

УДК 622.276

**ПОДДЕРЖАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА
В НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ ПРИ ИХ ОСТАНОВКЕ
В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

Фаттахов И.Г., Кадыров Р.Р., Галиуллина И.Ф., Мухаметов Э.Р., Фазлыев К.И.

*Филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,
Октябрьск, e-mail: i-fattakhov@rambler.ru*

Статья посвящена серьезной проблеме замерзания устьевого оборудования нагнетательных скважин в условиях низких температур. Одним из способов решения этой проблемы является обвязка надземного оборудования теплоизоляционными материалами различных типов. В статье рассматривается методика оптимального подбора изоляции в зависимости от температурных условий работы оборудования. Авторами предложены четыре типа изоляций: совелит, вермикулит, ньювель, стекловолокно; проведены расчёты их необходимой толщины, полученные значения сведены в таблицу, построены графики зависимости толщины различных типов изоляций от температуры окружающей среды. На основании данных результатов предложен наиболее выгодный тип изоляции – стекловолокно, рекомендуемый для дальнейшего применения в нефтегазовой промышленности, в частности в системе поддержания пластового давления (ППД), ввиду его высокой эффективности и меньшей необходимой толщины при равных условиях по сравнению с другими типами изоляции.

Ключевые слова: нагнетательные скважины, устьевая арматура, тепловая изоляция, совелит, вермикулит, ньювель, стекловолокно

**INJECTION WELL SHUT-DOWN THERMAL REGIME MAINTENANCE
UNDER LOW-TEMPERATURE CONDITIONS**

Fattakhov I.G., Kadyrov R.R., Galiullina I.F., Mukhametov E.R., Fazlyev K.I.

*FSBEI of HPE «Ufa State Petroleum Technological University», branch, Oktyabrsky,
e-mail: i-fattakhov@rambler.ru*

The paper presents an essential problem of a well-head equipment freezing under low temperature conditions. One of the ways of solving the problem is the surface equipment binding by different types of heat insulating material. There has been considered on a method of optimal insulation selection according to plant operation temperature conditions. The authors suggest four types of insulations: sovelite, vermiculite, newel, fiber glass. Their proper thickness has been determined. The values received have tabulated. Thickness dependence of different insulation types from medium temperature has been plotted. As the result, the authors suggest the most favourable type of insulation – fiber glass, recommended for further application in oil and gas industry, particularly in reservoir pressure maintenance system because of its high efficiency and less thickness required under same conditions compared with other insulation types.

Keywords: injection wells, well-head equipment, heat (thermal) insulation, sovelite, vermiculite, newel, fiber glass

При использовании технологии ППД около 20% фонда нагнетательных скважин использует малоинерализованную или пресную воду. Во время работы при низких температурах возможно обледенение устьевого оборудования. При температурах менее – 25°C возможно замерзание оборудования, находящегося на устье нагнетательных скважин в процессе закачивания пластовых и стоковых вод, в случае уменьшения приёмистости, аварийных остановок, возникающих при порыве водовода или отключении электропитания.

Каждый год количество нагнетательных скважин, склонных к замерзанию, по приближённым оценкам экспертов предприятий нефтегазодобычи ОАО «Татнефть», равно 500 – в связи с этим проблематика предохранения скважин ППД от замерзания столь важна и актуальна.

Комплекс наблюдений за динамикой изменений температурного режима нефтесодержащих пластов в ходе их разработки путём заводнения включает следующие виды операций:

- 1) регулирование температуры закачиваемого агента (воды);
- 2) измерения забойной температуры скважин нагнетания;
- 3) фиксация динамики изменений температур пластов, эксплуатируемых скважинами, находящимися рядом с нагнетательными;
- 4) регулярные измерения температур в параметрических скважинах.

По стволу нагнетательной скважины с приёмистостью в пределах от 200 до 300 м³/сут и более температура воды выравнивается довольно быстро, поэтому к забою она поступает с температурой, равной устьевой. Вследствие этого измерения температуры нагнетаемой воды в совокупности

с термометрией нагнетательных скважин дают возможность измерить температуру воды у входа в пласт и охарактеризовать её изменчивость при нагнетании. В первые годы заводнения она измеряется регулярно, приблизительно через каждые два – три дня.

В скважинах, где в первый раз проводят исследование, общий температурный замер выполняют по всему стволу. Его проводят дистанционными термометрами. При отсутствии таких термометров применяют самопишущие термометры. Промежуток разрабатываемых горизонтов и выявленные аномальные участки в других областях разреза обследуют детально.

