

# ЭЛЕКТРОНИКА. РАДИОТЕХНИКА

---

МРНТИ 47.57.29, 59.41.71, 73.01.95,

*А.Ж.Есбулатова<sup>1</sup>, К.Н.Войнов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

## ИЗУЧЕНИЕ СВЕТОПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАСТИКОВЫХ ПАНЕЛЕЙ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗАМКНУТЫХ ПРОСТРАНСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРА НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

---

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность использования в пассажирских транспортных средствах внутренних панелей из ТОСП®GS в комплекте с модернизированным прибором ночного видения для диагностирования замкнутого пространства при естественном или искусственном освещении. Представлены данные экспериментального изучения влияния толщины и цвета пластиковых панелей на их светопрозрачность. Приведены результаты оценки качества изображения по абсолютной, относительной шкале, а также с использованием RGB-гистограмм и вейвлет-анализа. Обнаружено, что прозрачность света зависит от толщины и цвета пластины. Замена части внутренней обшивки на панели из пластифицированного акрилового блочного листа категории ТОСП®GS и использование модернизированного прибора ночного видения позволит осуществить диагностику локальных пространств без демонтажа обшивки и обеспечит повышение эффективности контроля по предотвращению перевозок запрещенных грузов.

**Ключевые слова:** пассажирский транспорт, визуальный контроль, прибор ночного видения, светопрозрачность пластиковых панелей.

**Түйіндеме.** Мақалада табиғи немесе жасанды жарықта тұйық кеңістікті диагностикалау үшін ТОСП®GS материалынан жасалған ішкі панельдермен бірге жаңғыртылған түнгі көру құрылғыны жолаушыларға арналған көліктерде пайдалануының мүмкіндігі қарастырылады. Пластикалық па-

нельдердің қалыңдығы мен түсі олардың жарық өтімділігіне әсер ететінділігінің эксперименттік зерттеу деректер ұсынылған. Абсолюттік, салыстырмалық шкалаларымен, сондай-ақ RGB-гистограммалар және вейвлет - талдауын пайдалана отырып суреттің сапасын бағалау нәтижелері келтірілген. Жарық өтімділігі пластинаның қалыңдығы мен түсінен тәуелді екені табылған. Ішкі қаптамасының бөлігін ТОСП® GS категориясынан жасалған акрилді блоктық панельдеріне ауыстыру және жаңғыртылған түнгі көру құрылғыны пайдалану қаптамаларды бөлшектемей жергілікті кеңістіктердің диагностикасын жүзеге асыруға мүмкіндік береді және тыйым салынған жүктерді тасымалдауға болдырмайтын бақылаудың тиімділігін арттыруды қамтамасыз етеді.

**Түйінді сөздер:** жолаушылар келігі, көзбен шолып бақылау, түнгі көру құрылғы, пластикалық панельдердің жарық өтімділігі.

---

**Abstract.** It is shown the possibility to use in the passengers railway transport for the inner panel the plastic material from TOSP®GS as a complete set with a modernized device of the night vision to do the diagnostics of the reserved volume by natural or artificial lighting. Experimental information about investigation of the influence of thickness and colour of plastic panels on their photo-penetrability. Results of estimation of the quality for image both by absolute and relative scales and using RGB-histogram and veivlet-analysis are given in this article. It was discovered that the penetrability depends on thickness and colour of panel. Substitute of the portion of the inner-facing by panels made as a bloc of plastic acryl plate (category TOSP®GS) with the modernized device of the night vision helps to make the diagnostics for the local spaces without dismantling of facing and at the same time it gives the effective control to protect the railway transport against the transportation of any illegal loads.

**Key words:** passenger transport, visual control, devices to the night vision, photo-penetrability of the plastic panels.

