

## ФОРМИРОВАНИЕ ОКСИНИТРИДНЫХ СЛОЕВ ПРИ ОКСИДИРОВАНИИ НА ВОДЯНЫХ ПАРОВ И В ПАРОВ МЕДНОГО РАСТВОРА

**Бойназаров У.Р.** – к.т.н., и.о.профессор Каршинского инженерно-экономического института

**Аннотация.** В статье приведены анализ результатов влияния последующего оксидирования на водяных паров и растворах медного купороса на формирование нитридных диффузионных защитных слоев на стали 38Х2МЮА и 40Х.

**Ключевые слова:** оксидный слой, фазы, нитридный слой, оксидная пленка, медный купорос.

## СУВ БУҒИ ВА МИС ЭРИТМАСИ БУҒИДА ОКСИДЛАШДА ОКСИНИТРИД ҚАТЛАМНИ ШАКЛЛАНИШИ

**Бойназаров У.Р.** – т.ф.н., профессор вазифасини бажарувчи. Қарши муҳандислик-иқтисодиёт институти

**Аннотация.** Мақолада сув буғи ва мис сульфат эритмасида билан кейинги оксидланишнинг 38Х2МЮА ва 40Х пўлатларида нитрид диффузияли ҳимоя қатламларининг шаклланишига таъсири натижалари таҳлили келтирилган.

**Калит сўзлар:** оксид қатлами, фазалар, нитридли қатлам, оксид плёнкаси, мис сульфат.

## FORMATION OF OXYNITRIDE LAYERS DURING OXIDATION IN WATER VAPOR AND IN COPPER SOLUTION VAPOR

**Boynazarov U.R.** – Ph.D., acting professor Karshi Engineering and Economic Institute

**Annotation.** The article presents an analysis of the results of the influence of subsequent oxidation with water vapor and copper sulfate solutions on the formation of nitride diffusion protective layers on steel 38X2MUA and 40X.

**Key words:** oxide layer, phases, nitride layer, oxide film, copper sulfate.

**Введение.** Изучение кинетики формирования азотированных слоев при предварительном оксидировании обрабатываемых поверхностей показывает, что оксидный слой при последующем азотировании подвергается деоксидированию, обеспечивая депассивацию поверхности и равномерность

образующегося нитридного слоя. Кроме того, выделяющийся при деоксидировании кислород участвует в формировании азотированного слоя, интенсифицируя процесс роста нитридного слоя (рис.1 и 4).

Анализ литературных данных [1] показывает, что равномерный оксидный слой толщиной до 3 мкм, состоящий в основном из  $Fe_3O_4$ , обладающий высокими физико-механическими свойствами, на поверхности нитридного слоя получается при оксидировании ниже эвтектоидной температуры для системы «Fe-O», равной  $550-580^{\circ}C$  при продолжительности оксидирования 0,5-1,5 ч (рис. 2, 3).

