

*Ю.П. Ключка, д.т.н., с.н.с., нач. НИЛ, НУГЗУ,
Н.В. Крынская, к.филол.н., доцент, НУГЗУ,
Х.Ш. Гасанов, адъюнкт, НУГЗУ*

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОЖАРА В ЗДАНИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОВИЗОРОВ

Проведена оценка температурного режима внешней поверхности стены здания. Рассмотрены особенности изменения температуры при изменении скорости ветра, теплотехнических характеристик стены и температуры в помещении. Показано, что при скоростях ветра менее 5 м/с разница температур при изменении скорости ветра может составлять более 100%.

Ключевые слова: тепловизор, пожар, теплообмен, температура.

Постановка проблемы. На сегодняшнем этапе при разведке и тушении пожаров, в основном, используется визуальный метод (в видимом диапазоне) по определению пламени или дыма. Однако, в некоторых случаях, например, на начальном этапе или в процессе развития, источник можно определять исходя из длин волн, которые невидимы для человеческого глаза.

Существует ряд производителей тепловизоров, адаптированных для пожарных подразделений [1-2]. Следует отметить, что одной из проблем является отсутствие методик по применению данных устройств, рекомендаций к тактическим действиям, математического аппарата для анализа пожара на основе изображений в инфракрасном диапазоне и т.д. Так, например, в [3] всего лишь один раз упоминается слово «тепловизор», а именно в п. 4.6.5:

«В зависимости от наличия сил и средств поисковые работы осуществляют на основе и с использованием:

- свидетельств очевидцев;
- визуальных признаков (по остаткам одежды и вещей на поверхности застabilизирована прослойки);
- показаний приборов поиска (газоанализаторов, зондов, магнитометром, **тепловизоров**, акустических систем);
- поисковых собак».

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [4] изучен отечественный и зарубежный опыт применения тепловизоров при тушении пожаров. Установлено, что отсутствуют рекомендации касательно тактических действий на основе анализа инфракрасного изображения, как при тушении пожара так и при его разведке.

На рис. 1 приведены термограммы помещения при пожаре.

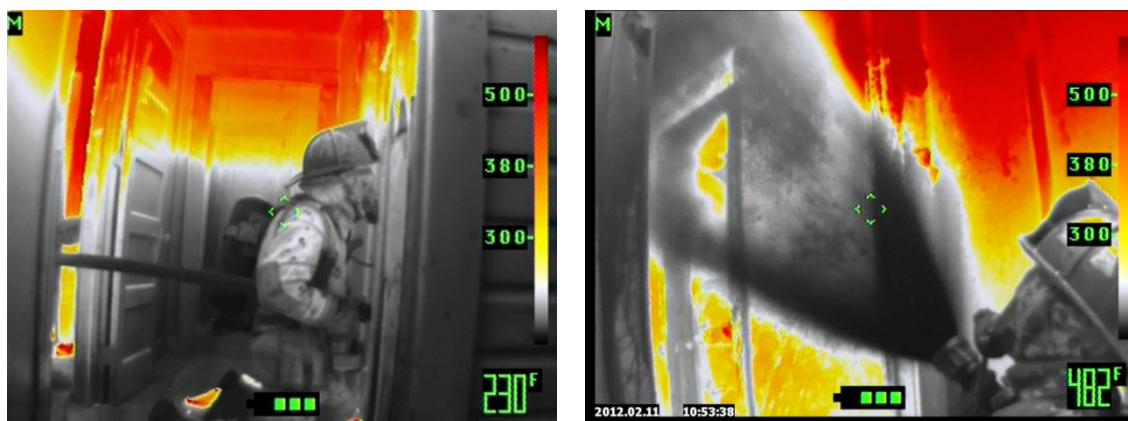


Рис. 1. Термограмма пожаров в помещении

Анализ рисунков показывает, что внутри помещения существует значительный градиент температур по высоте и может составлять около 200 К при высоте помещения 2,5 м.

На рис. 2 приведены термограммы пожара в частном доме и температур в чердачном помещении.