**Введение.** В связи с развитием пассажирских перевозок между странами ЕАЭС, дальнейшей перспективой реализации международных транспортных проектов ("Шёлковый путь" и др.) [1,2] проблемы обеспечения безопасности функционирования железнодорожного транспорта становятся особенно актуальными. Пассажирские поезда оказались весьма удобной формой транспортировки запрещённых грузов (наркотики, взрывчатые вещества и многие другие товары) и людей (нелегалов) в разные страны. Такому положению дел "способствуют" конструктивные исполнения пассажирских вагонов, в которых имеются большие

пустоты между внутренней обшивкой и корпусом кузова (объект контроля, локальные пространства или замкнутые полости/пространства/объёмы). Замена части внутренней обшивки на материалы, позволяющие осуществлять контроль замкнутых пространств без демонтажа обшивки, обеспечит повышение эффективности контроля по предотвращению перевозки запрещенных грузов [3].

При различных видах досмотров (пограничном, таможенном и т.п.) пассажирских транспортных средств используются методы визуального контроля. Анализ средств и методов диагностирования объекта контроля показал, что существующие приборы и датчики не решают проблемы визуального измерения и определения технического состояния объёма локального пространства пассажирского транспорта [4-8]. Применение прибора ночного видения (ПНВ) для этих целей сокращает затраты времени на проведение должного и оперативного контроля и повышает эффективность диагностирования замкнутых пространств [9].

Недостатком ПНВ первого поколения на основе ЭОП при дневном освещении является то, что практически отсутствует защита от боковых источников света [10, 11]. Эта проблема решается модернизацией устройства с помощью непрозрачного тубуса, крепящегося на ПНВ и упираемого другим концом во внутреннюю обшивку транспорта.

**Цель исследований** – экспериментальное определение светопроницаемости цветных пластифицированных акриловых пластин и оценка качества изображения, полученного в результате использования ПНВ, при определении технического состояния и контроля замкнутого объёма между корпусом кузова и панелями внутренней обшивки пассажирского транспорта.

Эксперимент проводился при освещении в объекте контроля 0,05 лк, а за локальным пространством – 1 лк, на расстоянии 500 мм (длина тубуса равна 500 мм) от ПНВ до панели из пластифицированного акрилового блочного листа синего цвета с толщиной 6,5 мм, от панели до предмета обнаружения – 2500 мм. На рис. 1 показан результат испытания модернизированного прибора ночного видения (МПНВ) с техническими характеристика-

ми: ЭОП нулевого поколения, визуальное увеличение  $\times 2$ , диаметр объектива 24 мм, разрешение 36 линий/мм, угол поля зрения  $30^\circ$ , максимальное расстояние, на котором может быть опознан предмет обнаружения при идеальных условиях (отсутствии тумана, пыли, осадков и т.п.) при естественной освещенности (минимум 0,05 лк) 200 м, предел перефокусировки окуляра  $\pm 4$  диоптрия, рабочий диапазон температуры  $-20\dots+40^\circ\text{C}$ , дальность действия ИК-осветителя 150 м, масса 0,38 кг.

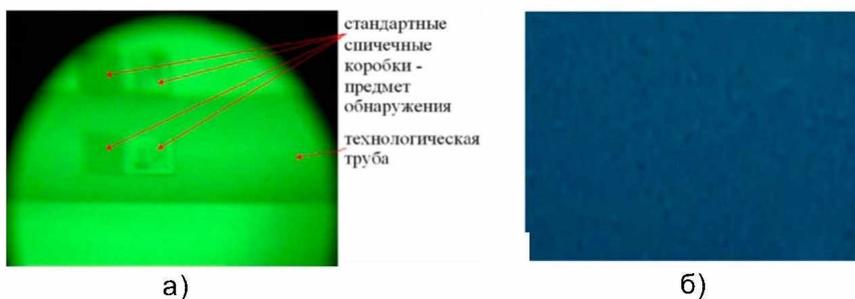


Рис. 1. Вид предмета обнаружения в объекте контроля с панелью из ТОСП ® GS 59507 (синего цвета): а) с использованием МПНВ, б) невооруженным глазом

В испытании материалов для модернизации панелей пассажирского вагона учитывалось влияние толщины пластика, цветовой гаммы и других факторов на светопропускаемость панели и эффективность визуального контроля с помощью МПНВ. Кроме того, были учтены и другие технические факторы: прочность, устойчивость к вибрации, надежность и безопасность панелей внутренней обшивки вагона.

