

гического процесса по подготовке и обработке газа с целью достижения оптимального уровня безопасности, а также приемлемой стоимости систем по защите технологических установок.

Таким образом, предварительный анализ обеспечения пожарной безопасности на газоперерабатывающих заводах, в частности, на установках комплексной подготовки газа, и оценка эффективности использования различных систем предупреждения пожаров и противопожарной защиты, позволяет сделать вывод о необходимости детальной проработки нормативной базы по вопросам пожарной безопасности установках комплексной подготовки газа, а также совершенствования систем противопожарной защиты этих установок.

Список литературы

1. ВНТП 01/87/04-84. Нормы технологического проектирования. Объекты газовой и нефтяной промышленности, выполненные с применением блочных и блочно-комплектных устройств.
2. ВНТП 3-85. Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений.
3. ВУПП-88. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

УДК 621.651

ВЛИЯНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПОТОКА ГРУНТОВЫХ ВОД НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ГРУНТА ПРИ МНОГОЛЕТНЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИН

Н. Ю. Сапрыкина, П. В. Яковлев

Астраханский государственный

архитектурно-строительный университет (Россия)

Циклическое использование скважин обусловлено их работой в сезонных режимах отопление/кондиционирование, и, как перспективное направление повышения их эффективности и удельной мощности, ставят перед проектировщиками проблему разработки методик расчета, учитывающих нестационарность работы скважин.

Ключевые слова: температурное поле, температура грунта, тепловой насос, геотермальная скважина.

Cyclic use of wells is due to their operation in seasonal heating / air conditioning modes, and, as a promising direction of increasing their efficiency and specific power, they are facing the problem of developing calculation methods that take into account non-stationarity of wells.

Keywords: temperature field, soil temperature, heat pump, geothermal well.

Изменение температурного фона, формируемого в условиях многолетней эксплуатации скважин, не компенсируется фоновыми тепловыми потоками, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях всей системы. Необходимость совершенствования методик долгосрочного прогноза параметров работы низкопотенциальных геотермальных скважин в нестационарном циклическом режиме систем отопления и кондиционирования обуславливают актуальность исследования в этом направлении.

Задача построения температурного поля будет выглядеть не полной, если не учесть, что грунтовые воды, находясь в движении, образуют фильтрационный поток, одновременно транспортирующий и тепло. Это воздействие может служить одним из влияющих факторов при изучении изменения температурного поля грунта в условиях эксплуатации геотермальных тепловых насосов при длительных сроках эксплуатации.

На рис. 1 представлена расчетная модель скважины, с проходящим через пласт фильтрационным потоком грунтовых вод.

Влияющим параметром является скорость фильтрации грунтовых вод в районе скважины. Для большинства грунтов для расчета скорости фильтрации, в довольно большом диапазоне скоростей фильтрации, справедлив закон Дарси [1].

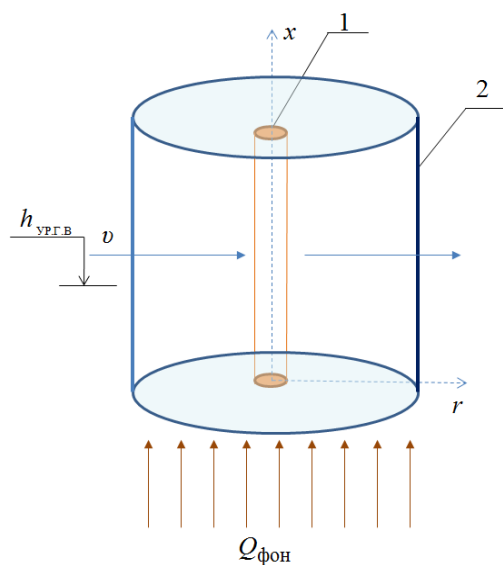


Рис. 1. Модель расчета температурного поля грунта в условиях влияния фильтрационного потока грунтовых вод

Коэффициент фильтрации k_f является мерой водопроницаемости грунта. Величина коэффициента фильтрации для различных грунтов изменяется в широких пределах [2, 3].

