

УДК 622.24

Использование инфракрасных технологий при исследовании теплофизических задач разработки и эксплуатации скважин

Кожевников А. А. *, Судаков А. К., Дреус А. Ю.

НГУ, Днепрпетровск, Украина

Поступила в редакцию 12.08.09, принята к печати 12.02.10.

Аннотация

Приведены примеры использования тепловизора для исследования двух частных тепловых задач, связанных с технологическими процессами бурения и эксплуатации скважин.

Ключевые слова: тепловизор, бурение скважин.

Введение

Можно выделить целый комплекс задач, связанных с теплофизическими процессами при бурении и эксплуатации скважин, некоторые из которых приведены в [1]. Для определения энергетических затрат, а также характера и показателей диссипативных процессов целесообразно во многих случаях выполнить исследование температурного состояния того или иного объекта.

В то же время использование экспериментальных методов при изучении теплофизических процессов в горном производстве достаточно ограничено. Это обусловлено целым рядом объективных причин: высокая стоимость экспериментальных работ и техническая сложность организации в натуральных условиях, трудность или невозможность многократного повторения эксперимента и др.

В настоящее время широкое применение получают бесконтактные методы измерения температуры, основанные на измерении теплового излучения тел в инфракрасном диапазоне. Техническими устройствами, реализующими такие измерения, являются инфракрасные термометры (пирометры) и инфракрасные камеры (тепловизоры). Данные устройства уже нашли широкое применение в медицине, химической промышленности, энергетике. Несмотря на высокую стоимость таких приборов на сегодняшний день их использование позволяет значительно упростить методику проведения исследований и многократно сократить время на проведение экспериментов. В настоящей работе приведены примеры использования тепловизора для исследования двух частных тепловых задач, связанных с технологическими процессами бурения и эксплуатации скважин.

Методика проведения экспериментальных исследований основанных на инфракрасных технологиях

Каждое нагретое тело испускает тепловое излучение, интенсивность и спектр которого зависят от свойств тела и его температуры. Принцип действия тепловизора: инфракрасное (тепловое) излучение от исследуемого объекта через оптическую систему передается на приемник, представляющий собой неохлаждаемую матрицу термо-детекторов. Матрица

* E-mail: ttgr@pop.dgtu.donetsk.ua

(чувствительный элемент) миниатюрных детекторов воспринимает инфракрасные сигналы и превращает их в электрические импульсы, которые после усиления преобразуются в видеосигнал. Далее полученный видеосигнал посредством электронного блока измерения, регистрации и математической обработки оцифровывается и отображается на экране компьютера или дисплее телевизора.

Для проведения экспериментальных исследований была использована тепловизионная инфракрасная камера AGEMA 570 (рис.1) производства компании FLIR Systems, прошедшая необходимую метрологическую сертификацию. Стандартный диапазон измерения для данной камеры составляет от -20°C до $+500^{\circ}\text{C}$. Чувствительность камеры составляет $0,1^{\circ}\text{C}$ при точности измерения $\pm 2\%$ от диапазона. Вывод информации осуществляется на жидкокристаллический дисплей камеры или монитор компьютера при подключении камеры к таковому. Кроме того, осуществляется запись на съемную PC карту емкостью 170 Мбайт.



Рис 1. Внешний вид инфракрасной камеры AGEMA 570

При обработке термограмм имеется возможность проводить анализ и строить тренды с помощью офисных приложений Windows. При этом допускаются различные цветовые гаммы изображений.

Исследование теплофизических процессов в гравийных фильтрах, изготовленных по криогенной технологии.

При добыче воды важной задачей является очищение ее в призабойной зоне от механических примесей. Для задержки таких продуктов, улучшения эксплуатационных характеристик скважины и увеличения дебита ее используют гравийные фильтры. В настоящее время на кафедре техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета разрабатывается криогенная технология изготовления гравийных фильтров для оборудования водоприемной части буровой скважины. В отличие от традиционных технологий предлагается применять водорастворимый органический полимер, который в ходе изготовления криогенно-гравийного фильтра претерпевает фазовые изменения [2]. В связи с этим появляется необходимость в изучении теплофизических процессов, протекающих в криогенно-гравийном фильтре для определения оптимальных условий и режимов его размораживания (растепления) при оборудовании ими буровых скважин.