Экспериментально испытаны следующие марки материалов ТОСП®GS в виде тонких пластин с эталонами цвета 25201 (оранжевый), 37350 (светло-красный), 59507 (синий), 79851 (чёрный), 13107 (светло-зелёный), 67610 (зелёный), 69616 (тёмно-зелёный) и 39848 (красный). "G" означает, что пластмасса прозрачная. Каждая пластина имеет толщину до 2 мм.

Оценка пропускной способности света новых панелей из пластифицированного акрилового блочного листа проводилась

с помощью спектрометра "Глобар". Скорость сканирования образца пластины 70 нм/мин, диапазон контроля 2-3,5 мкм, процентное пропускание света  $T = S1/S2$ .

Результаты испытания образцов новых панелей из пластифицированного акрилового блочного листа зелёного цвета (ТОСП GS № 67610) и красного цвета (ТОСП GS № 39848) показывают, что на проницаемость света влияют толщина и цвет пластины (рис. 2).

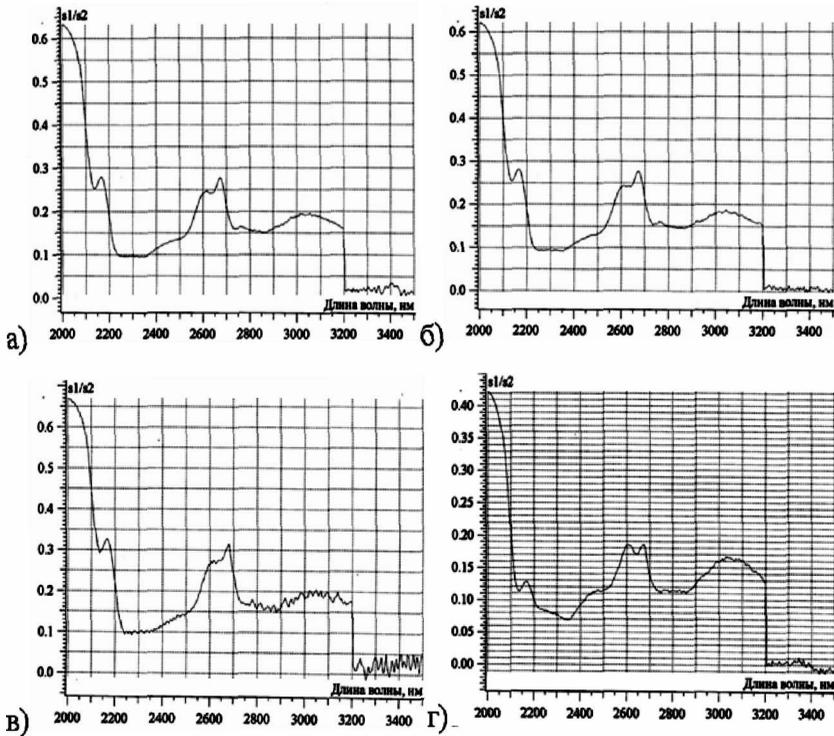


Рис. 2. Спектр пропускания света через пластины: а) зелёного цвета, толщина 1,5 мм; б) зелёного цвета толщиной 2 мм; в) красного цвета толщиной 2 мм; г) сочетание красного и зелёного цветов с общей толщиной 4 мм

Сочетание четырех цветов: 69616 (тёмно-зелёный), 25201 (оранжевый), 37350 (светло-красный) и 59507 (синий), с общей толщиной 6,5 мм, на расстоянии 1000 мм, при освещении 70 лк не позволяет рассмотреть невооруженным глазом то, что находится за этими пластинами. Подобный эффект происходит и при сочетании цветов: 79851 (чёрный 1,5 мм), 37350 (светло-красный 2 мм), 25201 (оранжевый 1,5 мм) и 69616 (тёмно-зелёный 1,5 мм), т.е. пропускная способность света образца зависит от свойства пластины.