Распространение температурного поля в земле, вблизи скважины сводится к решению уравнению нестационарной теплопроводности [4, 5]. С учетом естественного фонового потока Земли, а также конвективной составляющей, уравнение будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{dt}{d\tau} + \left(\frac{dt}{dx} \cdot v_x + \frac{dt}{dy} \cdot v_y + \frac{dt}{dz} \cdot v_z \right) = a \nabla^2 t + q \quad (1)$$

где $\frac{dt}{dx} \cdot v_x + \frac{dt}{dy} \cdot v_y + \frac{dt}{dz} \cdot v_z$ – конвективная составляющая изменения температуры; $\nabla^2 = \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа.

Влияние фильтрационного потока грунтовых на температурное поле приведено на рис. 2. Пик графика (рисунок 2-1б) температуры смещен относительно основной оси скважины. Величина смещения составляет 0,3 м. Температура на забое скважины ($T_{\text{оси}}$) и пиковой температуры эксплуатируемого грунта ($T_{\text{пик}}$) за счет смещения экстремума снижается на 2 °С. При малой скорости фильтрационного потока, происходит экстремума графика изменения температур от забоя скважины, который не оказывает значительного влияния на параметры работы скважины. Понижение температуры на забое находится в пределах 2 °С. С увеличением скорости фильтрации грунтовых вод происходит заметное изменение графика изменения температур в грунте (рис. 2-II). На поток тепла, движущийся радиально от скважины накладывается встречный фильтрационный поток пластового флюида. Это приводит к «разрыву» графика (рис. 2-IIIб) в области наибольших градиентов в районе обсадной колонны. При скорости фильтрации 0,000005 м/с, соответствующей холмистому рельефу местности с высокой проницаемостью грунтов получено поле температур с ярко выраженной асимметрией, представленное на рисунке 2-III.

Влияние фильтрационного потока грунтовых вод на температурное поле грунта предложено учитывать [6, 7] введением поправки на скорость фильтрационного потока $P = f(v)$. Учитывая поставленную задачу оценки влияния грунтовых вод на температуру, предложено ввести безразмерную температуру:

$$\Theta = \frac{t_{\text{оси}} - t_{\text{фон}}}{t_{\text{пик}} - t_{\text{фон}}} \quad (2)$$

где $t_{\text{оси}}$ – температура по оси скважины, °С; $t_{\text{пик}}$ – пиковая температура эксплуатируемого грунта в течение времени, °С.

Поправка на коэффициент влияния фильтрации имеет вид:

$$P = \frac{\Delta t_{\text{сфильтр}}}{\Delta t_{\text{безфильтр}}} = \frac{t_{\text{скв.сфильтр}} - t_{\text{фон}}}{t_{\text{скв.безфильтр}} - t_{\text{фон}}}, \quad (3)$$

где $\Delta t_{\text{сфильтр}}$ – разность температуры грунта с фильтрацией, °С; $\Delta t_{\text{безфильтр}}$ – разность температуры грунта без фильтрации, °С; $t_{\text{скв.сфильтр}}$ – температура скважины с фильтрацией, °С; $t_{\text{фон}}$ – фоновая температура грунта, °С; $t_{\text{скв.безфильтр}}$ – температура скважины без фильтрации, °С.

