G., Rizvanov R.G. Investigation of the Hydrogen Stratification of the Metal of the Active Gas Pipeline // *Solid State Phenomena*. 2018. Vol. 284. P. 1302-1306. DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.284.1302.
13. Гареева О.А., Ямилев М.З., Лягов А.В., Климов П.В. Повышение безопасности эксплуатации трубопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию // *Нефтегазовое дело*. 2011. Т. 9. № 2. С. 58-61.
14. Кузеев И.Р., Куликов Д.В., Закирничная М.М. Физическая природа разрушения. Уфа: Изд-во УГНТУ, 1997. 168 с.
15. Насибуллина О.А., Абдуллин Т.Э. Исследование воздействия сероводородсодержащего газоконденсата на сталь 09Г2С // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2017. Вып. 2 (108). С. 121-130.
16. Скуридин Н.Н., Латыпова Д.Р., Печенкина М.Ю., Латыпов О.Р., Бугай Д.Е., Рябухина В.Н. Формирование противокоррозионных пленок на металле нефтепромыслового оборудования методом поляризации технологических жидкостей // *Нефтяное хозяйство*. 2018. № 5. С. 84-86. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-5-84-86.
17. Ямщикова С.А., Кравцов В.В., Бугай Д.Е. Разработка огнестойких покрытий повышенной коррозионной стойкости // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2007. Вып. 3 (69). С. 47-49.
18. Latypov O.R., Bugai D.E., Boev E.V. Method of Controlling Electrochemical Parameters of Oil Industry Processing Liquids // *Chemical and Petroleum Engineering*. 2015. Vol. 51. Issue 3. P. 283-285. DOI: 10.1007/s10556-015-0038-8.
19. Шайнурова Р.Ф., Гиндуллина К.Д., Насибуллина О.А., Гайсин Э.Ш. Влияние способа термической обработки стали 09Г2С на ее коррозионную стойкость // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2019. Вып. 2 (118). С. 161-169. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-2-161-169.
20. Латыпов О.Р., Латыпова Д.Р., Бугай Д.Е., Рябухина В.Н. Особенности применения агрегата для модифицирования технологических жидкостей нефтепромыслов // *Нефтегазовое дело*. 2016. Т. 14. № 3. С. 66-71.

## REFERENCES

1. Nasibullina O.A. *Vvedenie v osnovy korrozii* [Introduction to Fundamentals of Corrosion]. Ufa, Neftgazovoe delo Publ., 2019. 83 p. [in Russian].
2. Tyusenkov A.S. Chemical Resistance of Steel 13CRV (RUS 13XФА). *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2017, Vol. 52, No. 4, pp. 766-772.
3. Gareeva O.A., Khudyakov M.A., Klimov P.V., Khazhiev A.D. Modelirovanie korrozionnogo rastreskivaniya magistral'nykh gazoprovodov [Modeling of Main Gas Pipeline Corrosion Cracking]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2010, Issue 1 (79), pp. 87-92. [in Russian].
4. Latypov O.R., Bugai D.E., Ryabukhina V.N. Vliyanie komponentov plastovoi vody na skorost' korrozii neftepromyslovogo oborudovaniya [Influence of Components Produced Water on the Rate of Corrosion of Oil Equipment]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2016, Issue 1 (103), pp. 22-33. [in Russian].
5. Gaysin E.S., Frolov Y.A., Nasibullina O.A Estimate Tank Quality Margin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, Vol. 459, Chapter 2, Article Number 032055. DOI: 10.1088/1755-1315/459/3/032055.
6. Kudakaev S.M., Aminev F.M., Faizullin S.M., Askarov R.M. Diagnostika i remont magistral'nykh gazoprovodov // *Gazovaya promyshlennost'*. 2004. № 5. С. 7-9. [in Russian].
7. Gareev A.G. *Osnovy korrozii metallov*. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2011. 256 s. [in Russian].
8. Nasibullina O.A., Gareev A.G. Razrabotka metoda otsenki ostatochnogo resursa magistral'nykh gazoprovodov,

imeyushchikh defekty korrozionnogo proiskhozhdeniya [Development of the Method of the Gas Pipeline Residual Service Life Estimation, Having Defects of Corrosion Origin]. *Neftegazovoe delo – Petroleum Engineering*, 2016, Vol. 14, No. 2, pp. 174-178. [in Russian].

9. Ivanova V.S., Kuzeev I.R., Kozitskii D.V., Zakirnichnaya M.M. O samopodobii fullerenov, obrazuyushchikhsya v strukturakh produktov termicheskogo ispareniya grafita, shungita i vysokouglerodistoi stali // Perspektivnye materialy. 1998. № 1. S. 5-15 [in Russian].