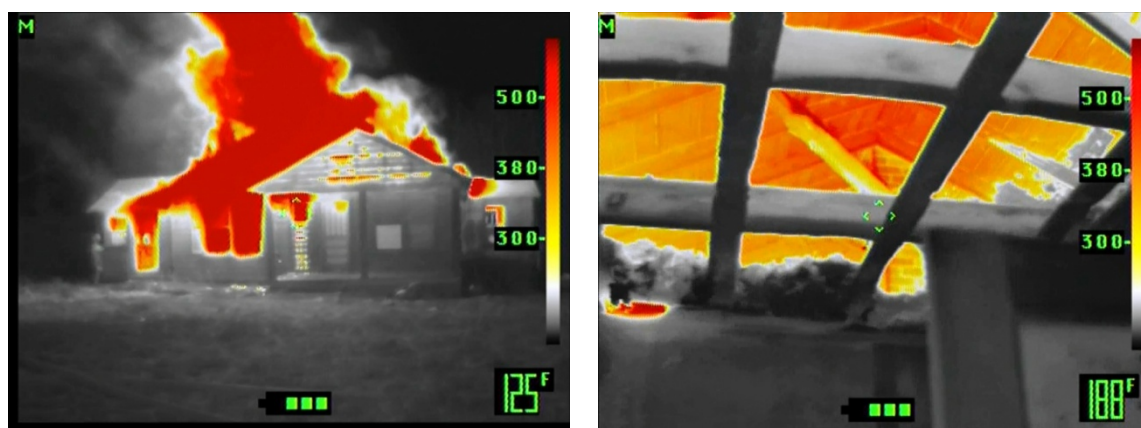


Рис. 2. Термограмма пожара частного дома

Анализ рисунков показывает, что при пожарах в небольших частных домах ситуация может быть ясна и без использования тепловизоров, поскольку пламя, продукты сгорания могут довольно отчетливо проходить сквозь крышу, стены здания.

Особым случаем следует выделить пожары в замкнутых помещениях, например в многоквартирных домах, когда пожарные подразделения во время разведки пожара расположены со стороны, где находится глухая стена. При этом невозможно визуально оценить, где находится эпицентр пожара, но это можно сделать исходя из термограмм. Однако в данном случае возможны нюансы, которые связаны с неконтролируемыми и хаотичными внесениями изменений в конструкцию

зданий, что влияет на их теплофизические характеристики, и как следствие на показания тепловизоров (рис. 3).

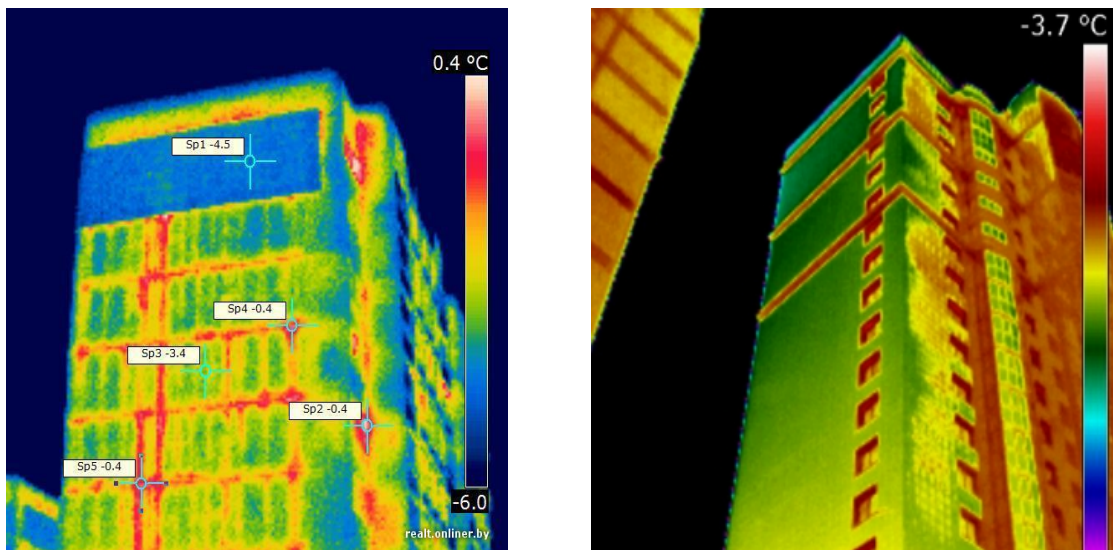


Рис. 3. Термограмма жилых домов

Анализ рисунков показывает, что даже в нормальных условиях разница температур за счет внесения изменений в конструкцию здания может достигать нескольких градусов или более 80%, что в свою очередь может привести к неправильной оценке руководителем тушения пожара оперативной обстановки. Это в свою очередь приводит к увеличению времени разведки, локализации и тушения пожара, росту прямых и косвенных убытков от пожара.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является изучение особенностей при определении места пожара в здании на основе термограмм.

