

Зиямухамедова У.А., Мухиддинов З.Н., Бакиров Л.Й.,
Эрматов С.К., Махамаджанов Х.А., Джумабаев А.Б.
Ташкентский государственный технический университет
им. Ислама Каримова
(Узбекистан, г.Ташкент)

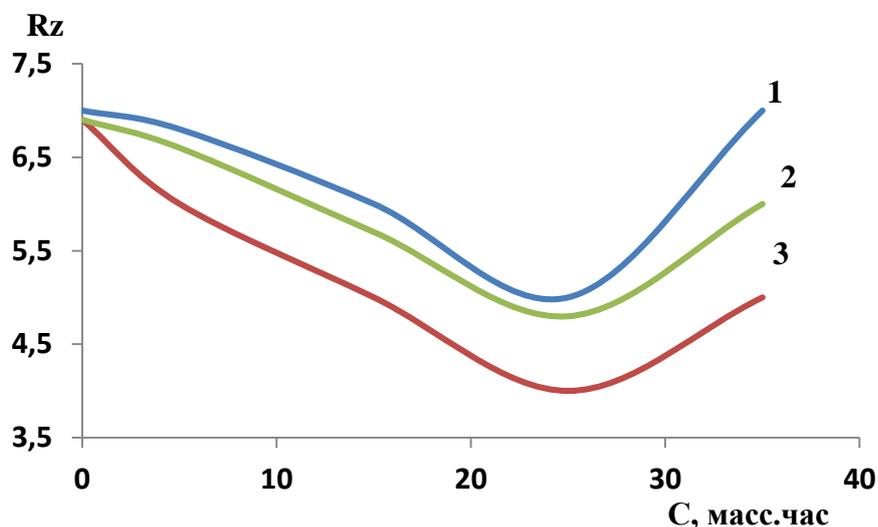
НЕКОТОРЫЕ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ ИЗ НИХ ДЛЯ ХЛОПКОВЫХ МАШИН

Одним из важнейших механических свойств гетерокомполитных полимерных материалов (ГКПМ) являются модули упругости и твердости, от которых зависит адгезионные и механические составляющие силы фрикционного взаимодействия. При этом немаловажно обеспечение высокой равномерности микротвёрдости и достаточной электро- и теплопроводности материала. Как правило, эти свойства ГКПМ достигаются при очень высоком содержании наполнителей [1-3].

Нами проводились эксперименты по выявлению влияния комплекса технологических факторов на механические и эксплуатационные свойства ГКПМ с использованием стандартного метода и приборов [4,5]. Результаты исследования показали, что исходная шероховатость ГКПМ практически не зависит от содержания и дисперсности наполнителя, и величина R_z находится в пределах 3-5 мкм. А шероховатость приработанных поверхностей существенно зависит от вышеперечисленных факторов. При этом R_z доходит до 10-25 мкм в зависимости от режима трения и физико-механических свойств ГКПМ; наибольший рост значений R_z наблюдается при низком содержании наполнителя, что связано с высокой неравномерностью микротвердости ГКПМ за счет неравномерного распределения частиц наполнителя в композите. При этом отмечено, что увеличение R_z способствует повышению коэффициента трения (f) хлопка с поверхностью полимерных материалов [2]. Из рис.1 видно, что увеличение содержания наполнителя до 20-43 масс.ч. приводит к более равномерному распределению частиц и к повышению механических (твердости) свойств ГКПМ и, следовательно, уменьшению R_z и f . Увеличение f и R_z при высоком содержании наполнителя (30масс.ч. и выше для графита; 35масс.ч. и выше для цемента и каолина) связано со снижением механических свойств эпоксидного композита за счет ухудшения технологичности формирования ГКПМ.

Эти результаты исследования выявили, с одной стороны, нецелесообразность создания ГКПМ при меньшем содержании твердых наполнителей чем 20-30 масс.ч., с другой стороны – наличие пределатехнологической совместимости наполнителя, со связующим которого

ухудшается не только технологичность получения ГКПМ, но существенно снижаются их механические свойства. При этом надо отметить, что технологическая совместимость и отличие от «критического объема наполнения» зависят не только от количества наполнителя, но и от его природы и свойств.



