

ОБНАРУЖЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ ИЗЛУЧАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ИК-ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Н.И. Иванов¹, А.В. Балаклеяский²

(¹Академия гражданской защиты Украины, Харьков, ² Украинский научно-исследовательский институт пожарной безопасности, Харьков)

Проведены измерения излучательной и пропускной способности нефти и нефтепродуктов радиометрическим методом в ИК-диапазоне длин волн.

мониторинг, ИК-радиометр, разливы нефти, излучательная способность

Постановка проблемы. Экологическая безопасность предприятий нефтепромышленного комплекса, прежде всего, связана с совершенствованием систем дистанционного контроля аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на подстилающих поверхностях [1].

Анализ последних достижений и публикаций. По спектральному составу используемого излучения системы обнаружения нефтяных разливов можно разделить на системы ультрафиолетового, видимого, инфракрасного и сверхвысокочастотного излучения [2 – 4]. В диагностике нефти и нефтепродуктов важно определять яркостную температуру $T_{я}$ объекта и его излучательную способность ε . Для измерения указанных параметров необходимо обеспечить прием теплового излучения от исследуемого объекта в широком диапазоне длин волн $\lambda \sim 1 \text{ мкм} \dots 10 \text{ см}$, что на практике достигается комплексированием приемных устройств инфракрасного, миллиметрового и СВЧ диапазонов длин волн. Довольно сложное комплексирование инфракрасных и радиотехнических приемных устройств дополняет их основные достоинства. Инфракрасные системы обладают высокой угловой разрешающей способностью, радиосистемы обеспечивают всепогодность измерений $T_{я}$.

Принимаемое приемником ИК-излучение складывается из отражательной и диффузной компонент излучения фона.

Изменения контраста в радиационных температурах пленок нефти и нефтепродуктов на воде от времени суток в основном связано с отраженной от водной поверхности тепловой радиации Солнца. В приповерхностном слое воды тепловое излучение обусловлено диффузной компонентой – излучение фона, испытывавшее рассеивание в толще воды и выходящее наружу, при этом испытывающее многократное отражение на границе вода-нефтепродукт, что приводит к увеличению коэффициента

отражения от воды, покрытой пленкой нефтепродукта.

В работе [5] показано, что коэффициент отражения чистого нефтепродукта меньше, чем коэффициент отражения воды, покрытой пленкой нефтепродукта. Таким образом, в приповерхностном слое воды происходит изменение градиента температуры. В лабораторных условиях, когда тепловая радиация, отраженная от воды, остается постоянной, т.е. является радиационным фоном, при котором проводятся измерения, можно имитировать условия, при которых изменения градиента температуры имеет разные направления, что соответствует натурным испытаниям в дневное или ночное время суток. При этом контраст в радиационных температурах пленок нефтепродуктов и чистой воды меняет свой знак. Исследования, проведенные в режиме повышения температур, давали отрицательный температурный контраст, а в режиме понижения температуры – положительный температурный контраст. Наибольший температурный контраст наблюдался при измерениях в режиме понижения температуры.

Постановка задачи и ее решение. В настоящей работе представлены результаты измерения излучательной и пропускной способности пленок нефти и различных нефтепродуктов на водной поверхности с использованием радиометрического метода в диапазоне длин волн 2 – 20 мкм. Исследовано влияние температуры водной поверхности T_B , толщины пленки нефти и нефтепродуктов d на излучательную способность нефти и нефтепродуктов.

Исследования проводились в лабораторных условиях на действующем макете радиометра ИК-излучения. Регистратором теплового излучения служил пироэлектрический приемник типа МГ-30, который измерял энергию модулированного излучения в диапазоне длин волн 2 – 20 мкм и имел фотоэлектрические параметры: интегральная вольтваттная чувствительность $2 \cdot 10^3$ В/Вт, пороговая чувствительность $2 \cdot 10^{-9}$ Вт/Гц^{1/2}. Измерения проводились на частоте модуляции 200 Гц. При исследовании пропускной способности пленок нефти и нефтепродуктов в качестве источника теплового излучения использовался источник типа АЧТ с регулировкой температуры излучения в интервале 400 – 600 К. На рис. 1 приведена блок-схема измерительной установки.

Зависимость излучательной способности пленок нефти и пленок нефтепродуктов от температуры имеет линейный характер для пленок, нанесенных на стеклянную поверхность. Для пленок на гладкой водной поверхности прояв-

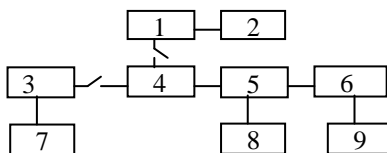


Рис. 1. Блок-схема макета радиометра ИК-излучения: 1 – АЧТ; 2 – регулятор температуры; 3 – исследуемая поверхность; 4 – модулятор; 5 – приемник МГ-30; 6 – согласующий усилитель; 7 – нагреватель; 8 – источник питания; 9 – регистрирующее устройство

ляется слабовыраженная нелинейность в диапазоне температур 22 – 35 °С. Зависимость излучательной способности чистой воды от температуры также носит слабо выраженный нелинейный характер. Контраст в радиационных температурах пленок нефти, различных машинных масел, керосина на водной поверхности и чистой воды зависят от толщины пленок, причем характер этой зависимости имеет сложный вид. На рис. 2 – 4 показаны зависимости излучательной способности пленок нефти, масел, керосина от их толщины для некоторых температурных режимов в ИК-диапазоне длин волн 2 – 20 мкм.