10. Tyusenkov A.S., Cherepashkin S.E., Khudyakov M.A., Yamshchikova S.A., Nasibullina O.A. Materialovedenie i tekhnologiya konstruksionnykh materialov. Ufa: Izd-vo Neftegazovoe delo, 2018. 94 s. [in Russian].

11. Khaidarova G.R., Isanberdina L.R., Tyusenkov A.S., Kononov D.V., Bugai D.E. Ingibitory na osnove chetvertichnykh ammonievnykh soedinenii dlya zashchity neftegazovogo oborudovaniya ot korrozii [Inhibitors Based on Quaternary Ammonium Compounds for the Anti-Corrosive Protection of Oil and Gas Equipment]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2016, Issue 4 (106), pp. 74-84. [in Russian].

12. Nasibullina O.A., Gareev A.G., Rizvanov R.G. Investigation of the Hydrogen Stratification of the Metal of the Active Gas Pipeline. *Solid State Phenomena*, 2018, Vol. 284, pp. 1302-1306. DOI: 10.4028/www.scientific.net/SSP.284.1302.

13. Gareeva O.A., Yamilev M.Z., Lyagov A.B., Klimov P.V. Povyshenie bezopasnosti ekspluatatsii truboprovodov, podverzhennykh korrozionnomu rastreskivaniyu [Improving Safety Pipelines Exposed Stress-Corrosion Cracking]. *Neftegazovoe delo – Petroleum Engineering*, 2011, Vol. 9, No. 2, pp. 58-61. [in Russian].

14. Kuzeev I.R., Kulikov D.V., Zakirnichnaya M.M. Fizicheskaya priroda razrusheniya. Ufa: Izd-vo UGNTU, 1997. 168 s. [in Russian].

15. Nasibullina O.A., Abdullin T.E. Issledovanie vozdeistviya serovodorodsoderzhashchego gazokondensata na stal' 09G2S [Investigation of Hydrogen Sulfide Bearing

Condensed Gas Influence on Steel 09G2S]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2017, Issue 2 (108), pp. 121-130. [in Russian].

16. Skuridin N.N., Latypova D.R., Pechenkina M.Yu., Latypov O.R., Bugai D.E., Ryabukhina V.N. Formirovanie protivokorrozionnykh plenok na metalle neftepromyslovogo oborudovaniya metodom polarizatsii tekhnologicheskikh zhidkosti [Formation of Anti-Corrosion Films on Metal of Oil Equipment by Method of Polarization of Technological Liquids]. *Neftyanoe khozyaistvo – Oil Industry*, 2018, No. 5, pp. 84-86. DOI: 10.24887/0028-2448-2018-5-84-86. [in Russian].

17. Yamshchikova S.A., Kravtsov V.V., Bugai D.E. Razrabotka ognestoikikh pokrytii povyshennoi korrozionnoi stoikosti [Development of Fire-Resistant Coatings Featured by Higher Resistance to Corrosion]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2007, Issue 3 (69), pp. 47-49. [in Russian].

18. Latypov O.R., Bugai D.E., Boev E.V. Method of Controlling Electrochemical Parameters of Oil Industry Processing Liquids. *Chemical and Petroleum Engineering*, 2015, Vol. 51, Issue 3, pp. 283-285. DOI: 10.1007/s10556-015-0038-8.

19. Shainurova R.F., Gindullina K.D., Nasibullina O.A., Gaisin E.Sh. Vliyanie sposoba termicheskoi obrabotki stali 09G2S na ee korrozionnyuyu stoikost' [Influence of Steel 09G2S Heat Treatment Method for its Corrosion Resistance]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefii i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2019, Issue 2 (118), pp. 161-169. DOI: 10.17122/ntj-oil-2019-2-161-169. [in Russian].

20. Latypov O.R., Latypova D.R., Bugai D.E., Ryabukhina V.N. Osobennosti primeneniya agregata dlya modifitsirovaniya tekhnologicheskikh zhidkosti neftepromyslov [Features of the Unit for the Modification of Technological Liquids Oilfield]. *Neftegazovoe delo – Petroleum Engineering*, 2016, Vol. 14, No. 3, pp. 66-71. [in Russian].

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

### ABOUT THE AUTHORS

**Насибуллина Оксана Алексеевна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Технологии металлов в нефтегазовом машиностроении», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

**Oksana A. Nasibullina**, Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor, Assistant Professor of Metal Technologies in Oil and Gas Engineering Department, Ufa, Russian Federation

e-mail: ksu33@bk.ru

**Печенкина Марина Юрьевна**, аспирант кафедры «Технологии металлов в нефтегазовом машиностроении», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

**Pechenkina Marina Yu.**, Postgraduate Student of Metal Technologies in Oil and Gas Engineering Department, Ufa, Russian Federation

e-mail: map-66@mail.ru