**Рис.1. Влияние содержания наполнителя на шероховатость поверхности ГКПМ.
1-графит; 2-цемент; 3-каолин.**

Одним из наиболее универсальных и эффективных методов оценки технологической совместимости наполнителей и связующих, на наш взгляд, является температура стеклования, определяемая на термомеханических весах [6]. Так как при прочих равных условиях механические свойства ГКПМ, особенно их твердость и модуль упругости, пропорциональны температуре их стеклования. Однако следует отметить, что понятие "температура стеклования" для ГКПМ в литературе не встречается. Поскольку температура стеклования определяет деформационные свойства материала и связана с подвижностью сегментов макромолекул, то по ее величине можно судить о конформационных преобразованиях в межфазном слое полимер-наполнитель в их совместимости.

Из результатов исследования влияния содержания различных наполнителей на температуру стеклования ГКПМ на основе ЭД-16 (рис.2) видно, что с увеличением содержания органических наполнителей (фторопласта и полиэтилена) в полимерной композиции закономерно уменьшается температура стеклования. Например, введение этих наполнителей в количестве 30 масс.ч. снижает температуру стеклования на 15-18°C. Это, видимо, объясняется тем, что неактивный наполнитель фторопласт и полиэтилен в эпоксидной композиции не вступают в химическую реакцию и не образуют сетчатых структур.

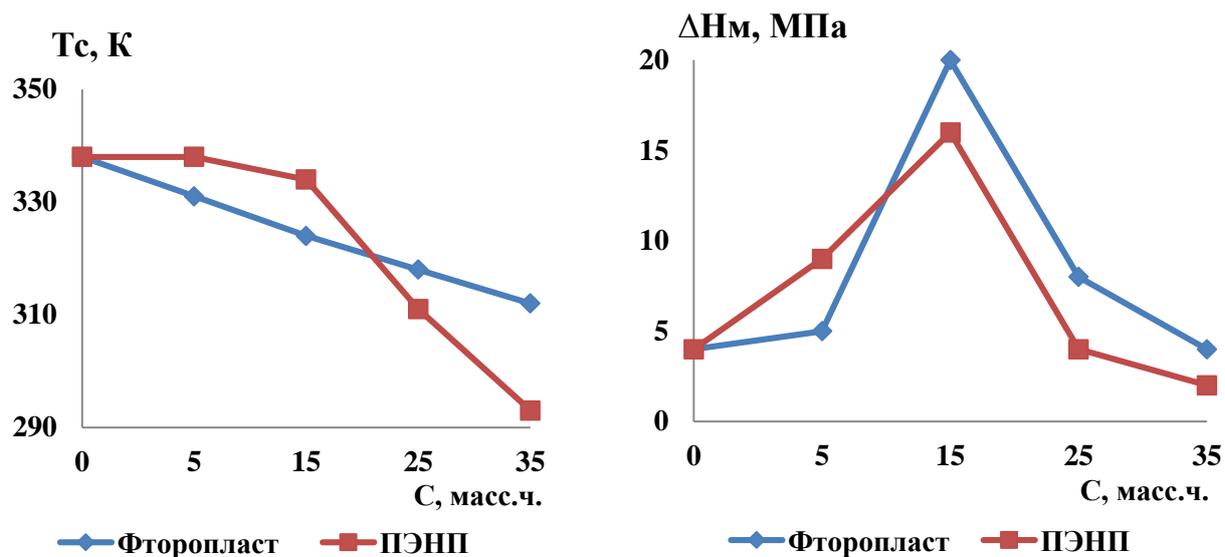


Рис.2. Влияния содержания фторопласта и ПЭНП на температуру стеклования (T_g) и прочности (ΔH) ГКПМ на основе ЭД-16.

Увеличение количества этих наполнителей до 20-40 масс.ч. уменьшает T_g полимерной композиции прямолинейно, что объясняется пространственным ослаблением межмолекулярной связи в эпоксидной смоле, а также затруднением процесса полного структурообразования.

При разработке ГКПМ машиностроительного назначения традиционно-используемые, например, асбест, цемент и каолин относятся к активным минеральным наполнителям и широко применяются для улучшения механических свойств различных полимерных композиций.