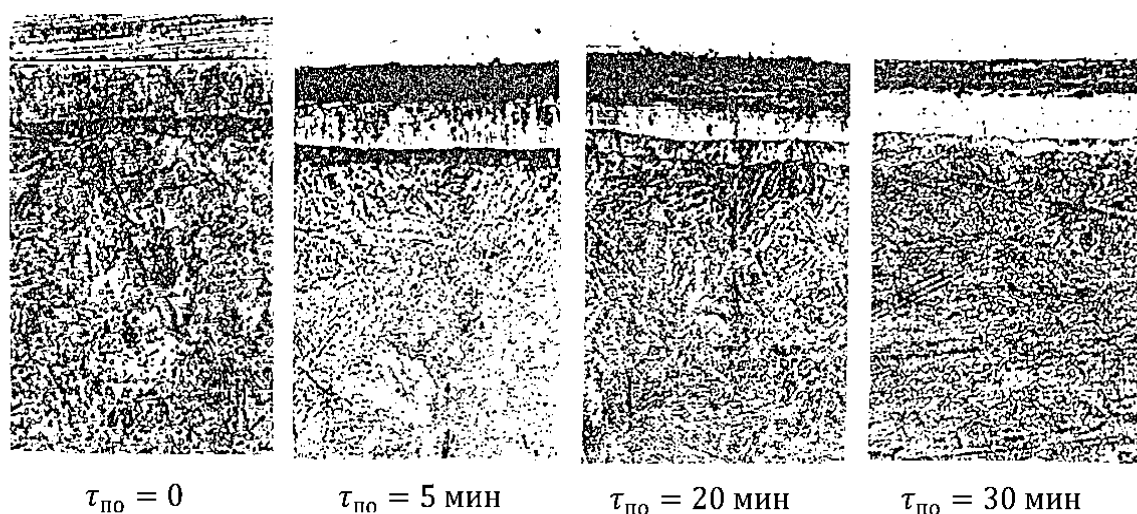


Рис. 1. Влияние времени предварительного оксидирования ( $\tau_{по}$ ) на толщину нитридной зоны на стали 38X2MЮА,  $\times 500$ .

Режим работы: предварительное оксидирование  $620^{\circ}C$ ; азотирование  $620^{\circ}C$ , 2 часа.

В связи с этим - на третьей стадии предлагаемой технологии нитрооксидирования проводили пароксидирование азотированных образцов с целью повышения коррозионной стойкости, износостойкости и улучшения прирабатываемости изделий при трении [4].

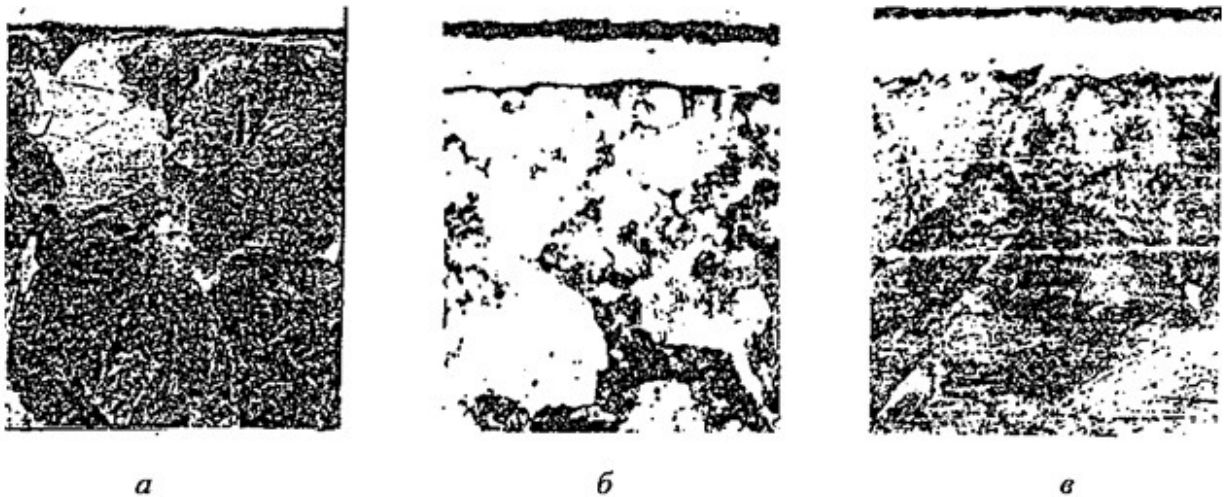


Рис. 2. Влияние оксидной пленки (а) на толщину нитридного слоя (б, в)  $\times 500$ .  
 Режимы обработки: а – предварительное оксидирование,  $580^{\circ}\text{C}$ , 7 мин; б - азотирование  $580^{\circ}\text{C}$ , 2 часа; в - азотирование  $580^{\circ}\text{C}$ , 3 часа.

Микроструктуры образцов стали 40Х; обработанных по предлагаемой технологии с последующим пароксидированием представлены на рис. 5, 6.

Из рис. 6. видно, что при пароксидировании азотированных с предварительным оксидированием образцов при температуре выше эвтектоидной получается равномерный, плотный, беспористый нитрид-оксидный слой, что предопределяет хорошие физико-механические свойства получаемых покрытий.