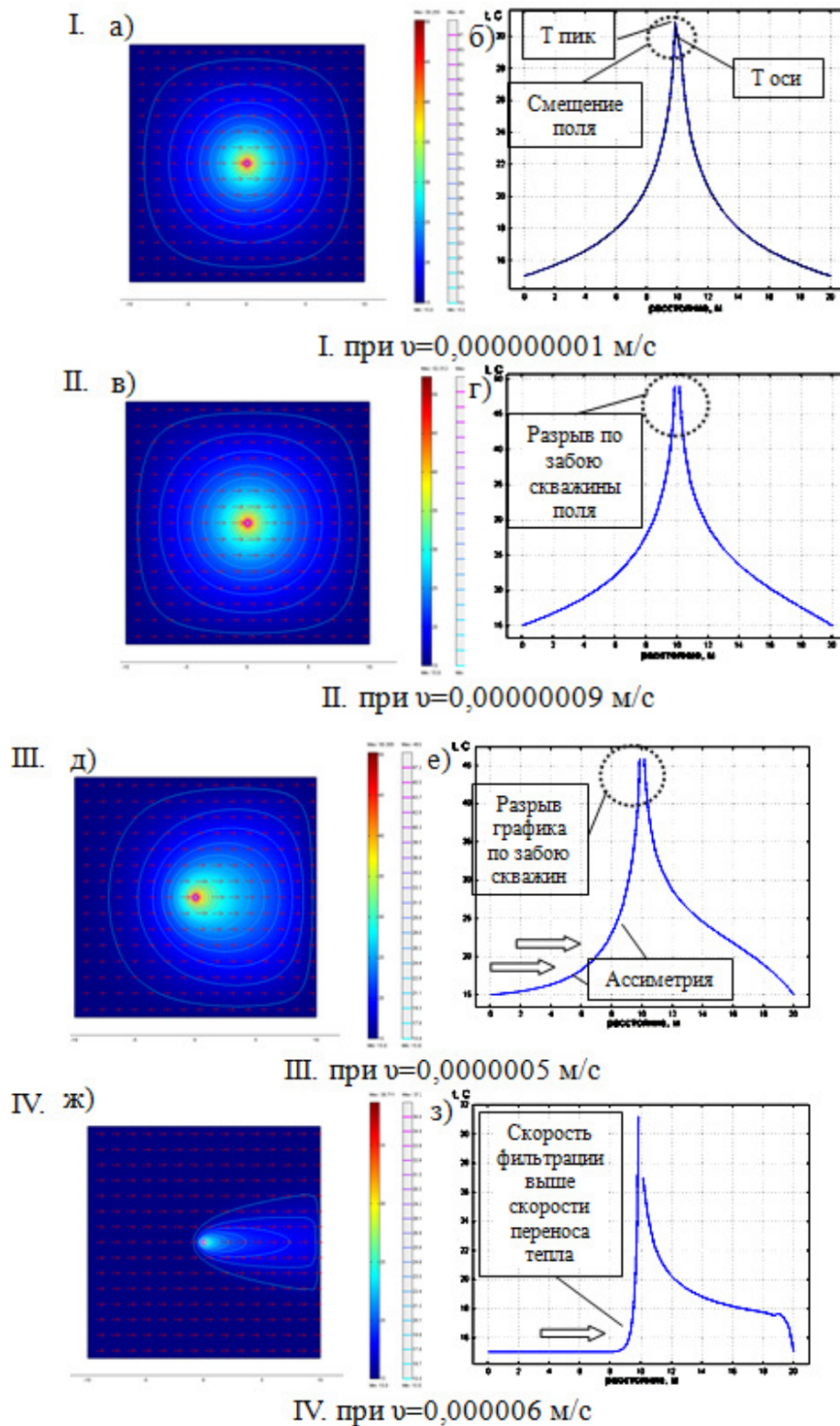


Рис. 2. Изменения температуры грунта при различных скоростях грунтовых вод

Безразмерный комплекс – коэффициент кратности водообмена:

$$C = \frac{v \cdot \tau}{d} \quad (4)$$

где v – скорость фильтрационного потока, м/с; d – диаметр скважины, м.

На рис. 3 представлены результаты влияния скорости фильтрации на теплообмен в пространстве около скважины.

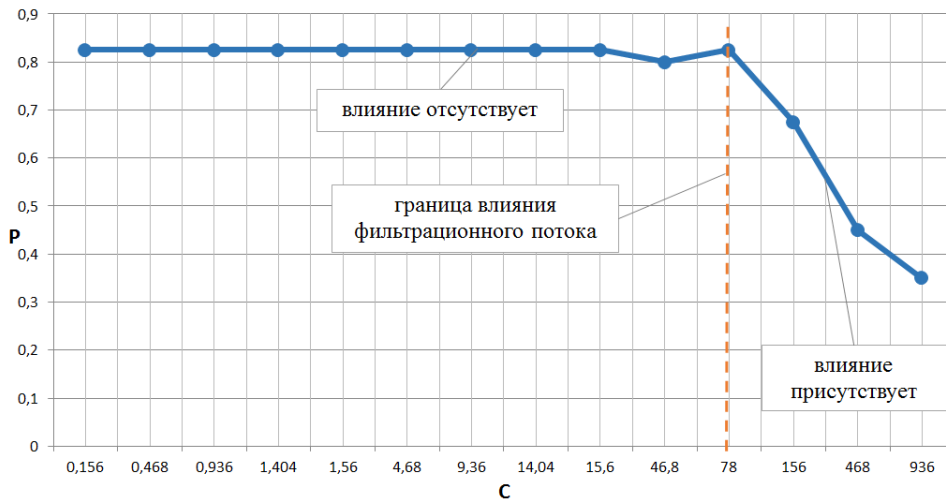


Рис. 3. Зависимость поправки на коэффициент влияния фильтрационного потока (P) от критерия водообмена (C) при работе системы кондиционирования

