

V            V            V

**ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ  
УСИЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Г.П. ГРЯЗНОВА <sup>1</sup>, соискатель  
С.Л. ШАМБИНА <sup>2</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup>Национальный технический университет Украины КПИ, Киев, Украина

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

*В статье рассмотрены отдельные вопросы использования композитных материалов, в частности стеклопластиков и углепластиков, для защиты и усиления инженерных сооружений, в частности, при их эксплуатации при высоких нагрузках и в агрессивных средах. Исследуется зависимость физических и механических свойств этих материалов при различных углах расположения армирующих волокон.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:* композитные материалы, намотка, гомотетия, стеклопластик, углепластик, прочность, несущая способность, коррозионная стойкость.

Композитные материалы (КМ) используются во многих отраслях промышленности: в строительной, авиационной, нефтеперерабатывающей

и других. Композиты состоят из двух основных компонентов - армирующих волокон и матрицы (связующего).

На физические и механические свойства композитов и изделий из них существенно влияют следующие факторы:

- использование волокон и матриц разного типа и различной природы, которые определяют их дальнейшие показатели прочности, долговечности и др.;

- схемы армирования, в том числе послойное формирование стенки изделия;

- вид армирующего материала (нити, ленты, пленки, жгуты);

- использование наполнителей различной текстуры;

- регулирование толщины слоев с различной ориентацией волокон;

- использование вида технологических приёмов производства деталей, узлов и агрегатов (формование, намотка и другие);

- использование волокон разной химической природы (например, углепластики, стеклопластики и другие),

- использование различных видов связующего.

Таким образом, меняя один или несколько из вышеперечисленных факторов можно получать материалы с самыми различными физическими и механическими свойствами.

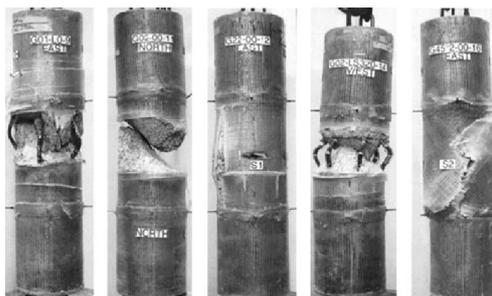


Рис. 1

Рассмотрим подробнее свойства композитов на примере изделий трубчатой формы. Стеклопластики являются одной из разновидностей композитных материалов, в качестве армирующих элементов выступают стекловолокна, используемые в той или иной форме. Стеклопластики широко применяются для изготовления трубопроводов и различных деталей трубчатой формы для химической, нефтяной, горнодобывающей промышленности металлургических и целлюлозно-бумажных производств, а также в строительстве [1].

В химической промышленности трубы применяют для транспортировки жидких и газообразных химически агрессивных неорганических продуктов. Стоимость таких труб обычно меньше стоимости труб из коррозионноустойчивых материалов, при этом затраты на ремонт и монтаж ниже, что при долгосрочной эксплуатации, что дает существенный экономический эффект.

Также в [6] предлагается использовать стеклопластиковые трубы в качестве несъемной опалубки для железобетонных несущих колонн.

Большое кол-во экспериментов, описанных в этой работе, доказали, что использование стеклопластиковой несъемной опалубки значительно повышает несущую способность железобетонных колонн, а также обеспечивает надежную защиту поверхности бетона от негативного влияния агрессивной наружной среды (в частности от воздействия солей морской воды). На рис. 1 показаны результаты экспериментов, проведенных в [1] по определению несущей способности таких колонн при использовании в качестве наружной несъемной опалубки стеклопластиковых труб с различными параметрами.

Также стеклопластиковые трубы могут использоваться сами по себе в качестве несущих колонн. Они имеют достаточно высокую несущую способность, имеют хороший внешний вид, не подвержены коррозии.

Чаще всего трубы из стеклопластика получают методом намотки [2]. Для этого на вращающуюся цилиндрическую оправку наматывают несколько параллельных друг другу волокон («псевдолента») под малым углом относительно окружного направления и пропускают эти волокна через вращающееся кольцо, ось которого совпадает с осью псевдоленты. На кольцо закреплены шпули с волокнами. При вращении кольца со шпуль разматываются волокна, которые как бы обвивают псевдоленту под малыми углами относительно оси трубы, что обеспечивает прочность трубы в осевом направлении. За счет такого армирования обеспечивается прочность трубы, как в осевом, так и в окружном направлении, а наличие некоторого переплетения слоёв повышается прочность материала к межслоевому сдвигу. Так получились трубы из стеклопластика с косослойной продольно-поперечной намоткой.