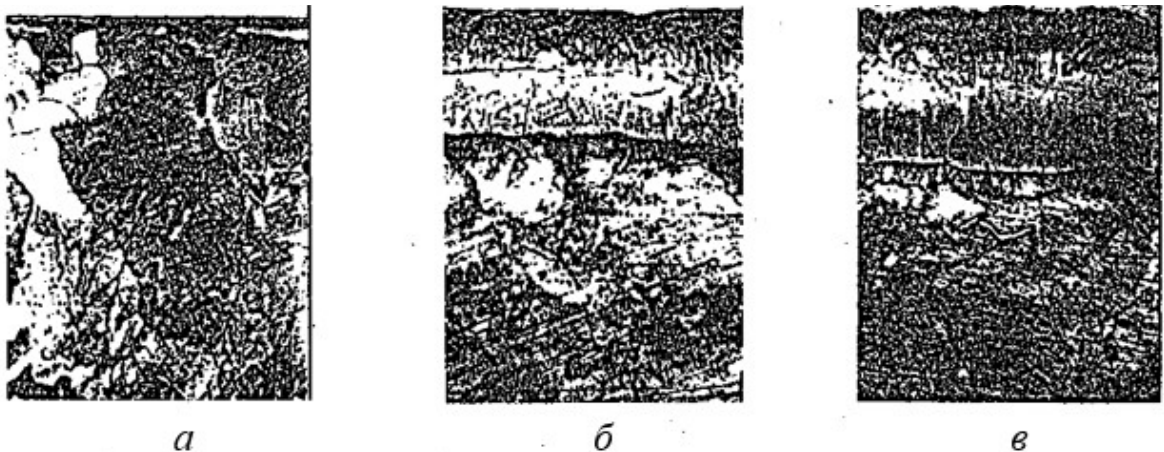


Рис. 3 Влияние оксидной пленки (а) на толщину нитридного слоя (б, в)  $\times 500$ .  
 Режимы обработки: а предварительное оксидирование,  $620^{\circ}\text{C}$ , 5 мин; б - азотирование  $620^{\circ}\text{C}$ , 2 часа; в – азотирование  $620^{\circ}\text{C}$ , 3 часа.

Рентгеновский анализ показал, что в процессе азотирования предварительно оксидированных образцов при последующем оксидировании фазовый состав нитридоксидного слоя аналогичен указанному в работе [1].



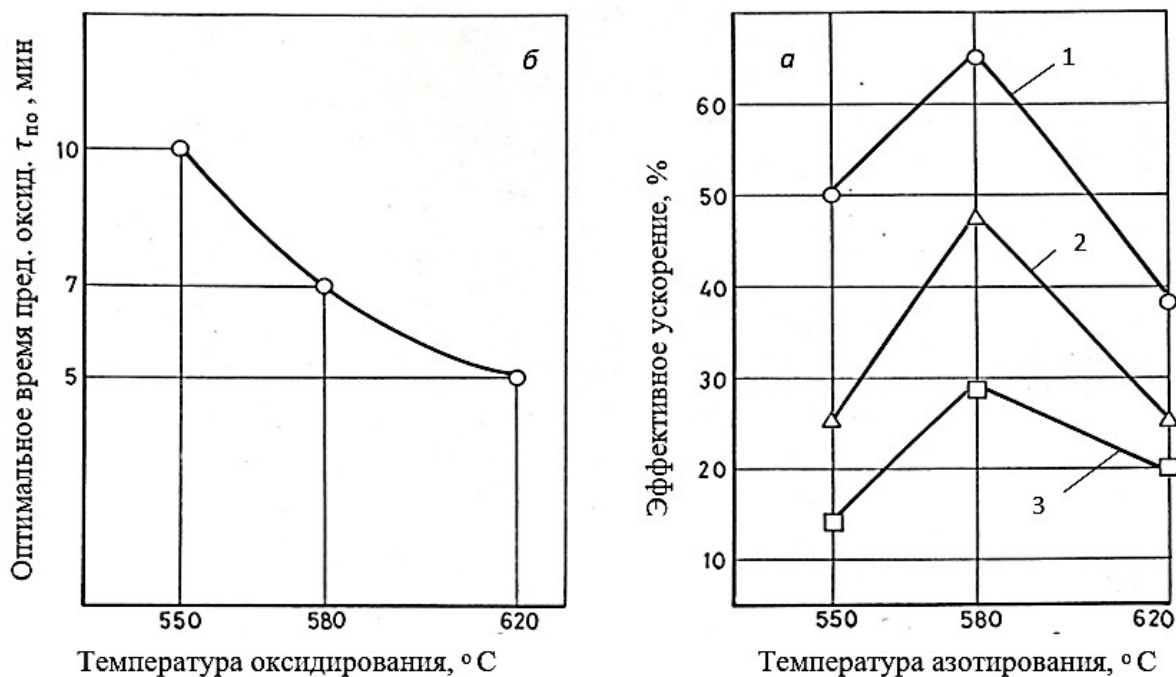


Рис. 4. Эффективность предварительного оксидирования (б), при азотировании (а). 1 - 1 час; 2 - 2 часа; 3 - 3 часа.