Экспериментально выявлено, что на проницаемость пластины не влияют такие факторы, как освещение и расстояние (рис. 3).

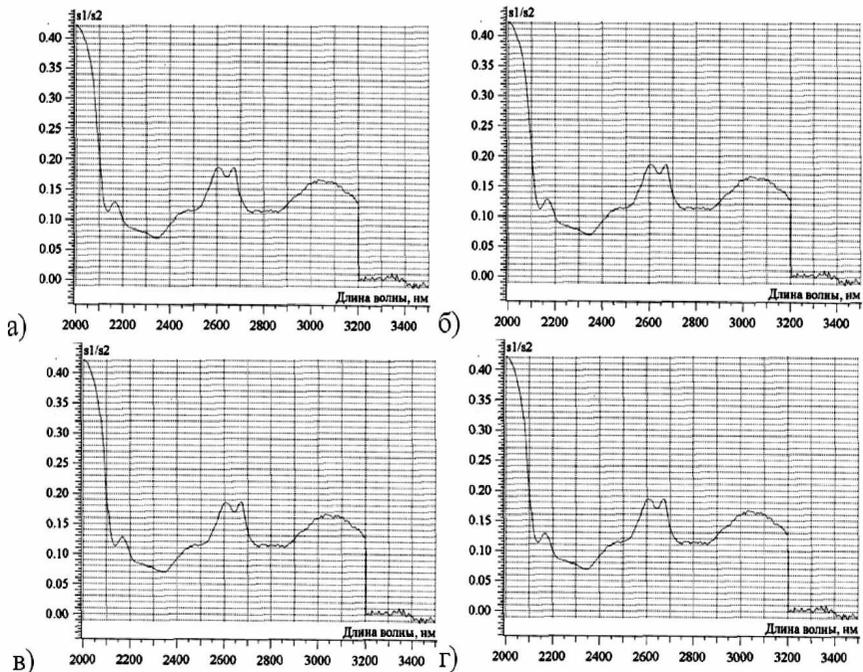


Рис. 3. Спектр пропускания света в сочетании пластин красного и зелёного цветов: а) освещение 5 лк, расстояние 1000 мм; б) освещение 10 лк, расстояние 1000 мм; в) освещение 10 лк, расстояние 3000 мм; г) освещение 5 лк, расстояние 3000 мм

Результаты испытаний показывают, что при любом освещении для визуализации объекта контроля за внутренней обшивкой из пластифицированного акрилового блочного листа категории ТОСП®GS с толщиной 6,5 мм (максимальная толщина панели, необходимая для замены в пассажирском вагоне) модернизированный прибор ночного видения с ЭОП нулевого поколения является эффективным и надежным средством диагностики. Возможно использование ПНВ более высокого поколения [12,13], но экономически такие приборы менее выгодны.

Оценка качества изображения через панель из ТОСП®GS 13107 (светло-зелёный цвет) при толщине 4 мм и освещении 30 лк, без ПНВ, дальность обнаружения (от наблюдателя до панели) равна 500 мм проведенная группой из 21 эксперта, по абсолютной шкале характеризуется как хорошее (3,67 балла). При этом имеются вполне заметные, но слабо ухудшающие изображение погрешности (2,95 балла).

Для сравнительной оценки качества изображения вооруженным и невооруженным глазом и использованием панелей различной толщины, при освещении 70 лк, с ТОСП®GS 59507 синего цвета, дальности обнаружения 1000 мм применялась относительная шкала (табл. 1).