В целом, основные элементы по которым можно изучать обстановку с помощью тепловизора при пожаре можно представить в следующем виде (рис. 4).

Рассмотрим случай с воздействием пожара в помещении на глухие стенки здания и на показания тепловизоров исходя из различных характеристик стены. На рис. 5 схематически изображены конструкции внешней стены многоэтажного здания до и после внесения изменений.

В работе [5], на основе методов подобия, коэффициент конвективного обмена для зданий предложено определять в соответствии с

$$\alpha_2 = 5,07 \frac{v^{0,8}}{\ell^{0,2}}, \quad (1)$$

где v – скорость ветра, ℓ – характерный размер.

В случае если неизвестны размеры зданий, то коэффициент теплоотдачи можно определять исходя из выражения

$$\alpha_2 = 5,07v^{0,656} + 3,25e^{-1,91v}. \quad (2)$$

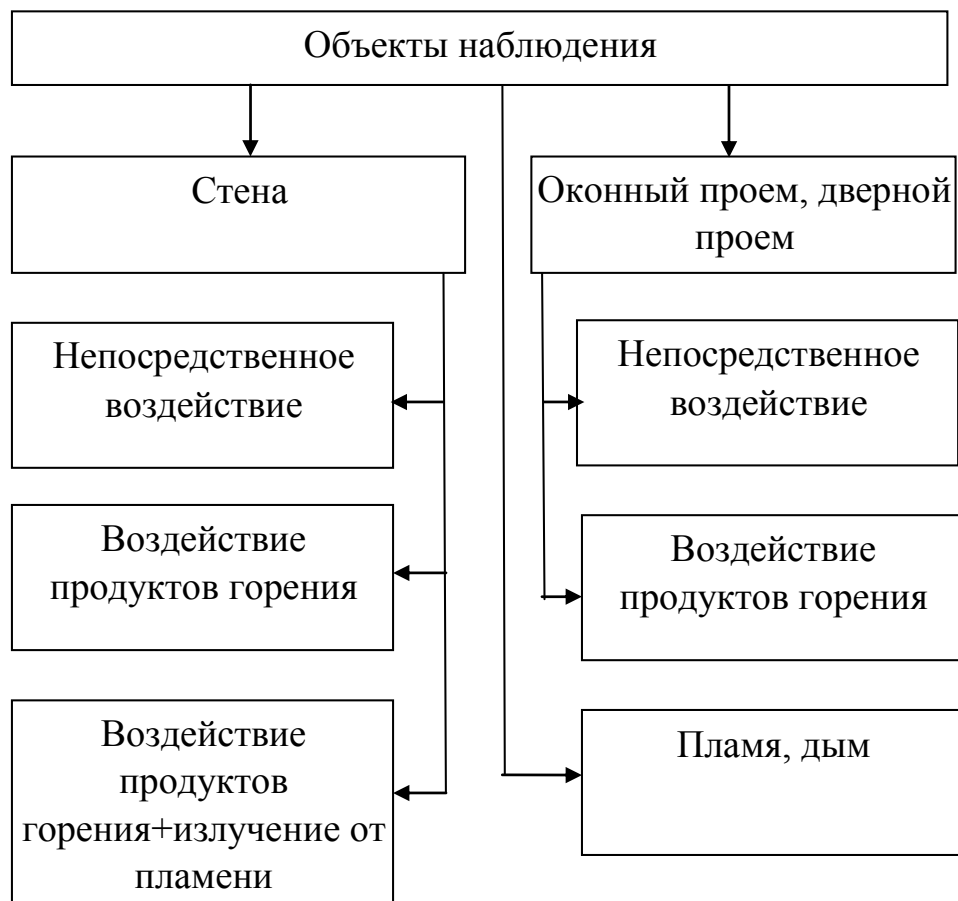


Рис. 4. Объекты наблюдения с помощью тепловизора

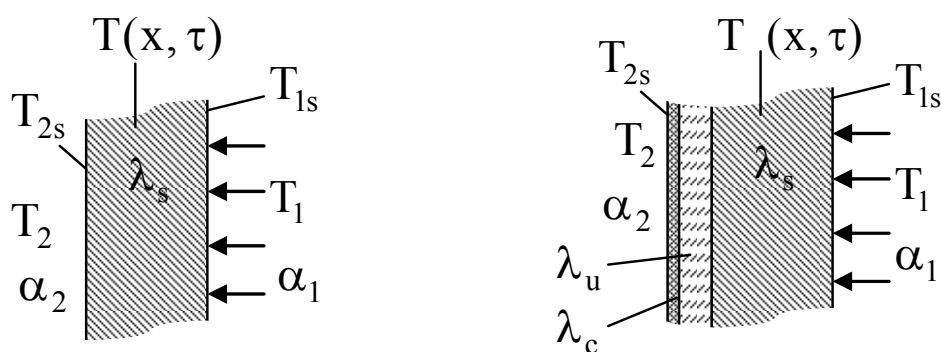


Рис. 5. Схема конструкции стены до и после утепления теплоизоляционными материалами: T_1 , T_2 – температура внутри помещения и внешней среды; T_{1s} , T_{2s} – температура внутренней и внешней поверхности стены; α_1 , α_2 – коэффициент теплоотдачи у внутренней и внешней поверхности стены; λ_s , λ_c , λ_u – коэффициенты теплопроводности конструкции стены, утеплителя, отделочного материала