Для проведения экспериментальных исследований было изготовлено несколько образцов криогенно-гравийных фильтров. При этом в качестве вяжущего вещества использовались в образце №1 – техническая вода, а в образце №2 – водный раствор органического полимера. Образцы были выдержаны в морозильной камере в течение 24 часов. После этого с помощью инфракрасной камеры выполнено наблюдение за процессом растепления в помещении с температурой воздуха $+16^{\circ}\text{C}$ в течение 1 часа.

На рис.2 представлены термограммы, показывающие динамику изменения температуры в образцах. В рамках показана температура в $^{\circ}\text{C}$ в точках замера, которые выделены крестом.

В результате проведенного исследования установлено, что процесс растепления в образце №1 протекает более интенсивно нежели в образце №2, что подтверждается результатами предшествующих исследований реологических свойств криогенно-гравийных блоков.

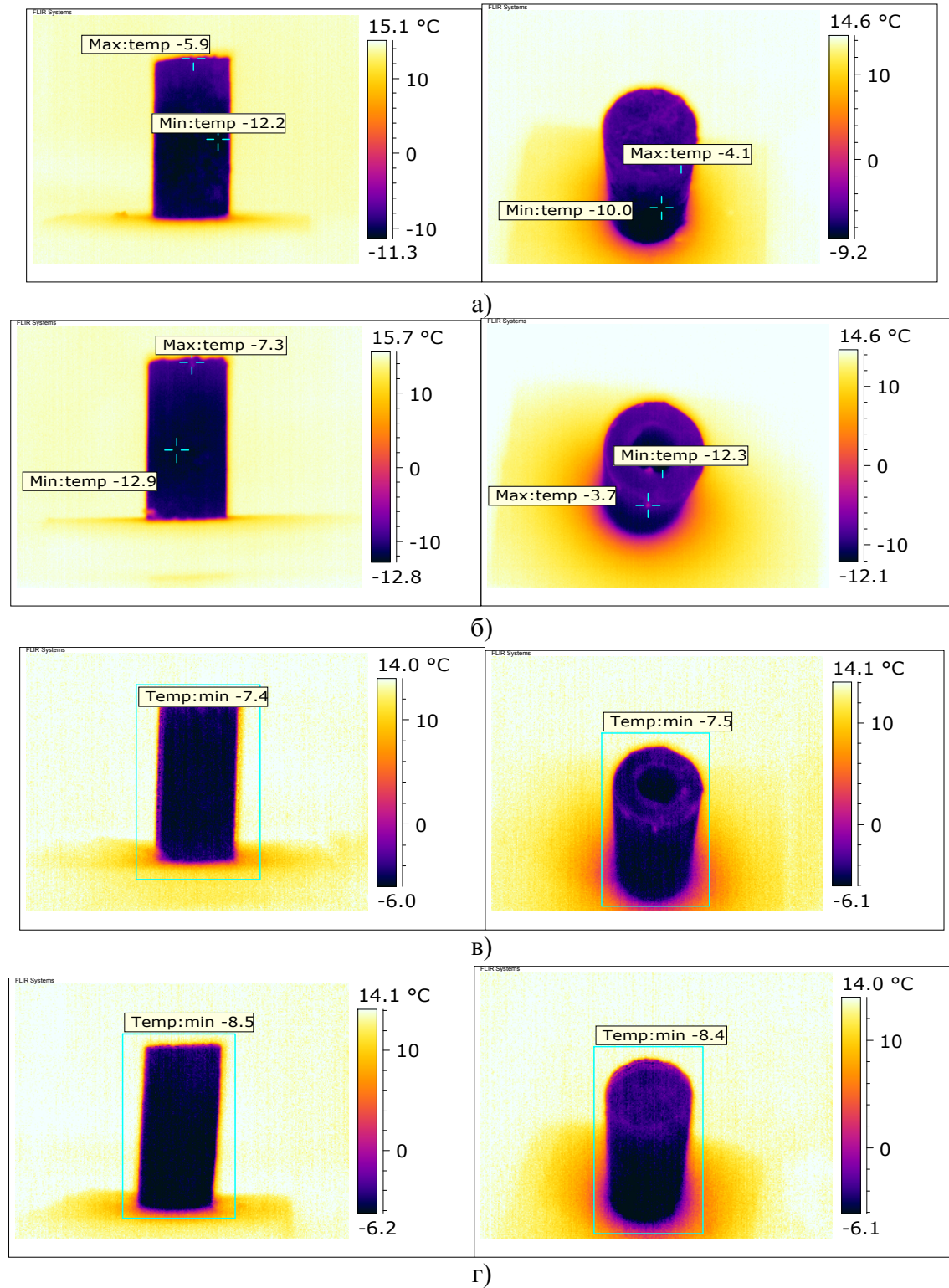


Рис.2. Термограммы а) образец №1 через 5 минут после изъятия из морозильной камеры; б) образец №2 через 5 минут после изъятия из морозильной камеры; в) образец №1 через 25 минут после изъятия из морозильной камеры; г) образец №2 через 25 минут после изъятия из морозильной камеры.

Кроме того, при помощи данного оборудования возможно выявлять дефекты структуры, скрытые глазу (рис. 3)