Промежуток времени с начала прекращения движения рабочего агента, в течение которого тепловая изоляция будет предохранять его от застывания, зависит от изменений температуры окружающей среды и жидкости, внутреннего диаметра, скорости ветра, параметров транспортируемой жидкости, материала стенки трубопровода и её толщины. Параметрами, оказывающими влияние на продолжительность периода до начала обледенения, являются: скрытая теплота обледенения, плотность, удельная теплоемкость, температура замерзания.

Приемлемую толщину теплоизоляции определяют расчётным путём. На практике толщину тепловой изоляции слоя вычисляют, учитывая его термическое сопротивление (не менее $0,86 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ для труб с $D_y \leq 25 \text{ мм}$, и $1,22 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ для труб с $D_y > 25 \text{ мм}$). Качество теплоизоляции трубы характеризуется её эффективностью. В нынешних конструкциях теплоизоляции при применении материалов с теплопроводностью менее $0,1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ приемлемая толщина изоляционного слоя обеспечивает теплоэффективность данной изоляции, приблизительно равную $0,8$ (то есть эффективность равна 80%). В представленном ниже примере приведен расчет теплоизоляции для трубопроводов устьевой обвязки скважины.

Рассмотрим расчет и подбор теплоизоляции, выполненный по СНиП 2.04.14-88.

Скорость течения воды в водоводе: 6 м/с .

Диаметр трубопровода $\varnothing 100 \text{ мм}$, длина 20 м (приведенная). Температура в начале 8°C , температура в конце 3°C , окружающая температура: -20°C ; -30°C ; -40°C .

Устанавливаем, что

$$(t_1 - t_H)/(t_2 - t_H) = 1,2,$$

где t_1, t_2 – начальная и конечная температура жидкости, $^\circ\text{C}$; t_H – температура окружающего воздуха, $^\circ\text{C}$; d_K – наружный диаметр изоляции, м ; $\lambda_{из}$ – теплопроводность изоляции, $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Определим толщину изоляции по формуле

$$\delta_{из} = \frac{d}{2}(B-1),$$

где d – наружный диаметр изолируемой трубы, м ; $B = \frac{d_K}{d}$ – отношение между наружным диаметром изоляции и наружным диаметром изолируемой трубы;

$$\ln B = 2\pi\lambda_{из} \left[r_{tot} - \frac{1}{\alpha_c \pi(d + 0,1)} \right],$$

где α_c – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции, $\alpha_c = 29 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; r_{tot} – сопротивление теплопередачи при

$$\frac{t_{w1} - t_C}{t_{w2} - t_C} = \frac{8+20}{3+20} = \frac{8+30}{3+30} = \frac{8+40}{3+40} \approx 1,2 < 2$$

$$r_{tot} = \frac{3,6 \cdot \ell \cdot K_{red}(t_{wm} - t_C)}{G_w \cdot C_w(t_{w1} - t_{w2})},$$

где C_w – теплоёмкость воды ($4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}$); G_w – расход воды равен $0,06 \text{ м}^3/\text{с}$ (скорость движения равна 6 м/с , диаметр трубопровода равен 114 мм); t_{w1} – температура воды в начале ($\varnothing 100: +8^\circ\text{C}$); t_{w2} – температура воды в конце ($\varnothing 100: +3^\circ\text{C}$); t_C – окружающая температура, $^\circ\text{C}$; ℓ – приведенная

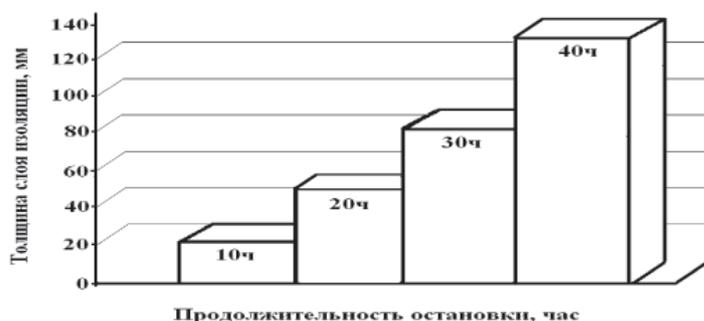


Рис. 1. Диаграмма толщины изоляции, обеспечивающей положительную температуру внутри устьевого оборудования в случае остановки закачивания воды (температура окружающей среды – 30°C)

длина объекта (Ø100:20 м); K_{red} – коэффициент, который учитывает дополнительный поток теплоты через опоры, $K_{red} = 1,2$; t_{wm} – средняя температура воды, °С:

$$t_{wm} = \frac{8+3}{2} = 5,5, (\text{Ø}100).$$

Определим толщину теплоизоляционного покрытия из вермикулита, совелита, ньювеля, стекловолкна для отрезка водовода, находящегося на устье скважины длиной 4 м и диаметром 114 мм (толщина стенки равна 5 мм).

