

О расчетных сопротивлениях новых теплостойких полимерных композитов, применяемых для дымовых и вентиляционных промышленных труб

В. М. Асташкин¹, С. Б. Шматков², А. С. Шматков³

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

² ООО «Спецвысотстройпроект», г. Челябинск

³ ООО «ТРИС» г. Челябинск

Аннотация: Дымовые трубы и элементы газоотводящих трактов из полимерных композитов (ПК), в основном стеклопластиков, в отличие от других материалов устойчиво работают при температурах отводимых газов ниже точки росы, но в процессе эксплуатации могут подвергаться действию повышенных температур. Это потребовало модификации и разработки новых терморезистивных связующих для матрицы ПК, термостойких и теплостойких. Показатели термостойкости ПК применимы в основном для защитных покрытий, а для напряженных элементов из ПК необходимо использовать показатели теплостойкости. Для расчетной оценки несущей способности конструкций из новых более теплостойких ПК необходимо в их расчетном сопротивлении учитывать изменение нормативных сопротивлений и новые проявления температурно-временных факторов. За нормативное сопротивление новых ПК можно принять минимальное значение прочности по нормативному документу или технической документации на изделие из ПК. При назначении температурно-временных коэффициентов прочности для новых более теплостойких ПК предлагается использовать значения коэффициентов для широко применяемых (базовых) ПК, изменив для них температурную шкалу пропорционально изменению теплостойкости относительно базовых ПК.

Ключевые слова: полимерные композиты, стеклопластики, термостойкость, теплостойкость, расчетные сопротивления, дымовые трубы.

Дымовые, вентиляционные трубы и газоходы из полимерных композитов (ПК) являются перспективным направлением в трубостроении благодаря стойкости ПК к агрессивному воздействию в сочетании с высокой прочностью и малым весом. [1-3]. Их применение обусловлено современными тенденциями в энерго- и ресурсосбережении и требованиями экологии [4], в результате реализации которых снижается температура отводимых промышленных выбросов, но при этом повышается их влажность и агрессивность.

Поскольку дымовые трубы и элементы газоотводящих трактов могут работать как при температурах отводимых газов ниже точки росы, так и при

повышенных температурах отводимых газов, это требует модификации и разработки новых более теплостойких термореактивных связующих для матрицы ПК по сравнению с известными и апробированными (базовыми). В качестве армирующего наполнителя для этих ПК применяется в основном стекловолокно и полуфабрикаты на его основе. ПК с таким наполнителем носят название стеклокомпози́ты или стеклопластики. Конструкции их ПК должны обладать необходимыми термостойкостью и теплостойкостью.

Термостойкость полимеров – это их способность сохранять неизменным химическое строение при повышении температуры [5]. Для полимерного композита термостойкость характеризуется температурой начала деструкции матрицы и является верхним температурным пределом кратковременного использования ненапряженного композита, а также допустимыми сроками и температурами длительного использования, определяемыми старением композита. Эта характеристика важна в первую очередь для защитных покрытий газоотводящих трактов.

Теплостойкость означает устойчивость напряженных ПК к кратковременному и длительному действию нагрузок и повышенных температур и характеризуется температурно-временными зависимостями физико-механических характеристик. Кроме того, она характеризуется температурой перехода материала матрицы под действием эксплуатационных напряжений в вынужденно-эластическое состояние, являющейся верхней температурой использования напряженных ПК. Таким образом, для несущих конструкций, работающих при повышенных температурах, важна именно теплостойкость, при этом под теплостойкостью конструкции из ПК понимают ее способность сохранять при повышенной температуре эксплуатационные свойства и нести механические нагрузки [6].

Теплостойкость ПК оценивают по изменению изгибной жесткости балочного образца при нагревании. Наиболее часто для этого определяют

теплостойкость по Мартенсу T_m , которая приводится в большинстве технических условий на ПК и изделия из них [7], хотя наиболее удачным следует признать метод И. Гуго, где в качестве температуры, определяющей теплостойкость, предложена температура, при которой модуль упругости снижается в 2 раза [7, 8].

Для расчета конструкции из ПК необходимо иметь расчетные сопротивления ее материала. В [1, 9] расчетные сопротивления полимерных композитов R , МПа, предложено вычислять по формуле

$$R = \frac{R_n}{\gamma_m} k_{t\tau} \gamma_d , \quad (1)$$

где R_n – нормативное сопротивление для соответствующего вида напряженного состояния, МПа;

γ_m – коэффициент надежности по материалу;

$k_{t\tau}$ – температурно-временной коэффициент прочности;

γ_d – коэффициент условий работы, учитывающий степень агрессивности среды.