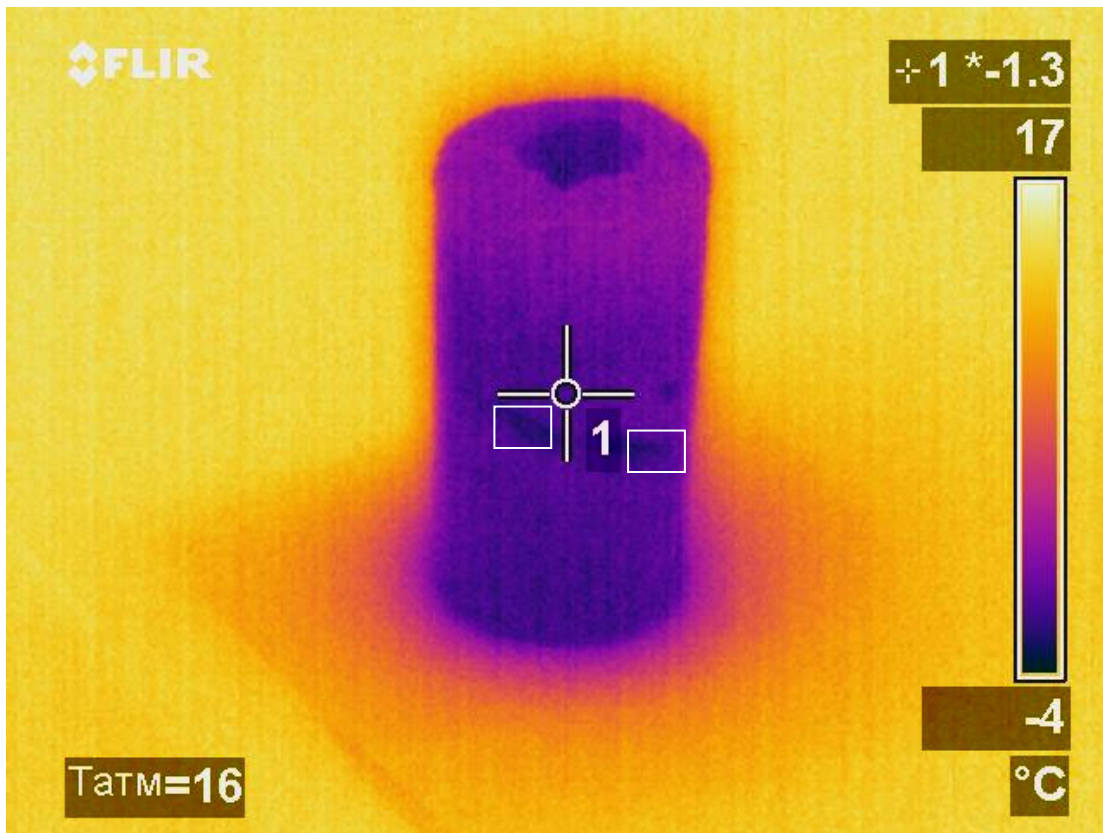


Рис. 3 Термограмма растепленного в водной среде при $t_c=7^{\circ}\text{C}$ образца №2. Время растепления 5 мин.
□ - пустота.

Исследование температурного режима модели породоразрушающего инструмента.

Одним из важных факторов, определяющих эффективность процесса бурения скважины, является температурный режим системы породоразрушающий инструмент – забой скважины. С увеличением температуры снижается работоспособность породоразрушающего инструмента и возрастает износ его вооружения и др.

В силу ранее приведенных причин исследование процесса нагрева инструмента при бурении скважины представляет достаточно сложную задачу. Поскольку основной задачей является определение контактной температуры, то было выполнено моделирование процесса бурения с помощью сверлильного станка. Породоразрушающий инструмент моделировался металлическим стержнем, который на оборотах близких к реальным совершал трение о поверхность гранитного образца. На рис.4 представлены термограммы полученные по результатам тепловизионной съемки.

Полученные данные показывают, что время выхода на стационарный режим достаточно продолжительно и составляет более 7 минут при нагрузке на модель инструмента 100 даН. Это обусловлено тем, что охлаждение происходит за счет теплообмена с воздухом, который является низкоэнthalпийным охладителем. Максимальная температура на контакте приближается к 200 °С. Результаты исследований могут быть использованы как для оценки

порядка температур, возникающих при бурении, так и при верификации расчетных методик по определению теплового состояния инструмента.

