

УДК 620:004.932

DOI 10.47367/0021-3497\_2021\_5\_30

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗОРА  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**USE OF THERMAL IMAGER  
FOR CONTROL THERMAL INSULATION PROPERTIES OF NONWOVENS**

*Е.В. ГРИБОВА, Ю.С. ШУСТОВ, В.В. ИВАНОВ*

*E.V. GRIBOVA, UY.S. SHUSTOV, V.V. IVANOV*

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
Завод нетканых материалов "Термопол-Москва")

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),  
Nonwovens Factory "Thermopol-Moscow")

E-mail: ev\_gribova@mail.ru; i-vlad@inbox.ru

*Рассмотрена возможность использования обработки инфракрасных изображений для оперативного контроля теплоизоляционных свойств нетканых материалов. Разработан переносной лабораторный комплекс для проведения исследований и предложен алгоритм обработки изображений.*

*The possibility of using infrared image processing for operational control of thermal insulation properties of nonwovens is considered. A portable laboratory complex for conducting research has been developed and an image processing algorithm has been proposed.*

**Ключевые слова:** теплоизоляционные свойства, нетканые материалы, инфракрасные изображения.

**Keywords:** thermal insulation properties, non-woven materials, infrared images.

Традиционные лабораторные методы испытаний показателей качества продукции требуют больших затрат и времени, в связи с этим актуальной является проблема по разработке экспресс-методов контроля.

Ранее в работах [1...3] говорилось об опыте применения специально разработан-

ного аппаратно-программного комплекса (АПК) при экспресс-анализе нетканых полотен и алгоритмах обработки растровых изображений текстильных материалов. Важность анализа показателей качества текстильных материалов в процессе производства и необходимость обрабатывать

огромные массивы информации, в том числе растровые изображения, отмечается в работах [4], [5].

Наиболее важными параметрами, характеризующими качество нетканых материалов, являются их теплозащитные свойства. В работе исследовалась возможность использования теплового контроля, основанного на регистрации температурных полей объекта контроля. При тепловом контроле анализируется тепловое изображение объекта контроля, создаваемое за счет теплового излучения с его поверхности, а именно анализировалась способность материала пропускать через себя инфракрасное излучение. Самым рациональным способом при решении подобных задач является инфракрасная термография.

Для проведения исследований была разработана специальная мобильная лабораторная установка, позволяющая проводить экспресс-анализ теплоизоляционных свойств материалов (рис. 1 – схема лабораторной установки для изучения теплоизоляционных свойств материалов).

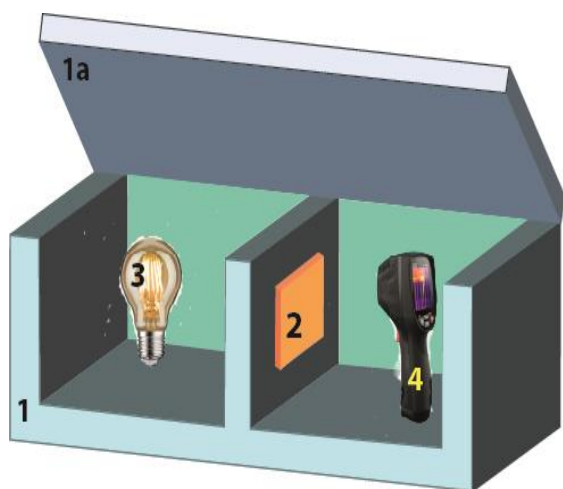


Рис. 1

Корпус установки 1 выполнен из материала с низкой теплопроводностью. Для исключения воздействия внешней среды при проведении испытаний установка закрывается крышкой.

Установка разделена на две части перегородкой. В перегородке вырезано специальное окно, в которое помещается испытуемый образец (на рис. 1 обозначен индексом 2).

Для получения теплового потока, который будет проходить через образец, используется инфракрасная лампа 3. Постоянство температуры в первой камере поддерживается с помощью терморегулятора.