Значения параметров формулы (1) известны только для базовых ПК и определены в результате ранее проведенных исследований и накопления статистических данных. Конструкции из новых, более теплостойких ПК как правило проходят термообработку, что повышает степень полимеризации матрицы ПК, отсюда у них выше прочность и другие показатели ее изменчивости. Для расчетной оценки несущей способности конструкций из новых ПК необходимо в их расчетном сопротивлении учитывать изменение нормативных сопротивлений и новые проявления температурно-временных факторов, данные по которым могут отсутствовать.

В этом случае для ПК, отличающихся от базовых, за их нормативное сопротивление до накопления статистических данных можно принять

минимальное значение прочности по нормативному документу или технической документации на изделие из ПК с обеспеченностью не менее 0,95, а за нормативное значение модуля упругости - его гарантированное среднее значение.

Допускается также определение нормативных сопротивлений через переходные коэффициенты, полученные как отношение средних значений прочности нового и базового материала [9].

Определение температурно-временных коэффициентов прочности весьма трудоемко. Однако отмечается [10], что существует корреляция с теплостойкостью по Вика температурной зависимости механических свойств волоконнаполненных (стеклонаполненных) полимерных композиций, что позволяет построить универсальные температурные зависимости механических свойств.

Поэтому для назначения температурно-временных коэффициентов прочности $k_{t\tau}$ применительно к новым более теплостойким ПК на первых этапах их использования.

Полагая для рассматриваемых материалов подобными закономерности изменения во времени длительной прочности, а влияние температуры – обратно пропорциональным теплостойкости ПК, получим простой подход к назначению температурно-временных коэффициентов прочности $k_{t\tau}$ для новых более теплостойких ПК, сводящийся к изменению температурной шкалы путем ее умножения на коэффициент $k_m = T_m / T_{mб}$, где T_m – теплостойкость по Мартенсу ПК, отличающегося от базового, $T_{mб}$ – теплостойкость по Мартенсу базового ПК, то есть температурная шкала изменяется пропорционально изменению теплостойкости.

Подобный подход можно применять и при назначении температурно-временных деформационных коэффициентов для определения расчетных модулей упругости.

В таблице №1 даны значения температурно-временных коэффициентов прочности $k_{t\tau}$ для базового ПК и вычисленные их значения для нового более теплостойкого ПК. Как видно из таблицы №1 коэффициенты для базового и нового ПК отличаются только температурной шкалой. Значения коэффициентов при промежуточных значениях повышенных температур можно брать по интерполяции. В запас прочности по данным таблицы для нового более теплостойкого ПК при температурах ниже 40 °С $k_{t\tau}$ рекомендуется принимать как для 40 °С.

Сдвиг начала снижения прочности в область более высоких температур для ПК на теплостойкой матрице отмечается также в проведенных анализе и исследованиях [11].

Пример графика коэффициентов $k_{t\tau}$ дан на рис. 1.

Таблица №1

Температурно-временные коэффициенты прочности $k_{t\tau}$
для ПК разной теплостойкости T_m

Длительность действия нагрузки	Эпоксидопласт на смолах общего назначения, армированный стеклянной тканью (базовый ПК, $T_m = 80$ °С)				Фенопласт после термообработки, армированный стеклянной тканью ($T_m = 160$ °С)			
	$k_{t\tau}$ при температуре, °С				$k_{t\tau}$ при температуре, °С			
	20	40	60	80	40	80	120	160
Кратковр.	1,00	0,80	0,60	0,50	1,00	0,80	0,60	0,50
1 сутки	0,70	0,60	0,45	0,33	0,70	0,60	0,45	0,33
1 месяц	0,65	0,53	0,38	0,27	0,65	0,53	0,38	0,27
1 год	0,52	0,40	0,25	0,18	0,52	0,40	0,25	0,18
10 лет	0,46	0,36	0,22	0,14	0,46	0,36	0,22	0,14

