

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТЕКЛОПЛАСТИКА ЭЛЕКТРОИЗОЛИРУЮЩЕЙ ВСТАВКИ

Зеньков Е.В., Кривошапова Е.М.

Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск

Ключевые слова: стеклопластик, электроизолирующая вставка, прочность, испытание на растяжение, плоский образец, модуль упругости.

Аннотация. В статье приводятся результаты экспериментальных исследований материала стеклопластика, используемого в конструкции электроизолирующей вставки, применяемой в системе транспортирования природного газа, сырой нефти и продуктов ее переработки. Проведены испытания на растяжение плоских образцов стеклопластика, изготовленных из фрагмента электроизолирующей вставки. Полученные результаты механических свойств стеклопластика будут использованы для уточненного расчета объемного напряженно-деформированного состояния электроизолирующей вставки, определяющего его прочность.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF FIBERGLASS ELECTRICAL INSULATING INSERT

Zenkov E.V., Krivoshchapova E.M.

Irkutsk State Transport University, Irkutsk

Keywords: fiberglass, electrical insulating insert, strength, tensile test, flat specimen, modulus of elasticity.

Abstract. This article presents the results of an experimental study of fiberglass used in the construction of an electrical insulating insert in a system for transporting natural gas, crude oil, and its refined products. Tensile tests were conducted on flat fiberglass specimens made from a fragment of the electrical insulating insert. The obtained results on the mechanical properties of the fiberglass will be used to refine the calculation of the volumetric stress-strain state of the electrical insulating insert, which determines its strength.

Электроизолирующие вставки (ЭИВ) предназначены для электрического разделения как надземных, так и подземных трубопроводов на независимые участки, а также для защиты приборов и оборудования от действия наведенных токов. ЭИВ применяются для систем транспортирования природного газа, сырой нефти и продуктов ее переработки, попутного нефтяного газа, минеральных масел, питьевой воды и т.д., устанавливаются в системе газоснабжения населенных пунктов, а также в распределительных коммунальных сетях и теплоэнергетике (станции, бойлерные, котельные и пр.) где имеется заземление [1]. Целью проведения экспериментальных исследований механических свойств стеклопластиковой муфты является получение значений модуля продольной упругости и предела прочности стеклопластиковой намотки, используемой в сборной конструкции ЭИВ. Указанные характеристики являются исходными данными для выполнения уточненного анализа объемного напряженно-деформированного состояния (НДС) ЭИВ, основанного на использовании пространственных уравнений теории упругости [2].

Образцы, используемые далее для определения механических свойств стеклопластика ЭИВ, изготавливались в соответствии с её структурой, выявленной при осмотре и анализе плотности распределения армирующих волокон стеклопластика по осевому сечению фрагмента ЭИВ (рис. 1).

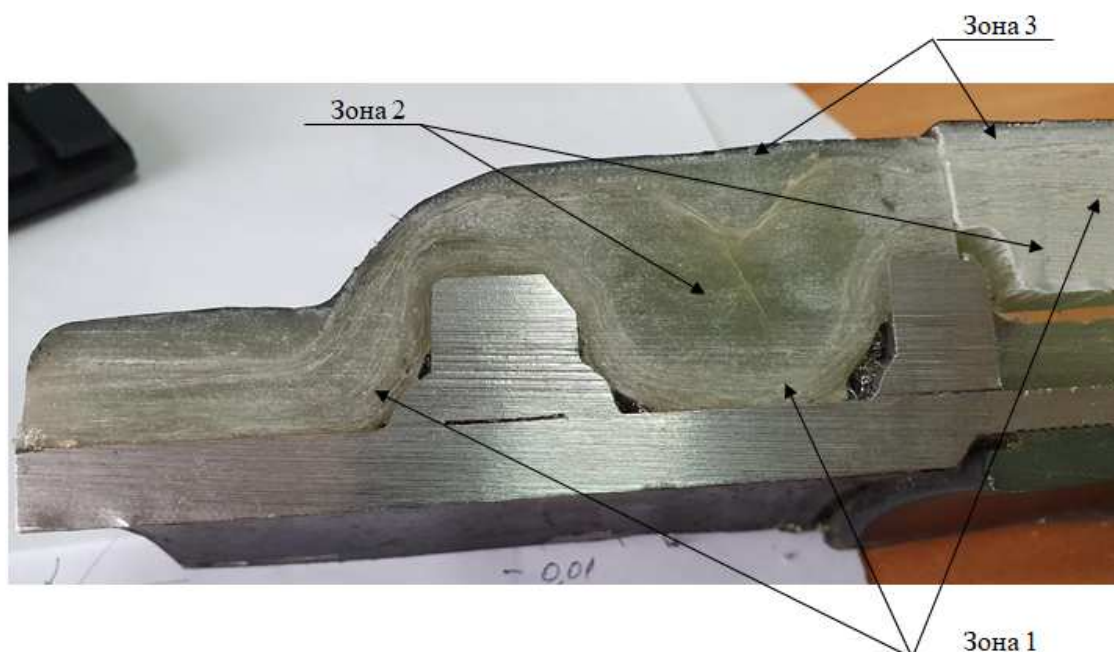
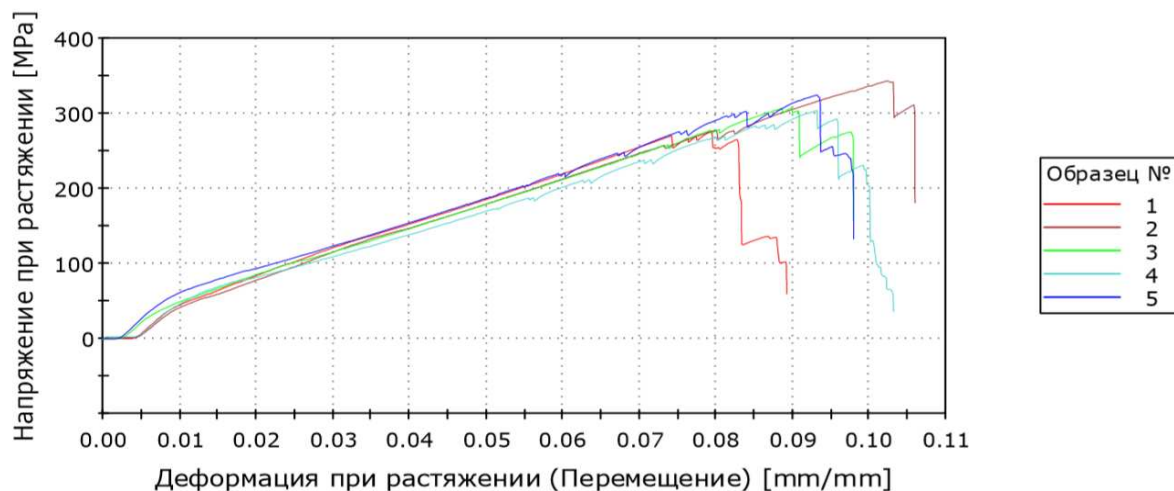