Тепловой поток проходит через испытуемый образец. После чего фиксируется специальным устройством 4. В ходе работы были исследованы различные варианты приемника для захвата инфракрасного изображения. Наиболее приемлемый результат дало применение тепловизора. Использование тепловизора обусловлено несколькими важными аспектами: высокая термочувствительность прибора, точные значения температур, высокая скорость получения результатов эксперимента и их обработка, большой температурный диапазон.

В лабораторной установке использовался тепловизор Testo 882. Прибор позволяет просматривать изображение объекта в нескольких цветовых палитрах, способен осуществлять измерения в нескольких температурных диапазонах и обладает большим спектром ручных настроек. Тепловая матрица с разрешением 320x240 пикселей обеспечивает четкие и детальные снимки, позволяющие автоматизировать в дальнейшем процесс их обработки.

В работе исследовались характеристики наиболее популярной группы материала Холлофайбер® – СОФТ, выработанных на предприятии "Термопол-Москва". Это эластичные полотна с поверхностной плотностью до 300 г/м<sup>2</sup>. Обеспечивают уникальные теплосберегающие свойства, воздухопроницаемость, терморегуляцию.

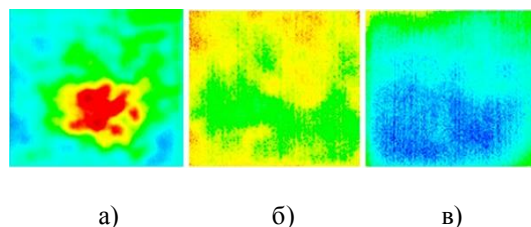


Рис. 2

В качестве цветовой модели была выбрана модель RGB. В этом формате присутствуют три цвета: красный, зеленый и синий. Представляет интерес поведение всех

трех составляющих при увеличении линейной плотности, и возможность использования этих величин в качестве искомого оценочного коэффициента. Наиболее типичные инфракрасные изображения некоторых образцов (100 г/м<sup>2</sup>, 200 г/м<sup>2</sup>, 250 г/м<sup>2</sup>) представлены на рис. 2 (а,б,в – инфракрасные изображения нетканых полотен).

Усредненной характеристикой изображения считали яркость изображения, как среднее значение цвета всех пикселей конкретного изображения:

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (R_p + G_p + B_p), \quad (1)$$

где N – количество пикселей изображения; p – порядковый номер пикселя.

Конечный коэффициент пропорционален цвету всего изображения. Усредненные значения по цвету изображения выбранных образцов представлены на рис. 3 (усредненные по цвету изображения нетканых полотен).

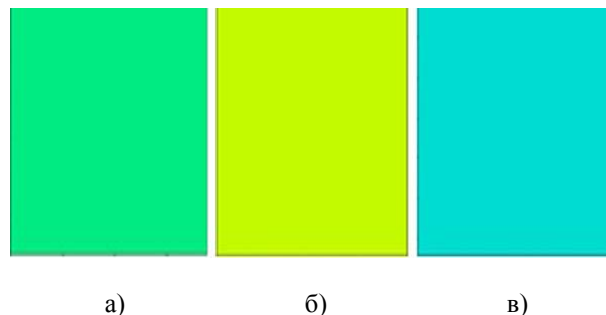


Рис. 3

В соответствии с рекомендациями стандарта Федеральной комиссии связи (FCC) яркость изображения рекомендуется вычислять по формуле:

$$Y = \frac{1}{N} \sum_{p=1}^N (0,299R_p + 0,587G_p + 0,114B_p). \quad (2)$$

Этот показатель также был вычислен для всех полученных инфракрасных изображений.