Как видно из полученных результатов, можно выделить два режима: первый – скорость фильтрации мала и не оказывает влияние на теплообмен скважины и грунта, второй – с ростом скорости температура начинает падать. Границы выделенных режимов определены критическим значением критерия водообмена, $P = 78$. Таким образом:

- если $0 < C < 78$, то $P = 1$, влияние фильтрационного потока отсутствует;
- если $C > 78$, то фильтрационный поток влияет на теплообмен, и температура на забое скважины приближается к фоновому ее значению с ростом скорости.

Расчет температурного поля с поправкой на коэффициент влияния фильтрационного потока грунтовых вод выглядит следующим образом:

$$\theta = (-5 \cdot 10^{-9} \cdot Q \cdot Fo^2 + 2 \cdot 10^{-8} Fo \cdot Q + 0,0003 \cdot Q + 5,1(0,0002 \cdot k_p + 1,98)) \cdot (-0,165 \cdot C + 1) \quad (5)$$

В результате исследования выделено два режима влияния фильтрационного потока грунтовых вод: первый – когда скорость фильтрационного потока мала и не оказывает никакого влияния на изменение температурного поля грунта; второй – при скоростях, превышающих характерные значения для прибрежных участков равнинных рек происходит смещение температурного, оказывая влияние на режим работы скважины. Исследованиями определены границы указанных режимов.

Список литературы

1. Маккавеев А. А. Словарь по гидрологии и инженерной геологии. М. : Высшая школа, 1960. 74 с.

2. Маслов Н. Н. Основы механики грунтов и инженерной геологии. М. : Высшая школа, 1982. 511 с.
3. Нерпин С. В., Чудновский А. Ф. Физика почвы. М. : Наука, 1967. 584 с.
4. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Энергосберегающие технологии портовых сооружений на основе применения геотермальных тепловых насосов // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. Астрахань. 2017. № 1. С. 116–124.
5. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Исследование естественного изменения температурного поля при многолетней эксплуатации теплового насоса // Вестник ТГТУ. Томск. 2016. № 4 (57). С. 117–125.
6. Сапрыкина Н. Ю. Исследование формирования температурного поля грунта при эксплуатации геотермальных тепловых насосов при условии влияния грунтовых вод // Вестник СГАСУ. Самара, 2016. № 3 (24). С. 25–30.
7. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Исследование формирования температурного поля грунта при эксплуатации геотермальных тепловых насосов в условиях влияния грунтовых вод // Вестник ВГТУ. Воронеж, 2017. № 2 (46). С. 27–37.

УДК 628.16

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ТЭЦ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОИСТОЧНИКОВ

А. Э. Усынина

*Астраханский государственный
архитектурно-строительный университет (Россия)*

Основным источником водоснабжения предприятий теплоэнергетической отрасли являются поверхностные водотоки. В условиях их антропогенного загрязнения нарушается водно-химический режим станций и в целом дальнейшая работа технологических и энергетических установок. Предлагается в технологических схемах предварительной очистки воды применять мембранные технологии с усовершенствованным способом подачи воды.

Ключевые слова: мембрана, импульсная фильтрация, водоподготовка, теплоэнергетика.

The main source of water supply of the enterprises of heat power branch are superficial waterways. In the conditions of their anthropogenic pollution the water and chemical mode of stations and in general further operation of technological and power stations is broken. It is offered to apply in technological schemes of preliminary water purification membrane technologies with improved way of water supply.

Keywords: membrane, pulse filtration, water treatment, power system.

Срок службы оборудования теплоэлектростанций значительно превысил нормативные сроки, в связи с эксплуатацией его без капитального ремонта более 25 лет. Оборудование муниципальных и ведомственных источников тепла физически изношено и морально устарело, большая часть