Из рис.3 видно, что при малом содержании асбеста (до 10 масс.ч.) существенно растет температура стеклования, а при последующих содержаниях наблюдается некоторое ее снижение. Аналогичное, но менее эффективное увеличение наблюдается при введении цемента. При введении каолина (до 20 масс.ч.) наблюдается незначительное увеличение температуры стеклования и при последующих значениях (до 30-40 масс.ч.) наблюдается закономерное ее снижение. Несмотря на практически одинаковый химический состав асбеста, цемента и каолина, наблюдаются существенно-разные эффекты при наполнении. В одном случае - эффект межструктурного наполнения, а в другом - эффект межструктурной пластификации [6]. Это объясняется физической структурой наполнителей. Асбест, благодаря волокнистой природе, повышает прочность ГКПМ, а каолин, вследствие слоистой структуры, играет роль пластификатора. Промежуточное положение занимает цемент с явным межфазным структурным эффектом, обуславливающим высокую температуру стеклования и, следовательно, прочностные свойства ГКПМ.

Существует понятие реализации эффекта межструктурной пластификации наполнителями слоистой структуры [2,6], что хорошо

видно при сравнении температуры стеклования ГКПМ, наполненные графитом зернистой и пластинчатой (чешуйчатой) структуры.

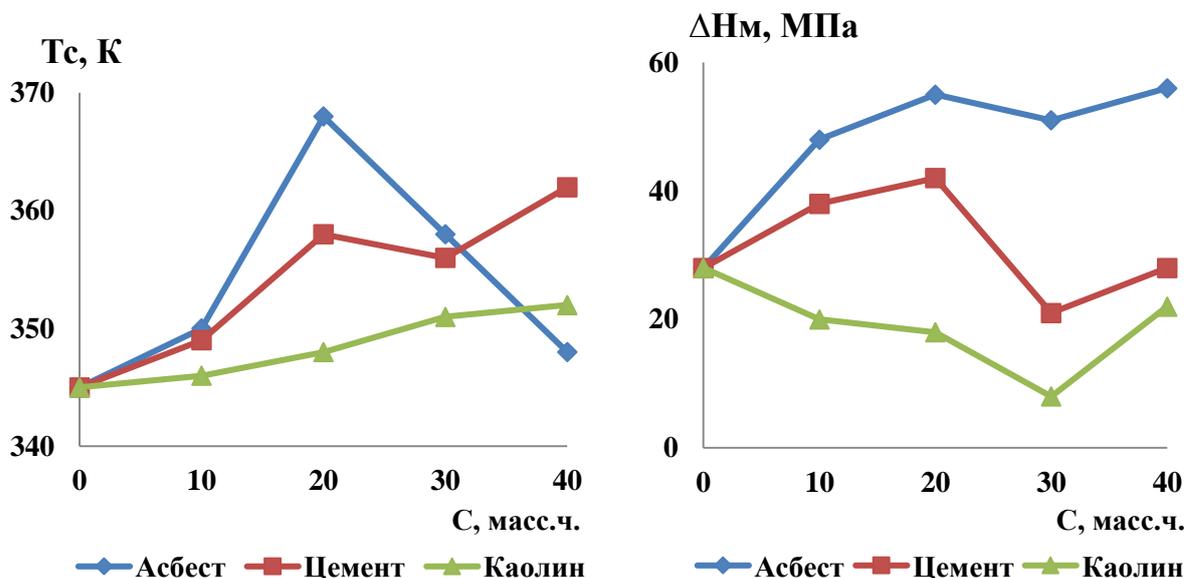


Рис.3. Влияния содержания асбеста, цемента и каолина на температуру стеклования (T_g) и прочности (ΔH) ГКПМ на основе ЭД-16.

Температура стеклования ГКПМ, наполненного графитом пластинчатой формы, несколько меньше, даже чем у ненаполненного эпоксидного композита. При введении алюминиевой пудры, порошков меди и железа T_g увеличивается (рис.4 и рис.5). Это объясняется тем, что введение в полимерную композицию активных металлических наполнителей приводит к переориентации несвязанных и обладающих достаточной подвижностью цепей полимера, с образованием более упорядоченной (по сравнению с незаполненной) полимерной структуры. При достаточно высоких концентрациях металла доля непосредственно контактирующих возрастает, следовательно, понижается подвижность и скорость упорядочения полимера. Наибольшая T_g наблюдается при наполнении железным порошком.

Активная поверхность дисперсного железа при малых концентрациях способствует ориентации и упорядочению полимера наряду с прививкой к макромолекулам, а при высоком наполнении превалирует химическое взаимодействие с уменьшением подвижности полимерных цепей на границе раздела фаз связующего активного наполнителя, что приводит к постепенному увеличению температуры стеклования композиции. При полимеризации эпоксидной смолы в присутствии таких наполнителей, как железо, медь и алюминий происходит передача электронов поверхностными атомами металла молекуле полимера с образованием активных частиц ионно-радикального типа [1-3].