Таблица 1

№ п/п	Артикул	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Суммарное тепловое сопротивление, °С×м <sup>2</sup> /Вт	R – красная составляющая изображения	G – зеленая составляющая изображения	B – синяя составляющая изображения	Средняя яркость (цвет) изображения	Яркость изображения по FCC
1	СОФТ Р 5190	70	7	0,320	29	208	206	148	154
2	СОФТ Р 5191	100	10	0,349	64	234	134	144	172
3	СОФТ Р 5197	150	15	0,495	237	226	1	154	204
4	СОФТ Р 5198	200	20	0,688	211	249	6	155	210
5	СОФТ Р 5199	250	25	0,720	13	219	208	147	156

Физико-механические свойства исследуемых образцов представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, некоторые полученные расчетные величины практически полностью коррелируют со стандартными показателями теплоизоляционных свойств исследуемых образцов нетканых полотен. Это и R – красная составляющая цветовой модели, и яркость изображения (средний цвет). Но наиболее адекватно изменениям суммарного теплового сопротивления соответствуют изменения яркости, рассчитанной в соответствии с рекомендациями стандарта FCC. Это хорошо видно на графике (рис. 4 зависимость суммарного теплового сопротивления и яркости изображения от линейной плотности полотна), где по оси абсцисс откладывается поверхностная

плотность исследуемого образца, а по оси ординат суммарное тепловое сопротивление.

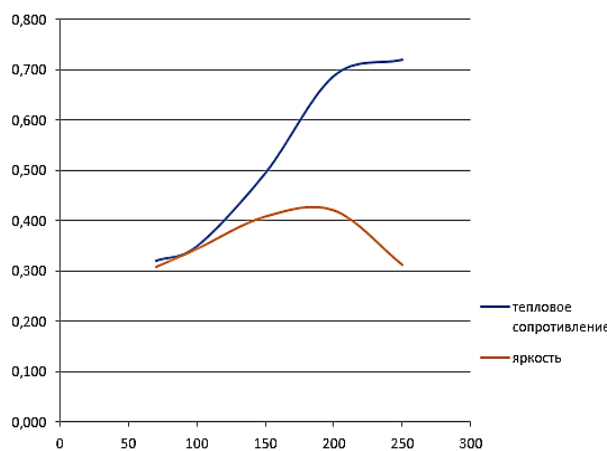


Рис. 4

Снижение показателя яркости образца 250 г/м<sup>2</sup> обусловлено тем, что съемка осуществлялась через 10 секунд после помещения образца в окно лабораторной установки, однако такого времени прогрева недостаточно для столь высокой плотности.

Предложено разбить исследуемые образцы на группы. Первая группа – масса от 70 до 200 г/м<sup>2</sup>, вторая группа – от 250 г/м<sup>2</sup> и выше. Для второй группы время прогрева образцов необходимо увеличить. Единственное условие при проведении экспериментов – все внешние параметры не должны меняться для образцов одной группы, иначе сравнение показателей будет невозможным.

Полученное значение яркости конкретного изображения можно взять за аналог суммарного теплового сопротивления этого образца нетканого полотна, поскольку оба показателя меняются пропорционально линейной плотности. С повышением линейной плотности тепловое сопротивление увеличивается, инфракрасное излучение проходит через образец хуже, и выбранный показатель тоже увеличивается.

Практически в результате обработки инфракрасных изображений получаем некий показатель, которым можем заменить значения традиционных теплоизоляционных характеристик образцов. Удобство работы с предлагаемым в работе показателем заключается в том, что он практически безразмерен и его моментально можно адаптировать к любым производственным условиям и любому ассортименту предприятия.

## В Ы В О Д Ы

1. Разработан аппаратно-программный комплекс для оперативного контроля теплоизоляционных свойств текстильных материалов.

2. Предложен алгоритм обработки инфракрасных изображений.

3. Приведены сравнительные характеристики суммарного теплового сопротивления и средней яркости (цвета) изображения нетканых материалов различной линейной плотности.

1. *Иванов В.В.* Невозможное – возможно (примеры инновационного применения нетканых материалов) // Второй Междунар. научн.-практ. симпозиум: Наука – текстильному производству: новейшие отраслевые научные разработки в сфере технического текстиля и практический опыт их применения. – М., 2017. С. 27...28.

2. *Иванов В.В., Мезенцева Е.В.* 2020: нетканые материалы – прогнозы для легпрома // Вестник Текстильлегпром. – 2020. С. 68...73.

3. *Новиков А.Н., Боначев А.Н., Махов С.А., Борзунов Г.И., Фирсов А.В.* Вопросы контроля качества нетканых полотен в процессе производства // Швейная промышленность. – 2007, №6. С.42...44.