Так установлено, что при азотировании с предварительным оксидированием при последующем пароксидировании (30 мин) на поверхности образуется оксидный слой толщиной 2,5-3,5 мкм, состоящий в основном из  $Fe_3O_4$ . При температуре пароксидирования 620°C в нитрид-оксидном слое отмечается присутствие некоторого количества оксидов  $Fe_2O_3$  и  $FeO$  [3, 5].

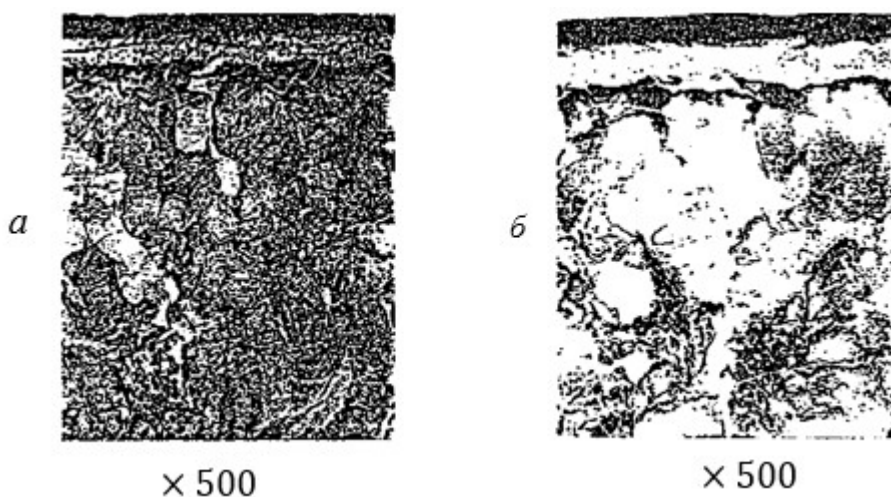


Рис. 5. Микроструктура стали 40Х после нитрооксидирования: Режимы обработки:  $t_{по} = 580^\circ C$ ,  $\tau_{по} = 7$  мин,  $t_a = 580^\circ C$ ,  $\tau_a = 2$  часа (а), 3 часа (б)  
 $t_o = 580 \pm 10^\circ C$ ,  $\tau_o = 30$  мин.

Возможность получения плотных оксидных пленок на нитридных слоях при температуре пароксидирования 620°C, связана, вероятно, с особенностями формирования нитридного слоя на предварительно окисленных поверхностях, когда рост  $\epsilon$ -нитрида на оксидной пленке позволяет получить плотный, беспористый слой  $\epsilon$ -фазы.