Такое соединение образующегося полимера с твердыми поверхностями возможно только в случае образования устойчивой химической связи дисперсного неорганического вещества с углеродными атомами полимерной цепи. Как видно из изложенного, образование прочных связей полимера с наполнителем может протекать одновременно с существенным улучшением физико-механических свойств, характеризующихся изменением температуры стеклования ГКПМ [2,3].

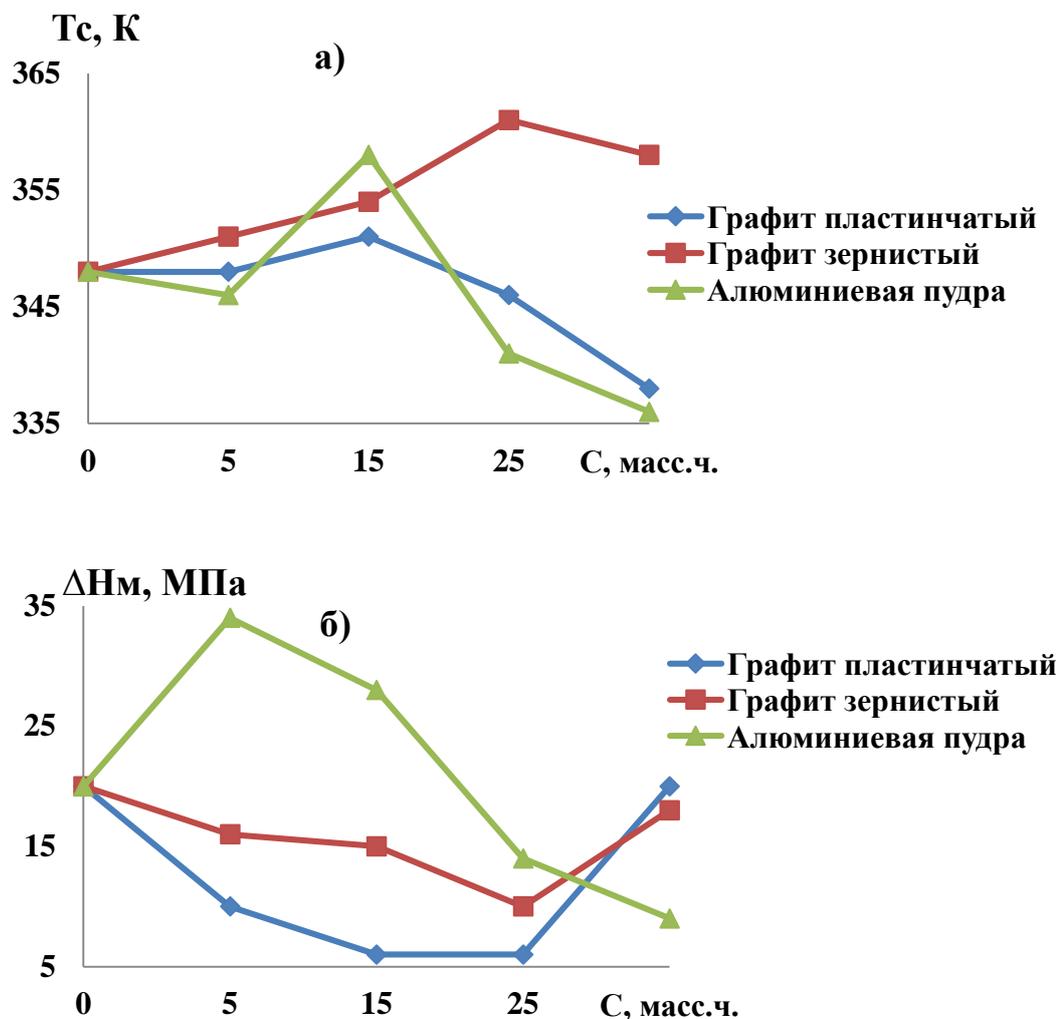


Рис.4. Влияния содержания графита (пластинчатый и зернистый), алюминиевой пудры на T_g (температуру стеклования – а) и ΔH_m (прочности – б) ГКПМ на основе ЭД-16.