Исходя из работ [6-7] в [5] для расчета коэффициента конвективного теплообмена в помещении для вертикальных ограждений получена зависимость

$$\alpha_1 = 1,66\Delta T^{1/3}. \tag{3}$$

При изменении температуры в любом направлении от 20 °С, для которых получена данная зависимость, коэффициенты в формулах изменятся в сторону уменьшения на 1 % при увеличении температуры воздуха на 10 °С и, наоборот [6]. Тогда выражение (3) можно переписать в виде

$$\alpha_1 = 1,66 \cdot (1 + 10^{-3}(T_{1s} - 20)) \cdot \Delta T^{1/3} \tag{4}$$

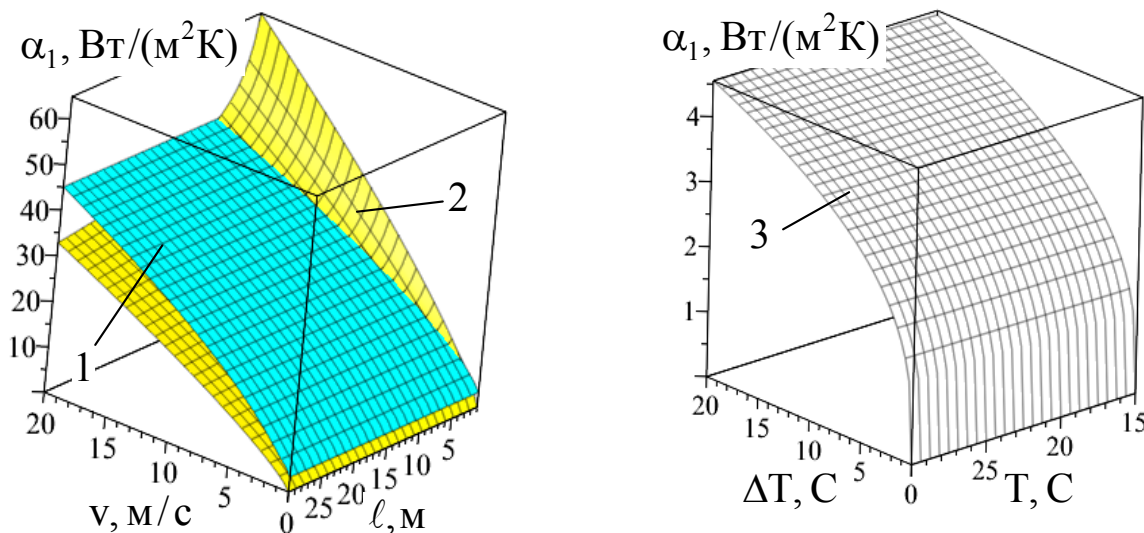


Рис. 6. Зависимость коэффициентов теплоотдачи на внешней и внутренней поверхности стены здания: 1 – (2); 2 – (1); 3 – (4)

Анализ выражений и рисунков показывает, что коэффициент теплоотдачи внутри помещения практически не зависит от температуры воздушной среды.

Очевидно, что при отсутствии пожара температурный режим стенки находится в стационарном режиме, тогда температура внешней поверхности стенки будет зависеть от: температуры в помещении и окружающей среды; коэффициентов теплоотдачи, характеристик стены. При этом ее температура и излучательная способность будут определяться системой уравнений (5).