Вермикулит:

Коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{из} = 0,074 + 0,00023 \cdot t_{из(ср)}$$

$$1) \text{ при } -20^\circ\text{C}, t_{из(ср)} = (t_{из(нар)} + t_{из(вн)})/2 = (-20 + 8)/2 = -6^\circ\text{C};$$

$$\lambda_{из} = 0,074 + 0,00023 \cdot (-6) = 0,073 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C};$$

$$r_{tot} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 20)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 1,75 \text{ (м}\cdot^\circ\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,073 \cdot \left[1,75 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 0,779;$$

$$B = 2,18; \delta_{из1} = (114/2) \cdot (2,18 - 1) = 68 \text{ мм};$$

$$2) \text{ при } -30^\circ\text{C}, t_{из(ср)} = (t_{из(нар)} + t_{из(вн)})/2 = (-30 + 8)/2 = -11^\circ\text{C};$$

$$\lambda_{из} = 0,074 + 0,00023 \cdot (-11) = 0,071 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C};$$

$$r_{tot} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 30)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 2,43 \text{ (м}\cdot^\circ\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,071 \cdot \left[2,43 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 1,06;$$

$$B = 2,89; \delta_{из2} = (114/2) \cdot (2,89 - 1) = 108 \text{ мм};$$

$$3) \text{ при } -40^\circ\text{C}, t_{из(ср)} = (t_{из(нар)} + t_{из(вн)})/2 = (-40 + 8)/2 = -16^\circ\text{C};$$

$$\lambda_{из} = 0,074 + 0,00023 \cdot (-16) = 0,07 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C};$$

$$r_{tot} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 40)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 3,12 \text{ (м}\cdot^\circ\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,07 \cdot \left[3,12 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 1,35;$$

$$B = 3,86; \delta_{из3} = (114/2) \cdot (3,86 - 1) = 163 \text{ мм}.$$

Совелит:

Коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{из} = 0,065 + 0,00009 \cdot t_{из(ср)}$$

$$1) \text{ при } -20^\circ\text{C}, t_{из(ср)} = (t_{из(нар)} + t_{из(вн)})/2 = (-20 + 8)/2 = -6^\circ\text{C};$$

$$\lambda_{из} = 0,065 + 0,00009 \cdot (-6) = 0,064 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C};$$

$$r_{tot} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 20)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 1,75 \text{ (м}\cdot^\circ\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,064 \cdot \left[1,75 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 0,68;$$

$$B = 2; \delta_{из4} = (114/2) \cdot (2 - 1) = 57 \text{ мм};$$

$$2) \text{ при } -30^{\circ}\text{C}, t_{\text{из(ср)}} = (t_{\text{из(нар)}} + t_{\text{из(вн)}})/2 = (-30 + 8)/2 = -11^{\circ}\text{C};$$

$$\lambda_{\text{из}} = 0,065 + 0,00009 \cdot (-11) = 0,064 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$r_{\text{tot}} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 30)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 2,43 \text{ (м}\cdot^{\circ}\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,064 \cdot \left[2,43 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 0,96;$$

$$B = 2,61; \quad \delta_{\text{из5}} = (114/2) \cdot (2,61 - 1) = 92 \text{ мм};$$

$$3) \text{ при } -40^{\circ}\text{C}, t_{\text{из(ср)}} = (t_{\text{из(нар)}} + t_{\text{из(вн)}})/2 = (-40 + 8)/2 = -16^{\circ}\text{C};$$

$$\lambda_{\text{из}} = 0,065 + 0,00009 \cdot (-16) = 0,064 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$r_{\text{tot}} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 40)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 3,12 \text{ (м}\cdot^{\circ}\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,064 \cdot \left[3,12 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 1,23;$$

$$B = 3,42; \quad \delta_{\text{из6}} = (114/2) \cdot (3,42 - 1) = 138 \text{ мм}.$$

Ньювель:

Коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{\text{из}} = 0,007 + 0,00006 \cdot t_{\text{из(ср)}}$$

$$1) \text{ при } -20^{\circ}\text{C}, t_{\text{из(ср)}} = (t_{\text{из(нар)}} + t_{\text{из(вн)}})/2 = (-20 + 8)/2 = -6^{\circ}\text{C};$$

$$\lambda_{\text{из}} = 0,007 + 0,00006 \cdot (-6) = 0,06964 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$r_{\text{tot}} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 20)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 1,75 \text{ (м}\cdot^{\circ}\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,06964 \cdot \left[1,75 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 0,74;$$

$$B = 2,1; \quad \delta_{\text{из7}} = (114/2) \cdot (2,1 - 1) = 60 \text{ мм};$$

$$2) \text{ при } -30^{\circ}\text{C}, t_{\text{из(ср)}} = (t_{\text{из(нар)}} + t_{\text{из(вн)}})/2 = (-30 + 8)/2 = -11^{\circ}\text{C};$$

$$\lambda_{\text{из}} = 0,007 + 0,00006 \cdot (-11) = 0,06934 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$r_{\text{tot}} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 30)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 2,43 \text{ (м}\cdot^{\circ}\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,06934 \cdot \left[2,43 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 1,04;$$

$$B = 2,83; \quad \delta_{\text{из8}} = (114/2) \cdot (2,83 - 1) = 104 \text{ мм};$$

$$3) \text{ при } -40^{\circ}\text{C}, t_{\text{из(ср)}} = (t_{\text{из(нар)}} + t_{\text{из(вн)}})/2 = (-40 + 8)/2 = -16^{\circ}\text{C};$$

$$\lambda_{\text{из}} = 0,007 + 0,00006 \cdot (-16) = 0,06904 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$r_{\text{tot}} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 40)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 3,12 \text{ (м}\cdot^{\circ}\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,06904 \cdot \left[3,12 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 1,33;$$

$$B = 3,78; \quad \delta_{\text{из9}} = (114/2) \cdot (3,78 - 1) = 158 \text{ мм}.$$

Стекловолокно:

Коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{из} = 0,036 + 0,00031 \cdot t_{из(ср)}$$

1) при -20°C , $t_{из(ср)} = (t_{из(нар)} + t_{из(вн)})/2 = (-20 + 8)/2 = -6^{\circ}\text{C}$;

$$\lambda_{из} = 0,036 + 0,00031 \cdot (-6) = 0,03414 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$r_{tot} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 20)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 1,75 \text{ (м}\cdot^{\circ}\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,03414 \cdot \left[1,75 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 0,36;$$

$$B = 1,43; \quad \delta_{из10} = (114/2) \cdot (1,43 - 1) = 24 \text{ мм};$$

2) при -30°C , $t_{из(ср)} = (t_{из(нар)} + t_{из(вн)})/2 = (-30 + 8)/2 = -11^{\circ}\text{C}$;

$$\lambda_{из} = 0,036 + 0,00031 \cdot (-11) = 0,03259 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$r_{tot} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 30)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 2,43 \text{ (м}\cdot^{\circ}\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,03259 \cdot \left[2,43 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 0,49;$$

$$B = 1,63; \quad \delta_{из11} = (114/2) \cdot (1,63 - 1) = 36 \text{ мм};$$

3) при -40°C , $t_{из(ср)} = (t_{из(нар)} + t_{из(вн)})/2 = (-40 + 8)/2 = -16^{\circ}\text{C}$;

$$\lambda_{из} = 0,036 + 0,00031 \cdot (-16) = 0,03104 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C};$$

$$r_{tot} = \frac{36 \cdot 20 \cdot 1,2 \cdot (5,5 + 40)}{0,06 \cdot 6 \cdot 4200 \cdot (8 - 3)} = 3,12 \text{ (м}\cdot^{\circ}\text{C)/Вт};$$

$$\ln B = 6,28 \cdot 0,03104 \cdot \left[3,12 - \frac{1}{29 \cdot 3,14 \cdot (0,114 + 0,1)} \right] = 0,6;$$

$$B = 1,82; \quad \delta_{из12} = (114/2) \cdot (1,82 - 1) = 47 \text{ мм}.$$

Тип изоляции	Температура окружающей среды		
	-20	-30	-40
	Толщина изоляции, мм		
Совелит	57	92	138
Вермикулит	68	108	163
Ньювель	60	104	158
Стекловолокно	24	36	47

