

## Разработка композитной траверсы анкерной концевой опоры линии электропередачи 6-10кВ

Федоров Юрий Юристанович, кандидат технических наук  
Васильев Спиридон Васильевич  
ФГБУН Институт проблем нефти и газа СО РАН (г. Якутск)

**Аннотация.** Предложена конструкция композитной стеклопластиковой траверсы концевой анкерной опоры линии электропередачи 6-10кВ. Проведены лабораторные и опытно-промышленные испытания. Стеклопластиковая траверса опоры показала свою работоспособность с точки зрения обеспечения необходимой несущей способности.

**Ключевые слова:** траверса, опора линии электропередачи, композит, стеклопластик, прочность, нагрузка, прогиб,

Стеклопластики — это перспективные полимерные композиционные материалы (ПКМ), которые благодаря уникальным сочетаниям свойств дерева, металла, полимера: высокой прочности, низкой теплопроводности, устойчивости к агрессивным средам, био-, влаго- и атмосферостойкостью, имеют широкую гамму применения в индустриальном строительстве. До недавнего времени они использовались только в самолетостроении, кораблестроении и космической технике. Применение этих материалов сдерживалось, в основном, из-за отсутствия промышленной технологии, позволяющей наладить массовый выпуск профилей сложной конфигурации с требуемой точностью размеров. В настоящее время эти задачи успешно решаются с развитием традиционных (намотка) и созданием новых (пултрузия) технологий. Эти материалы успешно используются рядом зарубежных фирм в производстве опор и их элементов при сооружении линий электропередачи (ЛЭП).

Стеклопластиковая траверса — более прочная, легкая и экологически безопасная альтернатива траверсам из традиционных материалов. Результаты исследований, приводимые производителями, показывают, что долговечность конструкций из таких материалов значительно превосходит срок службы аналогичных конструкций из традиционных материалов. Но эти исследования не проводились в условиях резкоконтинентального холодного климата, характерного для центральных районов Республики Саха (Якутия).

В условиях Якутии ПКМ могут стареть гораздо интенсивнее, чем в зоне умеренного климата. Свой вклад в этот процесс вносят крайне низкие температуры в зимнее время года ( $-60^{\circ}\text{C}$ ); высокая прозрачность атмосферы, а, следовательно, и большая интенсивность УФ-излучения, обуславливающая интенсификацию процессов старения полимеров; колебания температуры с широкой амплитудой и с переходом через  $0^{\circ}\text{C}$ , приводящие к появлению термических напряжений, накоплению микротрещин, хрупкому разрушению материала, сорбции и десорбции влаги с последующим ее замораживанием и размораживанием.

Конструкция траверсы аналогична применяемым деревянным траверсам и содержит подтраверсник, изготовленный из труб диаметром 120мм, которые прикрепляются к деревянной опоре. На подтраверсники перпендикулярно их продольным осям закрепляются две траверсы с таким же сечением. Монтаж

электроизоляторов на траверсы осуществляется в установленном порядке.

Наиболее приемлемыми к решению задачи оказались стеклопластиковые (СПТ) и стеклобазальтопластиковые трубы (СБПТ) с внешним диаметром 120мм, производства ООО «Завод базальтовых труб», (г. Москва, производственная площадка — г. Пермь). Трубы изготавливаются методом непрерывной намотки с продольно-поперечной укладкой волокон, соотношение продольной и поперечной арматуры составляет 3:1. Для изготовления траверс были применены СПТ 100x10, СБПТ 100x10мм (внутренний диаметр x толщина стенки, мм). В образцах СБПТ продольная арматура выполнена из базальтового ровинга линейной плотностью не более 640 текс.

Цилиндрические образцы (трубы) изготовлены методом продольно-поперечной намотки:

- соотношение продольных и поперечных волокон 3:1;
- содержание связующего — 29-32 %;
- используемая смола — ЭД-20, отвердитель — ИзоМТГФА;
- угол намотки продольного волокна 75-85 градусов;
- ровинг стеклянный марки ЕС линейной плотностью не более 640 текс;
- ровинг базальтовый марки РБН линейной плотностью не более 640 текс;
- в образцах СБПТ продольное армирование выполнено из базальтового ровинга.