В случае возникновения пожара, происходит изменение температуры внутри помещения, что влечет за собой изменение параметров внешней поверхности стены

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = \alpha_2 \cdot (T_{2s} - T_2); q_2 = \alpha_1 \cdot (T_1 - T_{1s}); \\ q_3 = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right]^{-1} \cdot (T_{1s} - T_{2s}); \\ q_1 = q_2 = q_3 = const; \\ \alpha_1 = 1,66 \Delta T^{1/3}; \\ \alpha_2 = 5,07v^{0,656} + 3,25e^{-1,91v}; \\ \lambda = \frac{0,002899}{T_{2s}}; r(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k T_{2s}}} - 1}, \end{array} \right. \quad (5)$$

где λ – длина волны; c – скорость света; k – постоянная Больцмана; h – постоянная Планка.

Поскольку развитие пожара, его скорость и температура зависят от пожарной нагрузки, типа материала и т.д., то однозначно ответить на вопрос о характере изменения температуры в помещении довольно сложно. На рис. 7, в соответствии с (5), приведены зависимости температуры поверхности стен здания от скорости ветра при различных значениях T_1 и характеристиках стены.

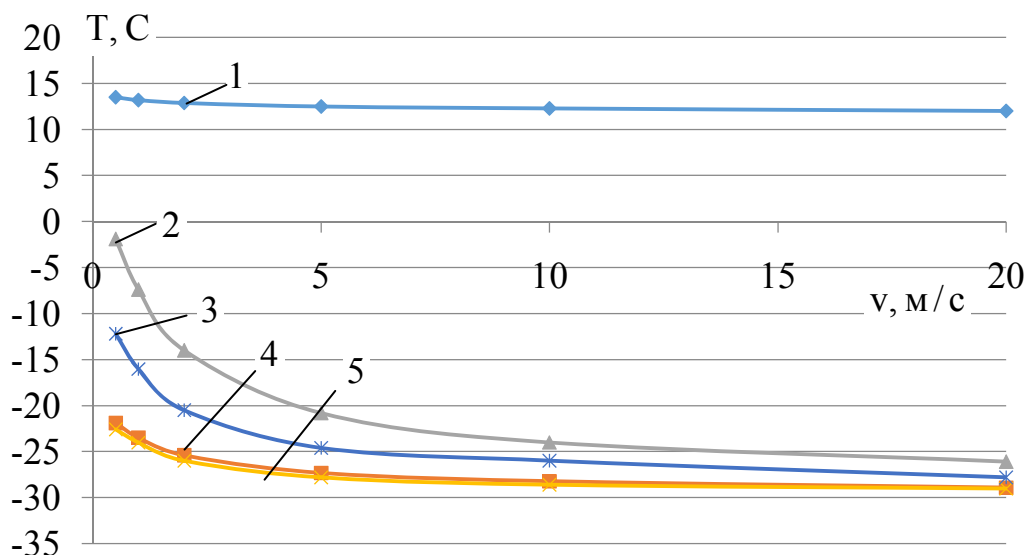


Рис. 7. Зависимость температуры поверхности стен здания от скорости ветра: 1 – T_{1s} ; 2 – T_{2s} ($T_1=150$ °C); 3 – T_{2s} ($T_1=400$ °C+10 см утепления); 4 – T_{2s} ($T_1=150$ °C+10 см утепления); 5 – T_{2s}

Анализ рисунка показывает, что температура внешней стенки существенно изменяется при скоростях ветра менее 5 м/с. Кроме того при высоких скоростях ветра (выше 10 м/с) практически полностью исчезает разница в температурном режиме стены при изменении T_1 и

теплотехнических характеристик стены. Таким образом, если помещение полностью подвержено высоким температурам, то понять это по температуре внешней поверхности стены довольно сложно. Однако можно определить помещение с повышенной температурой путем сравнения с соседними помещениями, как в примере на рис. 3.

Несмотря на то, что при пожарах довольно часто применяется усредненная температура в помещении, это зачастую не соответствует действительности (рис. 1). В работе [8] рассматривается ситуация с разгерметизацией емкости с пожаровзрывоопасным газом. На рис. 8 представлены результаты температурного режима при пожаре в помещении объемом 168 м^3 .