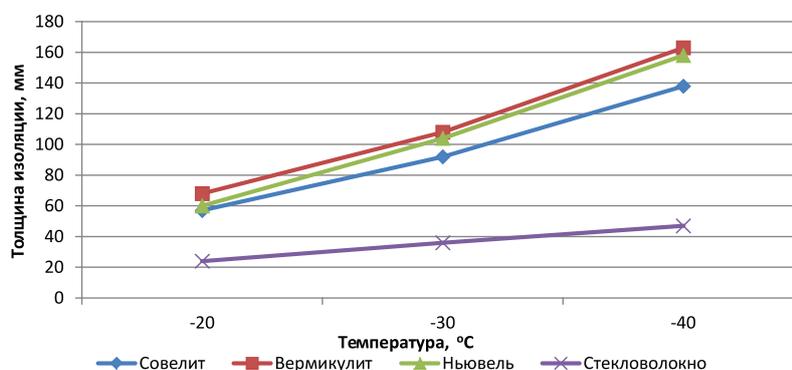


Рис. 2. График зависимости толщины изоляции скважины от температуры окружающей среды

По полученным значениям, приведенным в таблице, построим следующий график (рис. 2).

Вывод

1. На основе расчётных данных выявлена прямая зависимость между толщиной изоляции и теплопроводностью материала, из которого она изготовлена.

2. Установлена линейная зависимость толщины изоляции из стекловолокна от температуры окружающей среды, что нехарактерно для типов изоляций, выполненных из ньювеля, вермикулита и совелита. Для всех материалов наблюдается прямая взаимосвязь между данными параметрами.

3. Исходя из полученных результатов и построенных на их основе графиков, выявлена целесообразность применения стекловолокна при изоляции нагнетательных скважин в условиях низких температур. Его использование позволит поддерживать рабочую температуру на устье скважины в течение более долгого времени путём подбора необходимой толщины изоляционного слоя при определённой температуре окружающей среды при сравнительно меньших затратах на выбранный материал.

Список литературы

- Бахтизин Р.Н., Кадыров Р.Р., Фаттахов И.Г. Предохранение устья нагнетательной скважины от замораживания // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 274–277.
- Гаттенбергер Ю.П. Контроль за изменением теплового режима нефтеносных горизонтов в процессе разработки [Электронный ресурс] / Ю.П. Гаттенбергер. – Режим доступа: <http://hydroretroleum.ru/node/133>. Дата обращения: 28.12.2014.
- Кадыров Р.Р., Фаттахов И.Г., Кулешова Л.С. Применение электропрогрева для предупреждения замерзания устья нагнетательных скважин // Нефтепромышленное дело. – 2012. – № 4. – С. 32–35.
- Кузнецов Г.Ф. Тепловая изоляция / Кузнецов Г.Ф., Горбачев В.П., Бельский В.И. – М.: Стройиздат, 1985. – С. 248–297.
- Салимов М.Х. Если замерзают нагнетательные скважины [Электронный ресурс] / М.Х. Салимов. – Режим доступа: <http://msalimov.narod.ru/Frust.htm>. Дата обращения: 28.12.2014.
- Теплотехника. Расчет тепловых потерь в процессе нагнетания горячего теплоносителя при обработке призабойной зоны пласта: учебно-методическое пособие ГОУ ВПО УГНТУ / Галиуллина И.Ф., Мухаметдинова Л.Д.; под ред. Синилова А.А. – Уфа, 2009. – 26 с.
- Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов: СНиП 2.04.14-88 от 31 декабря 1997 г. № 18-80 // Сборник изменений к строительным нормам и правилам Госстроя СССР, 09.08.1988, № 155.
- Фаттахов И.Г., Кадыров Р.Р. Изменение конструкции устьевого арматуры нагнетательных скважин и подводных водоводов с учетом их работы в зимнее время // Нефтепромышленное дело. – 2012. – № 12. – С. 17–20.
- Фаттахов И.Г. Интеграция дифференциальных задач интенсификации добычи нефти с прикладным программированием // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2012. – № 5. – С. 115–119.
- Фаттахов И.Г., Кадыров Р.Р., Кулешова Л.С. Методы теплоизоляции устья нагнетательных скважин // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2012. – № 1. – С. 112–116.
- Фаттахов И.Г., Кадыров Р.Р. Определение границ замерзания подводных водоводов нагнетательных скважин с применением прикладного программирования // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2012. – № 10. – С. 39–43.
- Фаттахов И.Г. Предпосылки по использованию тепла сгорания попутного нефтяного газа для подогрева нагнетаемой воды в зимнее время // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2014. – № 1. – С. 61–65.
- Фаттахов И.Г., Кадыров Р.Р., Никифоров А.А., Мингазов И.Р. Принципиальная возможность программного расчета естественной конвекции в теплообменнике // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – 2012. – № 11. – С. 50–52.
- Фаттахов И.Г., Кадыров Р.Р. Приспособление для поддержания положительных температур на устье скважины // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 6. – С. 315–317.