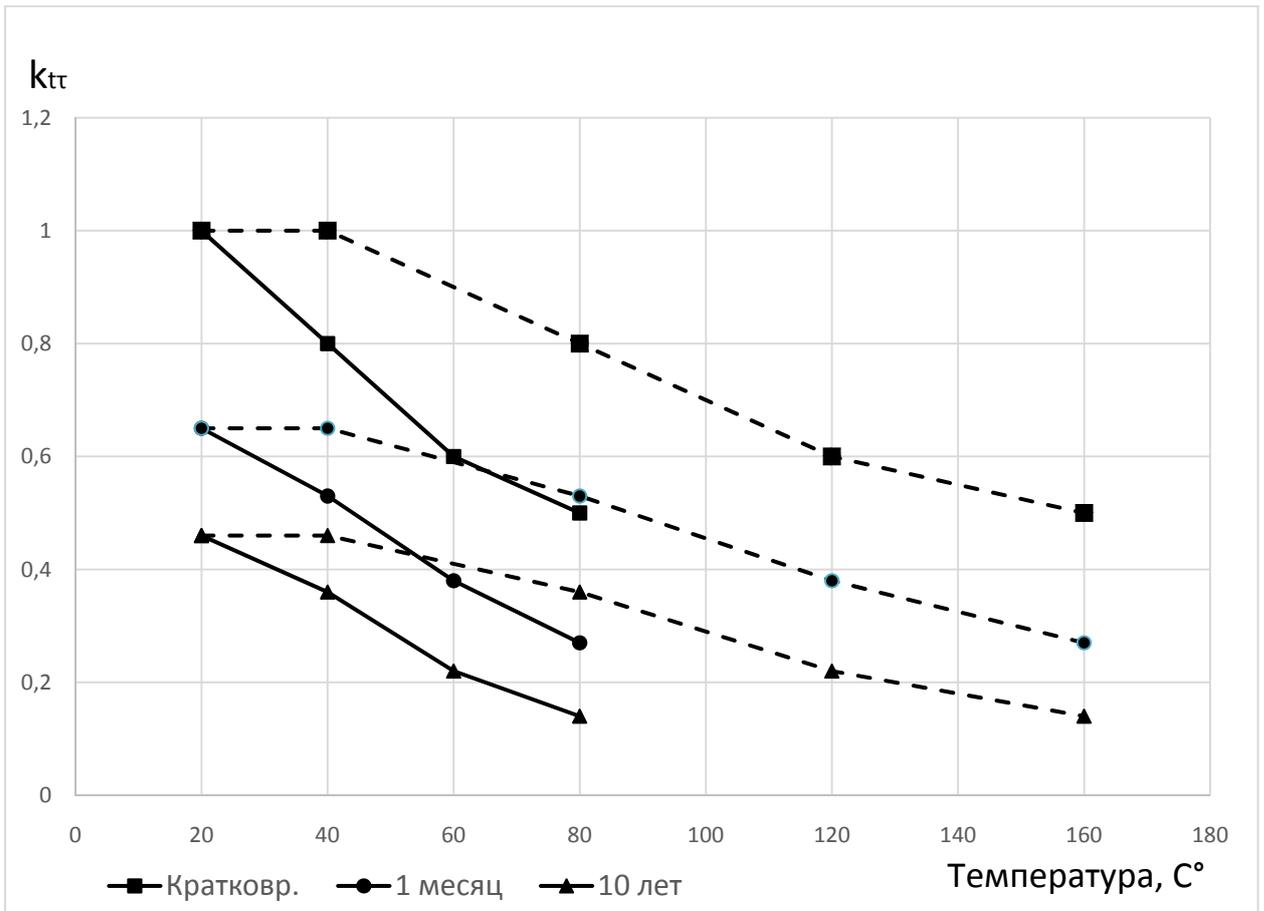


Рис.1. - Графики значений температурно-временных коэффициентов прочности k_{tt} для базового ПК ($T_m = 80^\circ\text{C}$, сплошные линии) и вычисленных значений для нового более теплостойкого ПК ($T_m = 160^\circ\text{C}$, пунктир)

Выводы

1. Показатели термостойкости ПК применимы в основном для защитных покрытий газоотводящих трактов, а для напряженных элементов из ПК необходимо использовать показатели теплостойкости.

2. Для расчета конструкций из новых более теплостойких ПК необходимо в их расчетном сопротивлении учитывать изменение нормативных сопротивлений и новые проявления температурно-временных факторов.



3. За нормативное сопротивление новых ПК можно принять минимальное значение прочности по нормативному документу или технической документации на изделие из ПК.

4. При назначении температурно-временных коэффициентов прочности для новых более теплостойких ПК предлагается изменить для них температурную шкалу пропорционально изменению теплостойкости относительно базовых ПК.

Литература

1. Асташкин В.М., Жолудов В.С., Корсунский А.З., Малютин, Е.В. Спорыхин Б.Б. Дымовые трубы и элементы газоотводящих трактов из полимерных композиционных материалов: монография / Под редакцией Гусева Б.В. и Горелого К.А. Челябинск, «Абрис-принт», 2011.- 155 с.

