

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ВИБРОМЕТРИИ И АКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОРАЗРЯДНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ

© 2022 г. Дерусова Дарья Александровна<sup>1\*</sup>, В.О. Нехорошев<sup>2\*</sup>,  
В.Ю. Шпильной<sup>1\*\*\*</sup>, В.П. Вавилов<sup>1\*\*\*\*</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, 634028, Томск, ул. Савиных, 7

<sup>2</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН, 634055, Томск, пр. Академический, 2/3  
\* red@tpu.ru; \*\* credence@vtomske.ru; \*\*\* vshpilnoy@list.ru, \*\*\*\* vavilov@tpu.ru.

Акустические методы в настоящее время считаются одними из наиболее надежных методов неразрушающего контроля (НК) изделий авиационной и ракетно-космической техники [1-3]. Сочетание акустической стимуляции с лазерной виброметрией при проведении контроля качества является сравнительно новым подходом в области контроля качества полимерных композитов, активно развивающимся в последнее десятилетие [4, 5]. К главным достоинствам средства измерения относят высокую точность и бесконтактный способ анализа вибраций. В связи с этим, указанный метод находит всё более широкое применение в современных диагностических системах НК, включая роботизированные системы промышленного назначения [6, 7].

Применение воздушно-связанных излучателей для бесконтактного ввода акустического сигнала в контролируемые материалы стало одним из приоритетных направлений исследований в области НК. В настоящее время для бесконтактной ультразвуковой стимуляции материалов используются акустические излучатели на основе пьезоэлектрических или магнитострикционных преобразователей. В связи с тем, что излучатели указанных типов обладают рядом характерных недостатков, их применение в процедуре контроля качества слоистых композиционных материалов ограничено [8].

Настоящая работа посвящена исследованию особенностей проведения НК полимерных композитов на основе сканирующей лазерной виброметрии при бесконтактной акустической стимуляции. В настоящем исследовании ввод акустического сигнала в объект контроля проводится с использованием бесконтактного излучателя, представляющего газоразрядную систему, позволяющую выводить акустические колебания в окружающую среду. Отражен принцип работы системы для генерации акустических колебаний на основе газоразрядного излучателя и результаты его применения для неразрушающего контроля ударных повреждений в углепластиковых композитах. В частности, результаты исследования особенностей НК композитов бесконтактным способом показали, что использование газоразрядного излучателя позволяет проводить акустическую стимуляцию материалов в диапазоне частот 0,05-100 кГц, а использование лазерной виброметрии

необходимо для регистрации вибрационного сигнала при проведении НК. Результатом лазерного сканирования являются амплитудно-частотные спектры вибраций материала и виброграммы, отражающие распределение колебаний на поверхности контролируемого объекта. Анализ амплитудно-частотного спектра вибраций позволяет определить собственные частоты исследуемого материала и резонансные частоты дефектов при их наличии, что подтверждается на соответствующих виброграммах. Важно также отметить, что особенностью работы излучателя является импульсный режим генерации акустического сигнала, что препятствует формированию стоячей волны в воздушном пространстве между излучателем и объектом контроля. При данном способе возбуждения исключается необходимость обеспечения согласования акустических колебаний по фазе, что является одним из важных преимуществ газоразрядного излучателя перед традиционными типами воздушно-связанных ультразвуковых преобразователей. Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 21 – 79 - 00169

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ambrozinski L., Spytek J., Dziedzic K., Pieczonka L.* Damage identification in plate-like structures based on Lamb waves mode-conversion sensing using 3D laser vibrometer // IEEE International Ultrasonics Symposium, IUS31 October 2017. – Article number 8092404.
2. *Pelivanov I., Ambroziński L., Khomenko A.* High resolution imaging of impacted CFRP composites with a fiber-optic laser-ultrasound scanner // *Photoacoustics*. V. 4. Iss. 2. 2016. P. 55-64.
3. *Balageas D, Maldague X.* Thermal (IR) and Other NDT Techniques for Improved Material Inspection // *Journal of Nondestructive Evaluation*. V. 35. Iss. 1. 2016. P. 1-17.
4. *Solodov I., Döring D., Busse G.* Air-coupled laser vibrometry: Analysis and applications// *Applied Optics*. V. 48. No.7. 2009. P.C33–C3
5. *Solodov I.* Resonant defects: A new approach to highly-sensitive defect-selective ultrasonic imaging // *Emerging Technologies in Non-Destructive Testing VI – Proc. of the 6th International Conference on Emerging Technologies in Nondestructive Testing*, 2016. P. 13-21.
6. *Chowanietz M., Bhangaonkar A., Semken M., Cockrill M.* Improving the correlation of structural FEA models by the application of automated high density robotized laser Doppler vibrometry // *AIP Conference Proceedings*. V. 174028. 2016. Article number 070002
7. *Segers J., Hedayatrasa S., Poelman G., Van Paeppegem W., Kersemans M.* Robust and baseline-free full-field defect detection in complex composite parts through weighted broadband energy mapping of mode-removed guided waves // *Mechanical Systems and Signal Processing*. V. 151. 2021. Article number 107360
8. *Баженов С.Л.* (2014) *Механика и технология композиционных материалов*. М.: Интеллект.