References

- Bahtizin R.N., Kadyrov R.R., Fattahov I.G. Predohranenie ustja nagnetatelnoj skvazhiny ot zamorazhivaniya // Nauchnoe obozrenie. 2013. no. 9. pp. 274–277.
- Gattenberger Ju.P. Kontrol za izmeneniem teplovogo rezhima neftenosnyh gorizontov v processe razrabotki [Elektronnyj resurs] / Ju.P. Gattenberger. Rezhim dostupa: <http://hydroretroleum.ru/node/133>. Data obrashhenija: 28.12.2014.
- Kadyrov R.R., Fattahov I.G., Kuleshova L.S. Primenenie jelektroprogreva dlja preduprezhdenija zamerzaniya ustja nagnetatelnyh skvazhin // Neftepromyslovoe delo. 2012. no. 4. pp. 32–35.
- Kuznecov G.F. Teplovaja izoljacija / Kuznecov G.F., Gorbachev V.P., Belskij V.I./M.:Strojizdat. 1985. pp. 248–297.
- Salimov M.H. Esli zamerzajut nagnetatelnye skvazhiny [Elektronnyj resurs] / M.H. Salimov. Rezhim dostupa: <http://msalimov.narod.ru/Frust.htm>. Data obrashhenija: 28.12.2014.
- Teplotehnika. Raschet teplovyh poter v processe nagnetanija gorjacheho teplonositelja pri obrabotke prizabojnoj zony plasta: uchebno-metodicheskoe posobie GOU VPO UGNTU / Galiullina I.F., Muhametdinova L.D.; pod red. Sinilova A.A. Ufa. 2009. 26 p.
- Teplovaja izoljacija oborudovanija i truboprovodov. SNiP 2.04.14-88 ot 31 dekabrja 1997 g. no. 18-80 // Sbornik izmenenij k stroitelnyim normam i pravilam Gosstroja SSSR, 09.08.1988, no. 155.
- Fattahov I.G., Kadyrov R.R. Izmenenie konstrukcii ustevnoj armatury nagnetatelnyh skvazhin i podvodjashhih vodovodov s uchetom ih raboty v zimnee vremja // Neftepromyslovoe delo. 2012. no. 12. pp. 17–20.
- Fattahov I.G. Integracija differencialnyh zadach intensivifikacii dobychi nefiti s prikladnym programirovanijem // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft i gaz. 2012. no. 5. pp. 115–119.
- Fattahov I.G., Kadyrov R.R., Kuleshova L.S. Metody teploizoljacji ustja nagnetatelnyh skvazhin // Jelektronnyj nauchnyj zhurnal Neftegazovoe delo. 2012. no. 1. pp. 112–116.
- Fattahov I.G., Kadyrov R.R. Opredelenie granic nezamerzaniya podvodjashhih vodovodov nagnetatelnyh skvazhin s primenenijem prikladnogo programirovanija // Avtomatizacija, telemehanizacija i svjaz v nefljanoy promyshlennosti. 2012. no. 10. pp. 39–43.
- Fattahov I.G. Predposylki po ispolzovaniju tepla sgoranija poputnogo nefljanogo gaza dlja podogreva nagnetajemoj vody v zimnee vremja // Geologija, geofizika i razrabotka nefljanij i gazovyh mestorozhdenij. 2014. no. 1. pp. 61–65.
- Fattahov I.G., Kadyrov R.R., Nikiforov A.A., Mingazov I.R. Principialnaja vozmozhnost programmnogo rascheta estestvennoj konvekcii v teploobmennike // Avtomatizacija, telemehanizacija i svjaz v nefljanoy promyshlennosti. 2012. no. 11. pp. 50–52.
- Fattahov I.G., Kadyrov R.R. Prispособenie dlja podderzhanija polozhitelnyh temperatur na uste skvazhiny // Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2012. no. 6. pp. 315–317.

Рецензенты:

Хузина Л.Б., д.т.н., доцент, профессор, зав. кафедрой «Бурение нефтяных и газовых скважин», ГБОУ ВПО «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск;

Кнеллер Л.Е., д.т.н., профессор, зам. генерального директора по научной работе открытого акционерного общества научно-производственного предприятия «ВНИИГИС», г. Октябрьский.