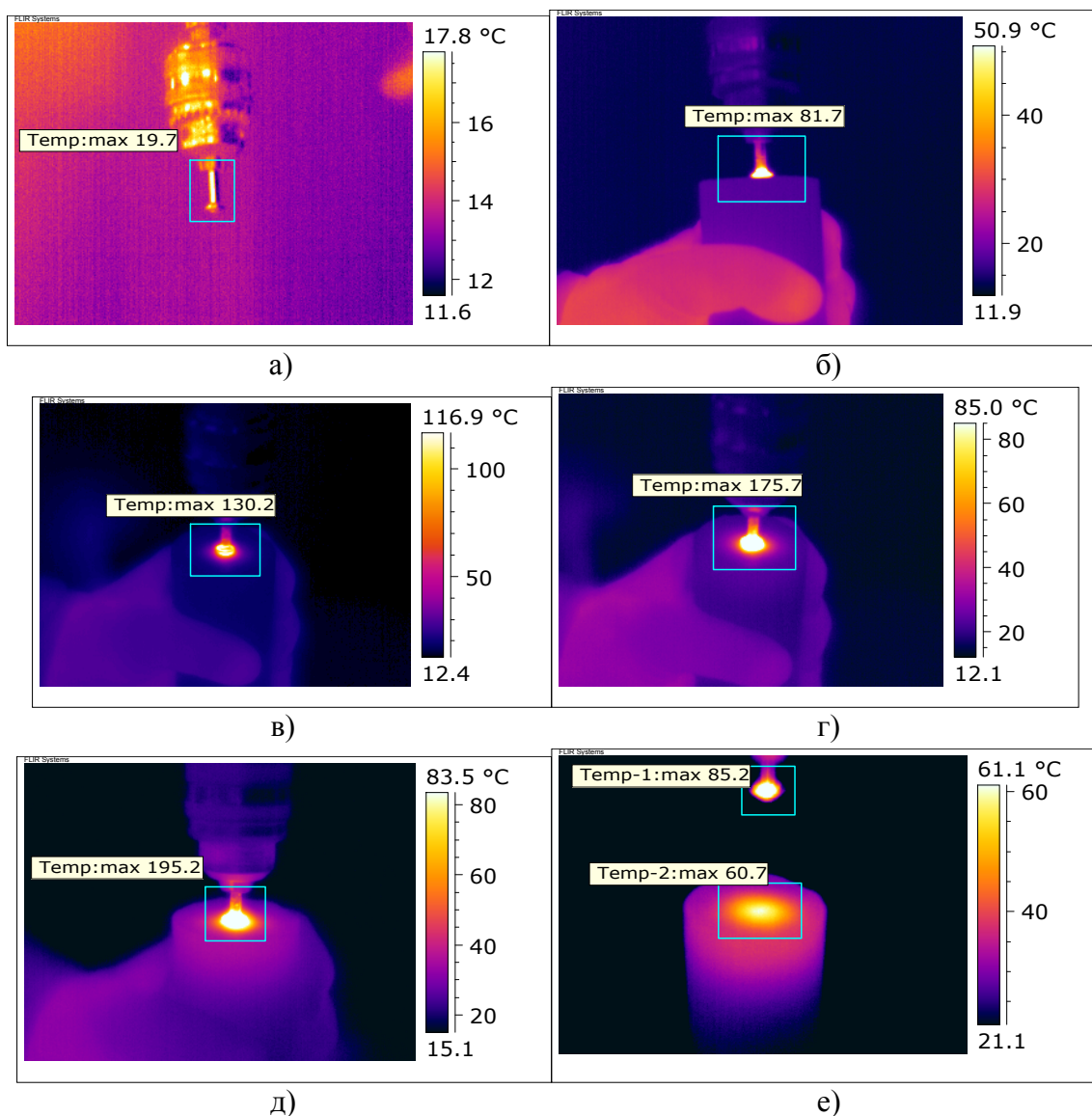


Рис.4. Термограммы а) перед началом опыта; б) через 1 минуту после начала опыта; в) через 2 минуты; г) через 3 минуты; д) через 7 минут; е) после окончания опыта

Выводы

В работе продемонстрированы возможности современных инфракрасных технологий при рассмотрении некоторых актуальных задач, связанных с разработкой и эксплуатацией скважин. Представлены результаты экспериментальных исследований температурных полей в гравийных фильтрах, изготовленных с помощью криогенных технологий. Рассмотренный подход позволяет существенно снизить материальные и временные затраты, связанные с подготовкой и проведением экспериментов, и эффективно проводить исследования тепловых процессов в такого рода задачах.

Библиографический список

1. Кожевников А.А., Дреус А.Ю. Математические модели в задачах горной теплофизики // Матеріали регіональної наукової конференції «Прикладні проблеми аерогідромеханіки та тепломасопереносу», Дніпропетровськ, 16-17 листопада, 2006. С.100.
2. Кожевников А.А., Судаков А.К., Гриняк А.А. Гравийные фильтры с использованием эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния вязущего вещества. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. научн. трудов. – Вып.. 11. – Киев: ИСМ НАН Украины, 2008, С. 84–88.
3. Кожевников А.А., Гошовский С.В., Дреус А.Ю., Мартыненко И.И. Тепловой фактор при бурении скважин. – К.: УкрГГРИ, 2008 – 166 с.

© Кожевников А. А., Судаков А. К., Дреус А. Ю., 2010.

Анотація

Наведені приклади використання тепловізора для дослідження двох теплових завдань, пов'язаних з технологічними процесами буріння і експлуатації свердловин.

Ключові слова: тепловізор, буріння свердловин.

Abstract

Use examples of infrared camera for research of two thermal problems connected with technological processes of drilling and operation of wells are resulted.

Keywords: infrared camera, drilling.