

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

© 2025 г. Михаил Юрьевич Федотов<sup>1,2\*</sup>, С.А. Бабин<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> – *Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения РАН, 630090  
Новосибирск, проспект Академика Коптюга, д. 1*

<sup>2</sup> – *Российская инженерная академия, 125009 Москва, Газетный пер., д. 9, стр. 4  
\* - fedotovmyu@gmail.com; \*\* - babin@iae.nsk.su*

Композитные материалы и конструкции на их основе широко применяются в различных отраслях промышленности. Так, в изделиях транспортного, в частности, авиационно-космического комплекса, за последние двадцать лет сформировалась четкая тенденция, связанная с применением полимерных композитных материалов (ПКМ) на основе углеродных, стеклянных, арамидных, гибридных и иных армирующих структур, а также полимерных матриц, позволяющих изготавливать сложные конструктивные элементы автоклавными и безавтоклавными методами формования. Параллельно, например, в строительной отрасли продолжают активно применяться традиционные композитные материалы, такие как железобетон, который прекрасно зарекомендовал себя как универсальный конструкционный материал, обеспечивающий надежную эксплуатацию на многие десятилетия.

Однако композитные конструкции, как и любые другие, подвержены воздействию эксплуатационных факторов, которые в конечном итоге могут приводить к возникновению целого ряда дефектов, их накоплению и развитию и, как следствие, к снижению несущей способности, местной и полной потери устойчивости, частичному или полному разрушению. Поэтому важной практической задачей является прогнозирование их остаточного ресурса по результатам непрерывной диагностики технического состояния. Подобная задача может быть решена за счет применения современных методов непрерывного оптического неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики композитных конструкций [1, 2] в эксплуатации с использованием интегрированных [3] волоконно-оптических датчиков (ВОД) и аппаратно-программных средств их опроса.

Теоретические исследования показали, что наиболее эффективными являются:

- метод двух оптических волокон [4], позволяющий осуществлять одновременный НК деформации и температуры ПКМ встроенными ВОД на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР);

- метод, основанный на использовании комплексной системы ВОД на базе ВБР и ВОД акустической эмиссии на основе интерферометров Фабри-Перо, интегрированной в ПКМ, позволяющий осуществлять НК действующих напряжений [5];

- адаптированные к конкретным типам композитных конструкций методы оптической диагностики на основе ВОД, позволяющие обеспечить возможность НК композитных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации (рис. 1).

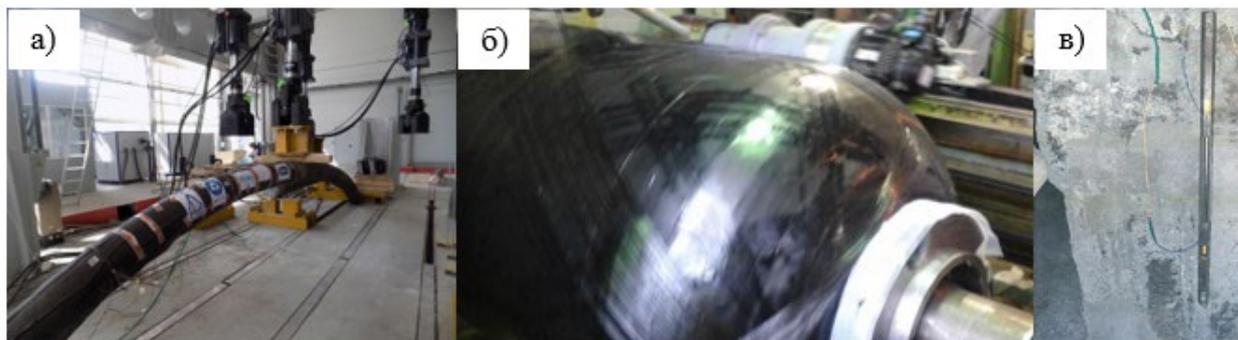


Рис. 1. Объекты НК с помощью ВОД: а) арочный элемент моста из ПКМ; б) баллон высокого давления из ПКМ; в) свайный фундамент (г. Норильск)

По результатам проведенных экспериментов подтверждено, что разработанные оптические методы и средства непрерывного оптического НК могут быть применены для диагностики широкого класса композитных конструкций, включая баллоны высокого давления из ПКМ, в том числе с металлическим лайнером, пространственных конструкций, регулярных зон орребренных и трехслойных конструкций из ПКМ, композитных арочных конструкций, железобетонных конструкций пролетных строений и опор мостов, свайных фундаментов в условиях Крайнего Севера.

*Исследование частично выполнено при финансовой поддержке Сибирского отделения РАН в рамках научно-исследовательских работ.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ромашко Р.В., Башков О.В., Ефимов Т.А., Безрук М.Н., Бобруйко Д.А., Макарова Н.В. Особенности применения адаптивных интерферометрических волоконно-оптических датчиков акустической эмиссии для контроля состояния полимерных композиционных материалов // Дефектоскопия. 2024. № 1. С. 21–27.
2. Степанова Л.Н., Кабанов С.И., Чернова В.В. Локация сигналов акустической эмиссии от ударных воздействий на образец из углепластика при использовании антенн из пьезо- и волоконно-оптических датчиков // Дефектоскопия. 2022. № 4. С. 3–13.
3. Анискович В.А., Будадин О.Н., Козельская С.О. Кутюрин Ю.Г., Рыков А.Н., Склезнев А.А., Гнусин П.И., Юранев О.А. Интегрирование волоконно-оптических датчиков в композитный цилиндрический корпус из углепластика, изготовленный способом непрерывной намотки // Контроль. Диагностика. 2022. Т. 25. № 2(284). С. 16–23.
4. Fedotov M.Yu. Theoretical studies of temperature compensation of results of diagnostics of polymer composites using the method of two optical fibers // Russian Journal of Nondestructive Testing. 2023. Vol. 59. No. 10. P. 1061–1073.
5. Федотов М.Ю., Бабин С.А., Будадин О.Н., Козельская С.О. Исследование возможности диагностики напряжений композитных конструкций на основе данных контроля деформации и акустической эмиссии интегрированными волоконно-оптическими датчиками // Контроль. Диагностика. 2024. Т. 27. № 9(315). С. 24–35.