4. *Новиков А.Н., Фирсов А.В., Фокин Ю.М.* Оперативный контроль качества на ватной фабрике // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.160...162.

5. *Новиков А.Н., Фирсов А.В., Шустов Ю.С., Колесникова С.В.* Разработка информационной системы оценивания влияния искусственного света на цветовосприятие тканей // Дизайн и технологии. – 2013, №35(77). С.55...59.

6. *Новиков А.Н., Фирсов А.В., Фирсов Д.А.* Система машинного зрения в текстильной промышленности // Сб. тез. докл. Междунар. конф.: Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности. – М.: РОСЗИТЛП, 2009. С. 31...32.

7. *Новиков А.Н., Фирсов А.В., Беляев В.А., Дубровская Е.Н.* Контроль плотности нетканого полотна в процессе производства // Сб. тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф. аспирантов и студентов: Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск – 2007). – Иваново: ИГТА, 2007. С. 189...190.

8. *L. Li, X. Huang.* Fabric Defect Detection Using Adaptive Wavelet Transform // Journal of Dong Hua University. – Vol.19, 2002. P. 35...39.

9. *Benosman Ryad, Sing Bing Kang, ed.* Panoramic vision: Sensors, theory, a. Applications // New York [etc.] Springer Cop. – 2001. XXIV, P.449.

10. *Быков Р.Е.* Основы телевидения и видеотехники. – М.:Горячая линия – телеком, 2006.

## REFERENCES

1. *Ivanov V.V.* Nevozmozhnoe – vozmozhno (primery innovatsionnogo primeneniya netkanykh materialov) // Vtoroy Mezhdunar. nauchn.-prakt. simpozium: Nauka – tekstil'nomu proizvodstvu: noveyshie otraslevye nauchnye razrabotki v sfere tekhnicheskogo tekstilya i prakticheskiy opyt ikh primeneniya. – M., 2017. S. 27...28.

2. *Ivanov V.V., Mezentseva E.V.* 2020: netkanye materialy – prognozy dlya legproma // Vestnik Tekstil'legprom. – 2020. S. 68...73.

3. *Novikov A.N., Bonachev A.N., Makhov S.A., Borzunov G.I., Firsov A.V.* Voprosy kontrolya

kachestva netkanykh poloten v protsesse proizvodstva // Shveytnaya promyshlennost'. – 2007, №6. S.42...44.

4. Novikov A.N., Firsov A.V., Fokin Yu.M. Operativnyy kontrol' kachestva na vatnoy fabrike // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, №6. S.160...162.

5. Novikov A.N., Firsov A.V., Shustov Yu.S., Kolesnikova S.V. Razrabotka informatsionnoy sistemy otsenivaniya vliyaniya iskusstvennogo sveta na tsvetovospriyatie tkaney // Dizayn i tekhnologii. – 2013, №35(77). S.55...59.

6. Novikov A.N., Firsov A.V., Firsov D.A. Sistema mashinnogo zreniya v tekstil'noy promyshlennosti // Sb. tez. dokl. Mezhdunar. konf.: Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii, nauke i promyshlennosti. – M.: ROSZITLP, 2009. S. 31...32.

7. Novikov A.N., Firsov A.V., Belyaev V.A., Dubrovskaya E.N. Kontrol' plotnosti netkanogo polotna v

protsesse proizvodstva // Sb. tez. dokl. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf. aspirantov i studentov: Molodye uchenye – razvitiyu tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (Poisk – 2007). – Ivanovo: IGTA, 2007. S.189...190.

8. L. Li, X. Huang. Fabric Defect Detection Using Adaptive Wavelet Transform // Journal of Dong Hua University. – Vol.19, 2002. P. 35...39.

9. Benosman Ryad, Sing Bing Kang, ed. Panoramic vision: Sensors, theory, a. Applications // New York [etc.] Springer Cop. – 2001. XXIV, R.449.

10. Bykov R.E. Osnovy televideniya i videotekhniki. – M.:Goryachaya liniya – telekom, 2006.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 27.09.21.