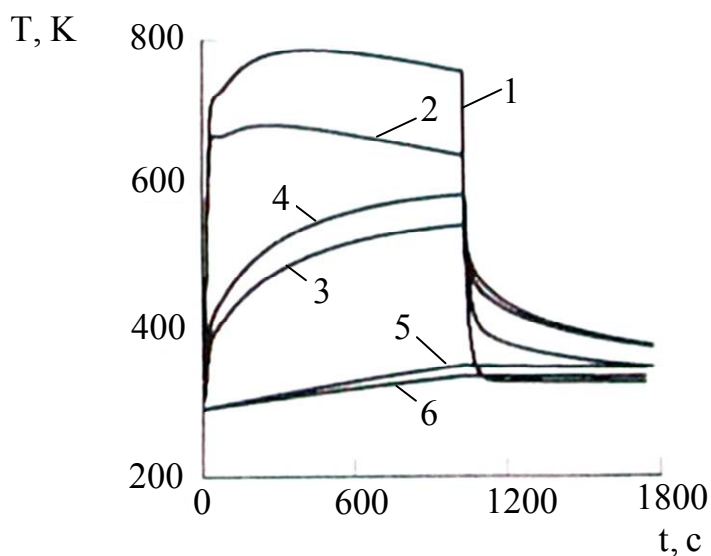


Рис. 8. Зависимость температуры при пожаре от времени: 1 – температура бетонных конструкций потолка; 2 – температура стальных конструкций потолка; 3 – температура бетонных конструкций стены; 4 – усредненная температура в помещении при бетонных конструкциях; 5 – температура стальных конструкций стены; 6 – усредненная температура в помещении при стальных конструкциях [9]

Таким образом, при моделировании характеристик поверхностей зданий или помещений, для разработки рекомендаций по использованию тепловизоров, следует учитывать не только градиент температур в помещении по высоте и нестационарный режим, но и передачу тепла в стене в горизонтальном и вертикальном направлении.

Выводы. Проведена оценка температурного режима внешней поверхности стены здания, помещения. Рассмотрены особенности изменения температуры при варьировании значений скорости ветра, теплотехнических характеристик стены и температуры в помещении. Показано, что при скоростях ветра менее 5 м/с разница температур в результате изменения скорости ветра может составлять более 100%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тепловизоры для пожарных [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.pergam.com.ua/catalog_103.htm?PHPSESSID=j5848etppm6l6v4h9d9tbl08c1.
2. Тепловизор для пожарных [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://ircam.ru/teplovizor_pozharny.htm.
3. Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту [Електронний ресурс] // Режим доступа: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE21147.html.
4. Ключка Ю.П. Анализ применения тепловизоров при тушении пожаров / Ю.П. Ключка, Х.Ш. Гасанов, Н.В. Крынская // Проблемы пожарной безопасности. – 2014. – Вып. 36. – С. 109-116.
5. Ильинский В.М. Строительная теплофизика: учеб. пособие для инженерно-строительных ВУЗов / В.М. Ильинский – М.: Высшая школа. – 1974. – 320 с.
6. Богословский В.Н. Строительная теплофизика: учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.Н. Богословский – М.: Высшая школа. – 1982. – 424 с.
7. Шкловер А.М., Васильев Б.Ф., Ушков Ф.В. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий / А.М. Шкловер – М.: Госстройиздат. – 1956. – 188 с.
8. Пузач С.В. Теплофизические основы пожаровзрывобезопасности водородной энергетики: дис. ...доктора техн. наук: 05.26.03 / Пузач Сергей Владимирович. – М., 2000. – 383 с.

Ю.П. Ключка, Н.В. Кринська, Х.Ш. Гасанов

Особливості визначення місця пожежі в будівлі з використанням тепловізора

Проведено оцінку температурного режиму зовнішньої поверхні стіни будівлі. Розглянуто особливості зміни температури при зміні швидкості вітру, теплотехнічних характеристик стіни і температури в приміщенні. Показано, що при швидкостях вітру менше 5 м / с різниця температур за зміни швидкості вітру може становити більше 100%.

Ключові слова: тепловізор, пожежа, теплообмін, температура.

Yu.P. Kluchka, N.V. Krynska, Kh.Sh. Hasanov

Features of determining the fire to buildings at imager

The evaluation of the external surface temperature of the building. The features of the temperature change when you change the speed of the wind, thermal characteristics of the walls and the room temperature. It is shown that at wind speeds less than 5 m / s temperature difference when changing wind speed can be more than 100%.

Keywords: imager, fire, heat and temperature.