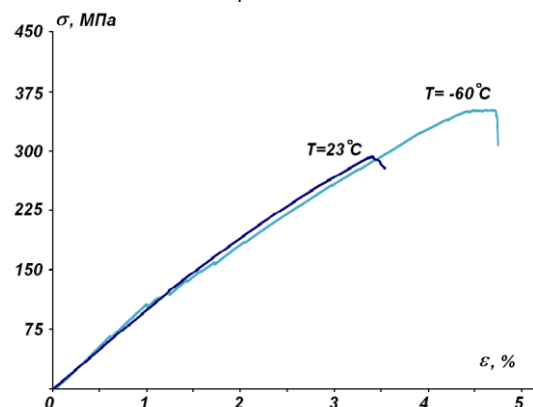


Рис.1. Типичный график зависимости прочности ( $\sigma$ ) от деформации ( $\epsilon$ ) при температурах испытаний 23 и  $-60^{\circ}\text{C}$ .

Исследования низкотемпературных деформационно-прочностных характеристик модельных образцов материала композитных траверс - на изгиб по методу ASTM D790-03, показали увеличение деформации разрушения (3,5 ч 4,3%) при понижении температуры от 23 до -60°C и соответственно увеличение прочности (293 ч 354 МПа) рис.1. Изменение модуля (8,4ч8,9ГПа) незначительно в пределах разброса результатов испытаний.

При максимальной нагрузке траверсы напряжение в композитном материале не должны достигать  $0,15\sigma_p$  ( $\sigma_p$  – напряжение разрушения) [1,2]. При достижении данного напряжения начинается процесс микрорасстрескивания матрицы композита, что является ограничителем эксплуатационной нагрузки для применяемого стеклопластика .

При нагружении консоли длиной 1 метр из цилиндрического стеклопластикового профиля, величиной  $P=0,4$  кН (расчетная нагрузка от кабеля СИПЗ) [3,4], расчеты показали, что максимальные нормальные напряжения в материале составили  $\sigma_{max}= 5,1$  МПа. Из расчетов видно, что:  $\sigma_{max}= 5,1$  МПа  $\ll$   $50\% * 293$  МПа= $43,9$  МПа. Таким образом, из используемого профиля можно изготовить траверсу с 8-кратным запасом прочности.

Изготовление опытного образца траверсы концевой анкерной опоры ВЛ 6-10 кВ проходило по следующим этапам:

- обеспечение гигроскопичности полости выполнено путем заполнения пенополиуретаном (ППУ).
- торцы профилей закрыты колпаками из атмосферостойкого полипропилена толщиной 5 мм;
- для обеспечения пригодность к эксплуатации в контакте с агрессивными средами, атмосферными осадками и под воздействием солнечной радиации на внешние поверхности профилей был нанесен водо- атмосферостойкий гелькоут Crystic GC 65 PARAL 9003 (белый);

- опытный образец траверсы концевой анкерной опоры ВЛ 6-10 кВ был доставлен и смонтирован на анкерной концевой опоре 6кВ на испытательном полигоне ЦЭС ОАО АК «Якутскэнерго», расположенном на территории Покровского РЭС (г. Покровск, Республика Саха (Якутия)) рис.2.

Мониторинговые исследования показали стабильность проектного положения траверс и подтраверсников. Величина расчетного прогиба траверсы находится в пределах разброса измерений, поэтому при контрольных замерах, проведенных в ходе мониторинговых исследований, деформации не выявлены.

#### Литература:

1. Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. - М.: Техносфера, 2004. – 408с.
2. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. -М.: Машиностроение, 1988-271 с.
3. Правила устройства электроустановок. Издание 7 переработанное и дополненное – Утв. приказом Минэнерго России от 08.07.2002 №204. – М.: Энергоатомиздат, 2002.
4. Крюков К. П., Новгородцев Б. П. Конструкции и механический расчет линий электропередачи. 2е изд., перераб. и доп. Л.: Энергия, Ленингр.отд., 1979. – 312с.

Результаты, полученные в данной работе, позволяют сделать вывод о возможности применения композитных траверс для опор ЛЭП 6-10 кВ в условиях холодного климата Республики Саха (Якутия).



Рис.2. Фотография траверс и подтраверсников анкерной концевой опоры ЛЭП 6кВ.

*Работа выполнена в рамках Госзаказа ФАНО РФ (проект № АААА-А17-117040710038-8 от 07.04.2017 г.)*