**Оценка качества изображения по относительной шкале и погрешности**

Вариант	Толщина пластины, мм	Среднее значение	
		балл	погрешность
Невооруженным глазом	2	6,38	2,09
Невооруженным глазом	6,5	1	7
С ПНВ нулевого поколения	6,5	1	7
С МПНВ нулевого поколения	6,5	5,05	4

Изображение объекта, видимое невооруженным глазом через пластины панели толщиной 2 мм, по оценкам экспертов (таблица), характеризуется наилучшими показателями в баллах 6,38 (заметно лучше среднего для данной группы) и погрешность 2,09

(еле заметные). Увеличение толщины панели приводит к резкому ухудшению качества изображения, что соответствует оценке 1 - самое плохое в группе изображение и 7 – крайне нежелательное искажение. Использование немодернизированного ПНВ также не обеспечивает достаточного качества изображения (оценка в баллах – 1 и погрешность – 7). Модернизация ПНВ улучшает качество изображения, экспертная оценка – 5,05 (несколько лучше среднего для данной группы) и искажение 4 (среднее). Следовательно, экспертная оценка показала возможность для диагностирования объекта контроля применение модернизированного ПНВ и панелей из ТОСП® GS в качестве внутренней обшивки пассажирского транспорта, так как необходимая для замены толщина внутренней обшивки составляет 6,5 мм.

В ходе исследований проводилась обработка результатов диагностики объектов контроля с помощью RGB-гистограмм при следующих условиях: дальность обнаружения 3000 мм, освещение 1 лк, толщина пластин зеленого цвета 6,5 мм, что позволило получить достаточно наглядную оценку качества изображения (рис. 4).

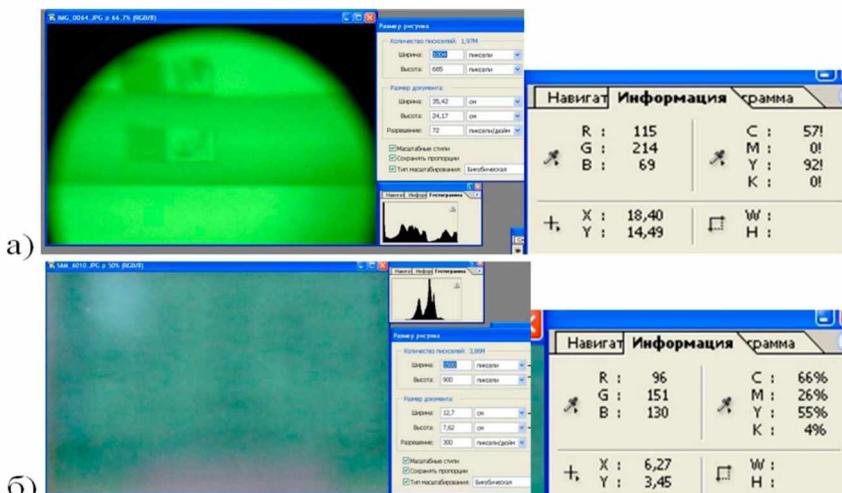


Рис. 4. Обработка изображений с помощью RGB-гистограмм: а) МПНВ; б) без МПНВ

При этом недостатком является приблизительность результатов анализа. Однако данный способ можно успешно использовать для визуально-измерительного контроля локальных пространств и предварительного определения качества изображения с целью выбора более детальных методов оценки.

Для объективной оценки качества изображения применялся вейвлет-анализ в пакете программ MATLAB, а в исследовании – все виды вкладок для вейвлет-обработки изображения [14-16]. Анализ аналогичных разработок по улучшению качества изображения посредством ПНВ, когда объект в исходной низкой освещенности и низкой контрастности изображения становится светлее и яснее [17,18], что позволяет делать выводы об оригинальности разработанного метода по использованию модернизированного прибора ночного видения для диагностики локальных пространств без демонтажа обшивки, что в разы повысит качество контроля по предотвращению перевозки запрещенных грузов.

Оценка изображения методом вейвлет-анализа с помощью пакета программ MATLAB подтверждает возможность использования внутренних панелей из ТОСП ® GS в комплекте с модернизированным ПНВ для диагностики объектов контроля.