Возникает задача изучения и исследования свойств различных КМ и их возможностей для улучшения выходных характеристик процесса производства и эксплуатации изделий на их основе. В частности, меняя угол, под которым наматываются нити, можно получать разные показатели упругих и прочностных механических характеристик

Таблица 1

Данные модуля сдвига при различных углах намотки для разных типов КМ материала.

	0	15	30	45	60	75	90
<i>КМБ-1</i>	0,01	0,024	0,045	0,057	0,045	0,024	0,01
<i>КМУ-1Л</i>	0,0067	0,016	0,03	0,038	0,03	0,016	0,0067
<i>КМУ-1</i>	0,004	0,0095	0,018	0,025	0,018	0,0095	0,004

В таблице 1 приведены показатели модуля сдвига для разных типов еще

одного композита – углепластика - при различных углах намотки [3].

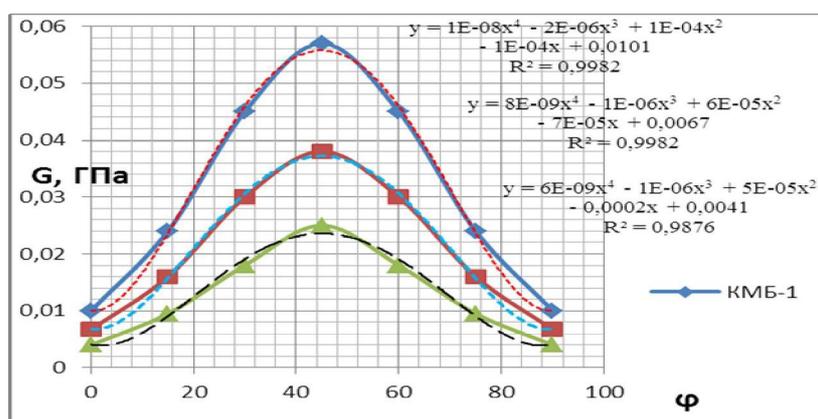


Рис.2. Зависимость модуля G от угла армирования φ для различных типов КМ

Построим графики зависимости модуля сдвига G от угла армирования φ [4, 5]. Проведем полиномиальную аппроксимацию зависимостей и получим формулы трендов.

На рис. 2 показаны данные кривые – полиномы 4 порядка. Применим к данным зависимостям правила гомотетии [6]. Коэффициент преобразования между кривыми КМБ-1 и КМУ-1Л равняется приблизительно 1,5, а между КМБ-1 и КМУ-1 - приблизительно 2,5. Коэффициент гомотетии переменный.

Таким образом, изменяя структуру волокон и подбирая максимальное значение G, можно математически описать желаемую зависимость, используя преобразование гомотетии, и найти оптимальные показатели для данного угла намотки.

### Литература

1. *Shamim A. Sheikh, S.A.D. Jaffry, and Ciyun Cui.* Investigation of glass-fibre-reinforced-polymer shells as formwork and reinforcement for concrete columns./ *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 34 (2007), p. 389-402.
2. *Шамбина С.Л.* О прочности стеклопластика с косослойным продольно-поперечным армированием/Строительная механика инженерных конструкций и сооружений, 2006, № 2 -М.: Изд-во РУДН, 2006 г. -С. 104- 108.
3. *Крысин В.Н.* Технологические процессы формования, намотки и склеивания конструкций /В.Н. Крысин, М.В. Крысин. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

4. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы, 2-е издание. -М.: Изд-во Научн. основы и технологии, 2008.-822 с.
5. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы.- С.–Петербург: Изд-во "Профессия", 2006. – 490 с.
6. Александров П.С. Маркушевич А.И. Энциклопедия элементарной математики. Том IV: геометрия/П.С. Александров, А.И. Маркушевич, А.Я. Хинчин. – М.: Гос. изд-во физ.-математической литературы, 1963. –569 с.

#### **APPLICATION OF COMPOSITE MATERIALS FOR STRENGTHEN AND PROTECTION OF THE ENGINEERING CONSTRUCTIONS**

G.P. GRYASNOVA<sup>1</sup>, S.L. SHAMBINA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*National Technical University of Ukraine KPI, Kiev, Ukraine*

<sup>2</sup>*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia*

*The article considers some issues the use of composite materials, especially fiberglass and carbon fiber reinforced plastics, for the protection and enhancement of engineering structures, in particular, for their operation at high loads and in corrosive environments. The dependence of the physical and mechanical properties of these materials at different angles of the location of the reinforcing fibers is being investigated.*

*KEYWORDS: composite materials, winding, homothetic, fiberglass, carbon fiber, durability, strength, corrosion resistance.*