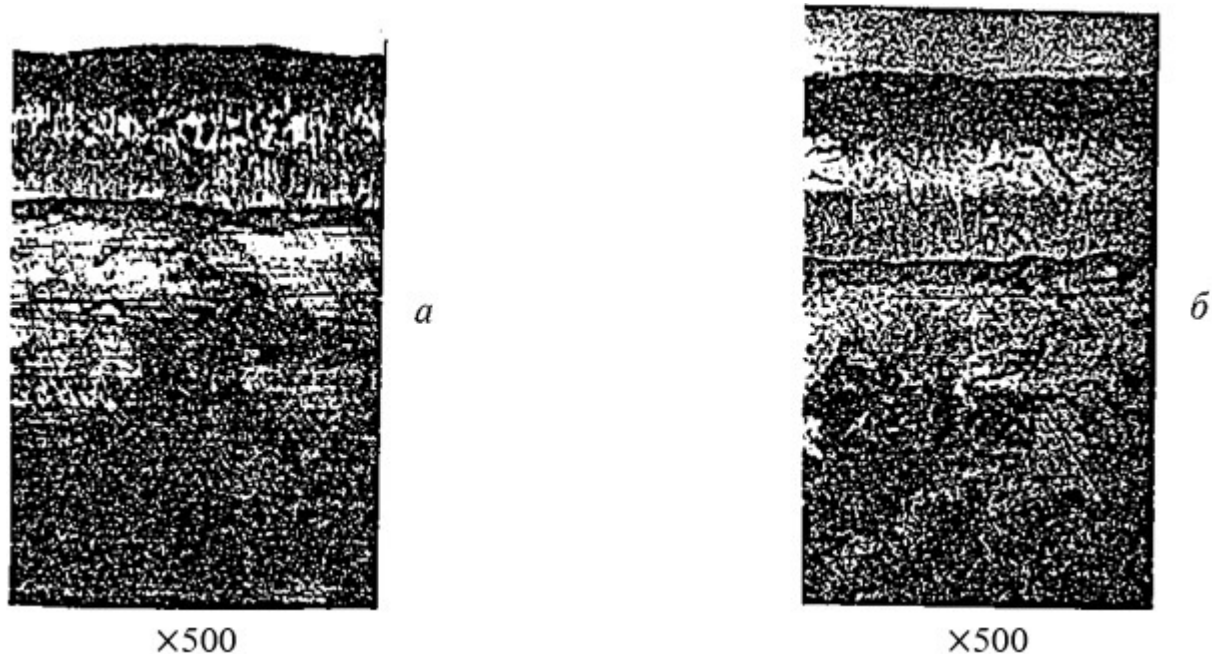


Рис. 6. Микроструктура стали 40X после нитрооксидирования: Режимы обработки:  $t_{\text{по}} = 620^\circ\text{C}$ ,  $\tau_{\text{по}} = 5$  мин,  $t_{\text{а}} = 620^\circ\text{C}$ ,  $\tau_{\text{а}} = 2$  часа (а), 3 часа (б)  
 $t_{\text{o}} = 600 \pm 10^\circ\text{C}$ ,  $\tau_{\text{o}} = 30$  мин.

Учитывая положительное влияние присутствия Си на поверхностях трений [73] (явление избирательного переноса), была сделана попытка получить на поверхности нитридного слоя окисные медные пленки [5].

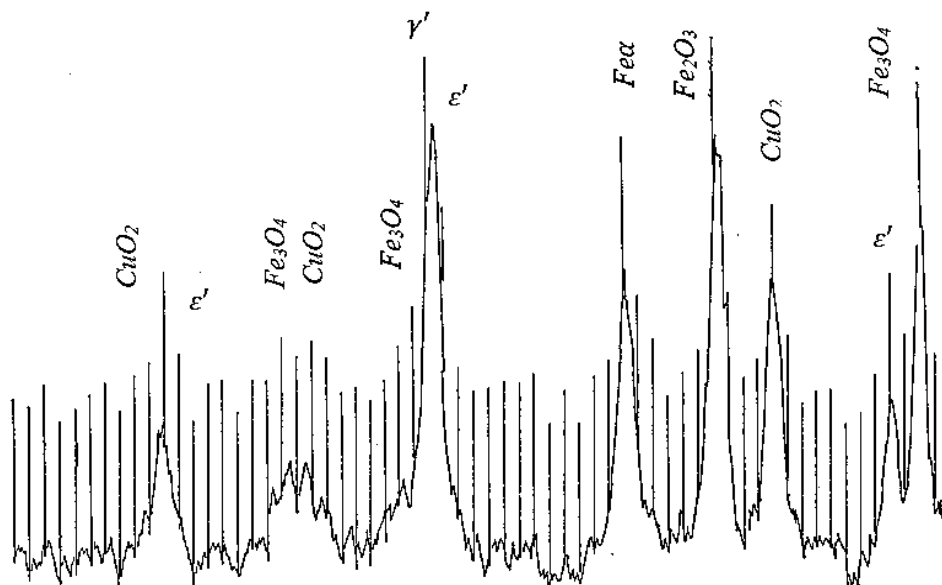


Рис. 7. Участок дифрактограммы нитридооксидного слоя.

Режим обработки: азотирования: 580°C; 2 часа; последующее оксидирование: 580°C; 30 мин в растворе медного купороса (CuSO).

Для этого было проведено пароксидирование азотированных образцов в растворе CuSO<sub>4</sub> (медного купороса).