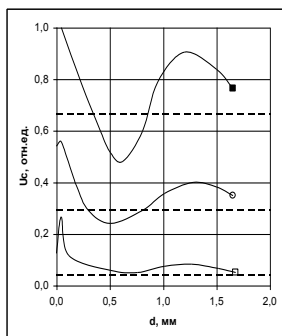


Рис. 2. Зависимость излучательной способности пленки нефти на водной поверхности от толщины пленки:
 □ – $T=25^{\circ}\text{C}$; ○ – $T=30^{\circ}\text{C}$;
 ■ – $T=35^{\circ}\text{C}$.

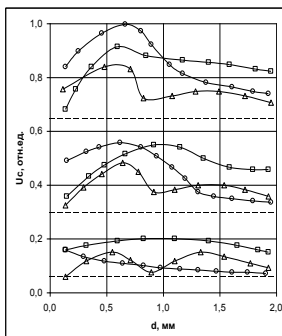


Рис. 3. Зависимость излучательной способности пленок масел на водной поверхности от толщины пленки для некоторых температурных режимов: Δ – масло №1; \square – масло №2; \circ – масло №3

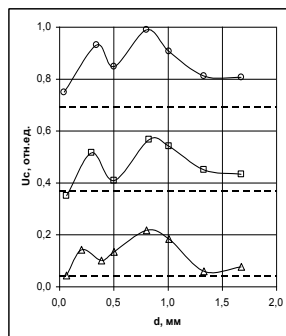


Рис. 4. Зависимость излучательной способности пленки керосина на водной поверхности от толщины пленки:
 Δ – $T=25^{\circ}\text{C}$; \square – $T=30^{\circ}\text{C}$;
 ○ – $T=35^{\circ}\text{C}$

Пунктирными линиями обозначена излучающая способность чистой воды для температурных режимов: $T = 25^{\circ}\text{C}$; $T = 30^{\circ}\text{C}$; $T = 35^{\circ}\text{C}$.

Для нефтяной пленки при толщине до 40 мкм наблюдается возрастание излучательной способности до максимального значения. В дальнейшем возрастание сменяется убыванием. При толщине пленки больше 50 мкм наблюдается чередование максимума и минимума в излучательной способности, при этом максимальное значение излучательной способности наблюдается при толщине пленки около 1300 мкм, а минимальное значение излучательной способности наблюдается при толщине пленки около 650 мкм. Аналогичные зависимости излучательной способности от толщины пленок имеет место для керосина и машинных масел. Для керосина наибольший максимум наблюдали при толщине пленки около 800 мкм. Для машинных масел максимум из-

лучательной способности приходится на толщины пленок около 600 мкм. Наибольшее отличие в радиационных температурах пленок нефти T_H и чистой воды T_B соответствовало $T_H - T_B \approx -2$ °С при температурах излучающей поверхности 30 – 35 °С. Для нефтепродуктов наибольшие отличия в радиационных температурах составили соответственно: для керосина $T_K - T_B \approx -3,5$ К при температурах излучающей поверхности 32 – 37 °С, для различных машинных масел $T_M - T_B \approx - (0,6 - 2,8)$ °С при температурах излучающей поверхности 30 – 35 °С.

Излучательная способность для пленок нефтепродуктов на безводной поверхности существенно ниже, чем на воде. Наблюдалось уменьшение излучательной способности для пленок на стекле, что соответствует уменьшению радиационной температуры на 1,5 °С в максимуме излучения. При этом изменяется характер зависимости излучения от толщины пленки. С увеличением толщины пленки почти линейно увеличивается напряжение сигнала, что соответствует повышению радиационной температуры на 1 °С при увеличении толщины пленки от 50 до 2000 мкм.

Измеренные коэффициенты пропускания для нефти, машинного масла, керосина находятся в соотношении $t_H < t_M < t_K$. зависимость t от толщины пленки становится слабой при толщине пленок: для нефти – больше 0,8 мм, для масла – больше 2 мм, для керосина – больше 3 мм.

Выводы. Полученные результаты окажутся полезными при разработке комплекса технических средств дистанционного зондирования нефтяных разливов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А.М., Гончаров А.К., Перельмутор И.Б., Шмельков К.И.. Концепция создания оперативной аэрокосмической системы мониторинга нефтяных загрязнений акваторий // Дистанционные методы и аппаратура получения данных о природных ресурсах Земли и окружающей среде. Серия А. Труды НПО «Планета». – М.: Гидрометеиздат. – 1993. – Вып. 42. – С. 5 – 16.
2. Богородский В.В., Кропоткин М.А., Шевелева Т.Ю. Методы и техника обнаружения нефтяных загрязнений вод. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 24 с.
3. Fingas M.F., Brown C.E. Review of Oil Spill Remote Sensing // Proc. of the Fifth Intern. Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Michigan. – 2000. – P. 211 – 218.
4. Goodman R. Overview and future trends in oil spill remote sensing // Spill Science & Technology. – 1994. – Bulletin 1. – P. 11 – 21.
5. Богородский В.В., Кропоткин М.А. Дистанционное обнаружение нефтяных загрязнений вод ИК лазером. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 40 с.

Поступила 2.08.2005

Рецензент: доктор физико-математических наук, профессор А.П. Созник,
Академия гражданской защиты Украины.