2. Мишнёв М.В., Асташкин В.М., Маликов Д.А., Королев А.С., Зырянов Ф.А. Основные принципы технологии изготовления и возведения дымовых труб из полимерных композиционных материалов способом вертикальной намотки с подрачиванием // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2013, № 3.- URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1837

3. McConnell, V. Resurgence in corrosion resistant composites / Vicky P. McConnell // Reinforced plastics. – Volume 49, Issue 10, 2005. – p.p. 20-25.

4. Гавриленко А.В., Кирсанов А.Л., Елисеева Т.П. Основные направления энергосбережения в региональной экономике // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2011, №1. – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/340

5. Энциклопедия полимеров, Т. 3 – М.: Советская энциклопедия, 1977.- С. 635-636.

6. Цыплаков О.Г. Конструирование изделий из композиционно-волоконистых материалов. - Л.: Машиностроение, 1984. 140 с.

7. Малкин А.Я., Аскадский А.А., Коврига В. В. Методы измерения механических свойств полимеров - М: 1978, 330 с.

8. Hugo I. Short Report on Testing the Glassrein Forced Plastics, SVUM, Praha, 1968, p. 1-14.

9. Асташкин В.М., Иванов С.Г., Кувшинов Н.С., Продайко В.В.Руководство по проектированию, расчету и методам контроля газоходов и ванн из бипластмасс. - М.: ЦБНТИ ММСС СССР, 1979, 122 с.

10. Чапский К.А. Механические свойства стеклопластиков // Исследования конструктивных пластмасс и строительных конструкций на их основе: труды ЦНИИСК, выпуск 11.- М.: Госстройиздат, 1962.- С. 264-288.

11. Калиничев Э. Л., Соковцева М. Б. Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий: Справочное пособие. Л.: Химия, 1987.- 416 с.

12. Панферов К.В., Романенков И.Г. Влияние температурно-влажностных и химических факторов на физико-механические свойства стеклопластиков // Исследования конструктивных пластмасс и строительных конструкций на их основе: труды ЦНИИСК, выпуск 11.- М.: Госстройиздат, 1962.- С. 289-333.

References

1. Astashkin V., Zholudov V., Korsunsky A., Malutin E., Sporyhin B. Dymovye trubyy I element gasootvodyashih traktov is polimernyh kompositnyh materialov [Chimneys and gas-escape channels elements from polymer composite materials], Chelyabinsk: "Abris-print", 2011, 155 p.

2. Mishnev M., Astashkin V., Malikov D., Korolev D., Zyryanov F., Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013 № 3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1837

3. McConnell V. Resurgence in corrosion resistant composites, Reinforced plastics, Volume 49, Issue 10, 2005, pp. 20-25.

4. Gavrilenko A., Kirsanov A., Eliseeva T., Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/340
5. Enciklopediya polimerov [Polymer encyclopedia] (1977), Sovetskaya enciklopediya, Moscow, vol. 3, pp.635-636.
6. Cyplakov O. Konstruirovaniye izdelii is kompozicionno voloknistyh materialov [Construction of products from composite-fibrous materials], St. Petersburg: "Mashinostroyeniye", 1984, 140 p.
7. Malkin A. Metody izmereniya mehanicheskikh svoystv polimerov [Polymer mechanical qualities measuring methods], Moscow, 1978, 330 p.
8. Hugo I. Short Report on Testing the Glassrein Forced Plastics, Prague: "SVUM", 1968, p. 1-14.
9. Astashkin V., Ivanov S., Kuvshinov N., Prodaiko V. Rukovodstvo po proektirovaniyu, raschetu i metodam kontrolya gazoothodov i vann iz plastmass [Biplastic gas outputs and baths design and control manual], CBNTI MMSS SSSR, Moscow, 1979, 122 p.
10. Chapskiy K. Mehanicheskiye svoystva stekloplastikov [Mechanical characteristics of glass-fibers], TSNIISK proceeding, Moscow: "Gosstroizdat", issue 11, 1962, pp. 264-288.
11. Kalinichev E., Sokovceva M. Vybora plastmass dlya izgotovleniya i expluatacii izdelii [Plastic choice for production and use], St. Petersburg: "Chemistry", 1987, 416 p.
12. Panferov K. Vliyaniye temperaturno-vlazhnostnyh i himicheskikh factorov na fiziko-mehanicheskiye svoystva stekloplastikov [Temperature, humidity and chemical factors influence on the physical-mechanical characteristics of glass-fibers], TSNIISK proceeding, Moscow: "Gosstroizdat", issue 11, 1962, pp. 289-333.