Рис. 1. Осевое сечение фрагмента ЭИВ

Внешний осмотр осевого сечения фрагмента ЭИВ позволил установить (рис. 1), что плотность распределения армирующих волокон в Зоне 1 существенно выше, чем аналогичная плотность в средней (в радиальном направлении) части стеклопластиковой намотки (Зона 2), а в Зоне 3 выше, чем плотность в Зоне 2. При этом материал Зоны 2 представляет собой эпоксиполимер [3]. В соответствии с указанной выше неоднородностью были изготовлены и испытаны до разрушения лабораторные образцы для механических испытаний, вырезанные из Зоны 1, имеющую наиболее плотную структуру распределения армирующих волокон.

Определение механических свойств стеклопластика ЭИВ осуществлялось в соответствии с ГОСТ 25.601-80, ГОСТ 25.602-80 и ГОСТ 11262-2017, в которых указаны требования к размерам и форме образцов из стеклопластиков для механических испытаний на растяжение и сжатие, а также способам их изготовления. Испытания образцов выполнялись на электромеханической испытательной машине INSTRON 5982. Машина предназначена для квазистатических испытаний на растяжение, сжатие, трехточечный изгиб и сдвиг с нагрузкой до 100 кН и скоростью нагружения от 0,001 до 500 мм/мин. Точность измерения нагрузки составляет 0,5% от измеряемой величины номинальной мощности датчика нагрузки.

На рисунке 2 показана типичная зависимость напряжения от осевой деформации при испытании образца, вырезанного из Зоны 1 (на растяжение при нормальной температуре), и соответствующее значение его модуля упругости, а также один из разрушенных образцов стеклопластика.



а

	Модуль (Автоматический Юнга) [МПа]
1	7086,74229
2	4988,16564
3	5547,35256
4	7474,84140
5	8039,12450
6	7572,08969

б



в

Рис. 2. Результаты испытания материала стеклопластика, вырезанного из зоны 1:
а – диаграмма растяжения, б – значения модуля упругости, в – разрушенный образец

Разрушение при одноосном растяжении происходило в рабочей части образцов (рис. 2, в). Первичное разрушение образцов сопровождалось характерными щелчками и происходило отслоение перерезанных волокон.

Результаты испытания образцов, вырезанных из зоны 1, показали, что значение предела прочности стеклопластика при действии разрушающего усилия в направлении армирующего волокна, составило не менее $\sigma_b = 340 \pm 1$ МПа (рис. 2, а). Определение модуля продольной упругости осуществлялось в соответствии с экспериментально установленными диаграммами деформирования материала образцов, вырезанных из Зоны 1. По результатам испытаний оказалось, что среднее значение указанного модуля составило 7000 ± 1 МПа.

Выявленный в ходе экспериментальных исследований разброс значений предела прочности материала стеклопластика обусловлен радиальной неоднородностью испытанного материала. Соответствующее уточнение значений исследуемых пределов прочности были получены в ходе изготовления и испытания дополнительного количества образцов, вырезанных из Зоны 1.

Результаты проведенных исследований создают основу для дальнейшего выполнения уточненного расчета объемного НДС ЭИВ, определяющего его прочность, с учетом фактически полученных механических свойств используемого стеклопластика.

Список литературы

1. Вставки электроизолирующие неразъемные для трубопроводов, изготавливаемые по ТУ 1469-027-05015070-01, ТУ 1469-031-05015070-2007 Категория А. Каталог продукции. – Пермь: ЗАО «ГАЗКОМПОЗИТ»/ОАО «Оргэнергогаз», 2017. – 38 с.
2. Зеньков Е.В., Толмачева И.А. Применение задач теории упругости в оценке достоверности конечно-элементных приближений // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2025. – №46. – С. 47-50.
3. Воронков А.Г. Эпоксидные полимеррастворы для ремонта и защиты строительных изделий и конструкций: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 92 с.

Сведения об авторах:

Зеньков Евгений Вячеславович – к.т.н., доцент, доцент кафедры управления качеством и инженерной графики;

Кривошапова Елизавета Михайловна – студент.