Результаты проведенных в соответствии с методикой испытаний показали, что модернизированный ПНВ и панели для внутренней обшивки из пластифицированного акрилового блочного листа категории ТОСП ® GS являются эффективными для определения технического состояния и контроля замкнутого объёма между корпусом кузова и панелями внутренней обшивки транспорта.

### **Список литературы**

1 Транспортные коридоры Евразии: новые пути сотрудничества // матер. Междунар. конф. – Астана: Казахст. ин-т стратег. исслед. при Президенте РК, 2015. – 112 с.

2 *Асланов Д.Г., Ершов А.В., Зинулла Е.* Анализ результатов испытаний и базовых характеристик электровозов серий KZ8A и

KZ4AT, планируемых к эксплуатации на азербайджанских железных дорогах // Новости науки Казахстана. – 2015. – № 4. – С. 146-160.

3 *Есбулатова А.Ж., Войнов К.Н., Докучаева З.А.* Эффективность нового метода таможенного контроля пассажирских поездов на пограничных станциях // Изв. Петербург. ун-та путей сообщ. – 2011. – № 1. – С. 44-54.

4 *Ковалёв А.А., Ковалёв А.В.* Возможности методов неразрушающего контроля. Ч. 1 // Мир и безопасность. – 2007. – № 2. – С. 21-26.

5 *Жетимекова Г.Ж.* Распознавание образов с использованием сети Кохонена // Новости науки Казахстана. – 2015. – № 2. – С. 39-44.

6 *Бугаенко А.Г.* Аппаратура для оценки характеристик тепловизионных систем // Оптич. журнал. – 2002. – Т.69, № 4. – С. 19-25.

7 *Бажанов Ю.В., Берденников А.В., Дучицкий А.С.* и др. Объективы для работы с матричными приёмниками излучения в области спектра 8-14 мкм // Оптич. журнал. – 2002. – Т.69, № 12. – С. 35-36.

8 *Погумирский М.В., Пруненко Е.К.* Ограничения, возникающие при использовании стёкол с низкой дисперсией показателя преломления // Науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. – 2006. – Вып. 26. – С. 143-150.

9 *Войнов К.Н., Есбулатова А.Ж.* Оценка плотности несанкционированного заполнения межстенного пространства пассажирского вагона // Изв. высш. учеб. завед. Приборостроение. – 2011. – № 3, т. 54. – С. 83-84.

10 *Саликов В.Л.* Приборы ночного видения: история поколений // Специальная техника. – 2000. – № 2. – С. 40-48.

11 *Латышев С.М.* Конструирование точных (оптических) приборов. – Л.: Политехника, 2007. – 579 с.

12 *Smith W.J.* Modern optical engineering: the design of optical systems. – 4th ed. – New York: McGraw Hill, 2008. – P.733-754.

13 *Kasunic K.J.* Optical Systems Engineering. McGraw-Hill, 2011. – 441 p.

14 *Loza D. Bull, Achim A.* Automatic contrast enhancement of low-light images based on local statistics of wavelet coefficients // Image Processing (ICIP), 2010 17th IEEE International Conference on., 2010. – P. 3553-3556.

15 *Мусалимов В.М., Дик О.Е., Тюрин А.Е.* Параметры действия энергетического спектра вейвлет-преобразований // Изв. высш. учеб. завед. Приборостроение. – 2009. – Т. 52, № 5. – С. 10-15.

16 *Виноградова А.А., Есбулатова А.Ж., Войнов К.Н.* Использование усовершенствованного прибора ночного видения для обнаружения ненаблюдаемых объектов // Изв. высш. учеб. завед. Приборостроение. – 2012. – № 5, т. 55. – С.52-55.

17 *Shengyin Shen* Low light and low contrast image enhancement // Civil and Environmental Engineering, 2009. – 5 p.

**Войнов К. Н.** , доктор технических наук

**Есбулатова А. Ж.**, кандидат технических наук,  
e-mail [esbulatova.altyn@mail.ru](mailto:esbulatova.altyn@mail.ru)