При рентгеновском анализе на поверхности нитрид-оксидных слоев пароксидированных в растворе CuSO<sub>4</sub> наряду с оксидами железа были обнаружены и следы оксида меди CuO<sub>2</sub> (рис. 7.), образцы обработанные пароксидированием в растворе прошли испытание на износостойкость и показали достаточно хорошие результаты.

### Литературы

1. У.Р.Бойназаров, Ф.Э.Бегимкулов. Влияние оксидной пленки на формирование оксинитридной зоны. «Наука, техника и образование» №7(25) 2016 г. Россия.

2. Справочник по триботехнике. 1 и 2 том. Под общей редакцией М.Хебды, А.В.Чичинадзе. М.: Машиностроение, 1989 г. 400 с.

3. Ю.М.Лахтин, Я.Д.Коган, В.Е.Кольцов, У.Р.Бойназаров. Влияние предварительного оксидирования на процесс кратковременного азотирования. «Металловедение и термическая обработка металлов» журнал № 3. Москва-1993 г.

4. У.Р.Бойназаров, А.А.Каримов. Влияние предварительного окисления на процесс азотирования.«Современные материалы, техника и технология» Материалы 3-й Международной научно-практической конференции 27 декабря 2013 года. г.Курск, Россия.

5. Бойназаров У.Р., Эргашев Т. И. Исследование формирования нитридоксидных слоев с предварительным оксидированием. UNIVERSUM: технические науки. Выпуск: 4(85). Апрель 2021. Часть 3. Россия. Москва - 2021г. с.87-92.

6. Хурмаматов А.М., Рахимов Ф.Б. Calculation of heat transfer and heat transfer in a pipe apparatus in heating gas condensate// Scientific and technical journal of Namangan institute of engineering and technology. -Наманган, VOL 6 - Issue (1) 2021.-р. - 187-191. (05.00.00, №33).

7. Хурмаматов А.М., Рахимов Ф.Б., Муртазаев Ф.И. Интенсификации процессов теплообмена в трубчатых теплообменниках// Международный научный журнал «Universum: технические науки». - Москва, 2021.- № 11 (92). - С. 11-15. (02.00.00; №1).

8. Хурмаматов А.М., Рахимов Ф.Б. Расчет гидравлического сопротивления при плавном расширении и сужении горизонтальной трубы//Международный

научный журнал «Технологии нефти и газа». - Москва, 2021. - №6<sup>(137)</sup>. - С. 62-64. (05.00.00; №80).

9. Hurmamatov A.M., Raximov G'.B., Do'stov H.B., Panoev Ye.R. Regeneratsiya gazlarini nordon komponentlardan absorbsiya usuli orqali tozalash texnologiyasida qo'llaniladigan qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmasining ish samaradorligini oshirish// Fan va texnologiyalar tarraqiyoti. - Buxro, 2021. - №4. - 48-58 b. (05.00.00; №24).\

10. Rakhimov, G. (2023). Qobiq quvurli issiqlik almashinish qurilmalaridagi issiqlik almashinish samaradorligini gidrodinamik parametrlariga ta'sirini o'rganish. *Innovatsion texnologiyalar*, 51(03), 77-86.

11. Raximov, G. A. B. (2024). QOBIQ-QUVURLARDAN FOYDALANGAN HOLDA ISSIQLIK ALMASHINISH USKUNASINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH UCHUN KONSTRUKSIYANI TAKOMILLASHTIRISH. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(03).

12. Rakhimov, G. B., & Sayfiyev, E. K. (2024). RESEARCH OF THE PROCESS OF PRODUCING ALCOHOLS BASED ON BY-PRODUCTS OBTAINED IN THE FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 2(03).

13. Murtazaev, F. I., & Raximov, G. B. (2023). Synthesis of sorbents used in the separation of halogens. *Sanoatda raqamli texnologiyalar*, 1(01).

14. Ganisher, R. (2023). Increasing the efficiency of heat exchange by changing the construction of a shell and tube heat exchanger. *Universum: технические науки*, (5-8 (110)), 21-24.

15. Хурмаматов, А. М., & Рахимов, Г. Б. (2021). Расчет гидравлического сопротивления при плавном расширении и сужении горизонтальной трубы. *Технологии нефти и газа*, (6 (137)), 62.