Следует отметить, что при создании ГКПМ с высокими прочностными характеристиками эффективными являются наполнители волокнистого типа, обладающие армирующим эффектом. Существенно повышается износостойкость КПМ при наполнении стекловолокном, имеющая высокую температуру стеклования, согласно нашим исследованиям, также указывает на эффективность наполнителей армирующей природы.

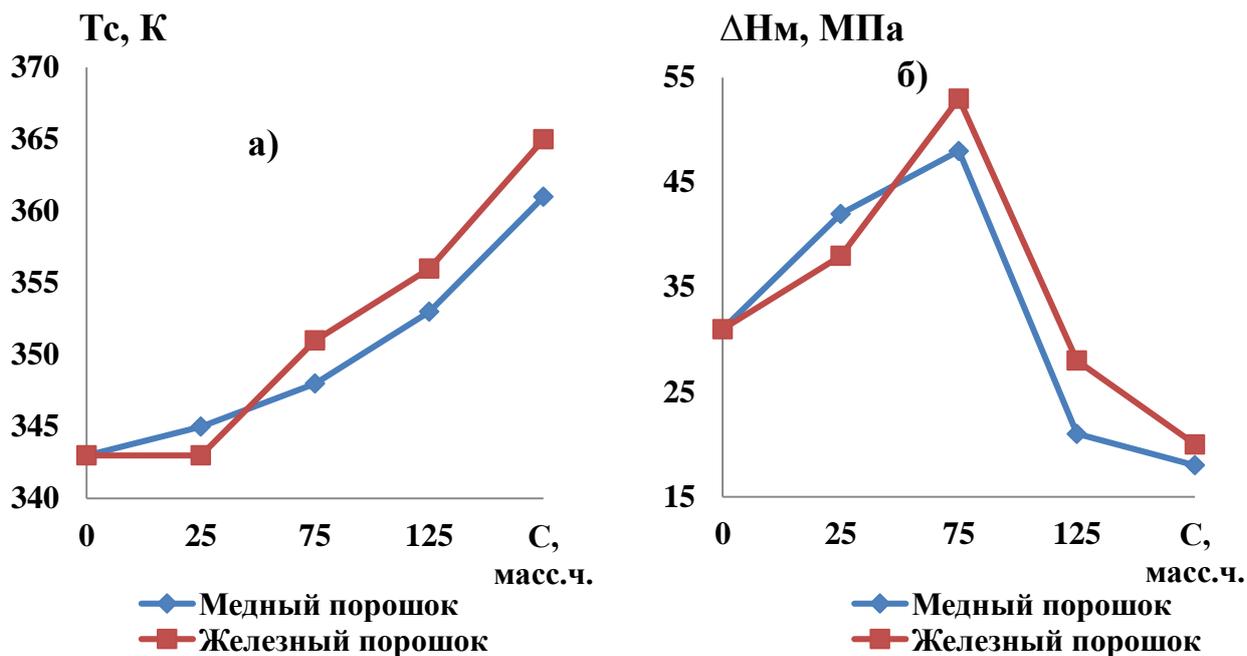


Рис.5. Влияния содержания медного и железного порошка на Тс (температуру стеклования – а) и ΔН (прочности – б) ГКПМ на основе ЭД-16.

Однако, как было отмечено выше, твердые волокнистые наполнители (асбест и стекловолокно) приводят к существенному увеличению механической повреждаемости хлопка.

Из рис.6 видно, что наибольшая температура стеклования наблюдается при введении короткого хлопкового волокна, очищенного от воскового слоя. Промежуточное положение имеют измельченные стебли хлопчатника и хлопковое волокно с восковым (пектиновым) слоем, а наименьшая температура стеклования - у ГКПМ, наполненного полиамидным волокном.

На основе этих результатов, а также структурных особенностей и поверхностного состояния наполнителей можно предполагать, что между армирующим целлюлозным волокном и эпоксидной смолой возможно химическое взаимодействие с образованием эфирных связей. Гидроксильные группы целлюлозы способны образовывать химические связи с эпоксидной группой при возникновении трехмерной сетчатой структуры. Такая химическая структура способствует ограничению гибкости полимерной цепи и скольжению макромолекул. Это нетрудно увидеть при сравнении температуры стеклования ГКПМ на эпоксидной основе, наполненные хлопковым волокном с разной поверхностью. Пектиновый слой на поверхности хлопкового волокна играет роль межфазной пластификации макромолекул полимера, в результате чего несколько снижается Тс ГКПМ.

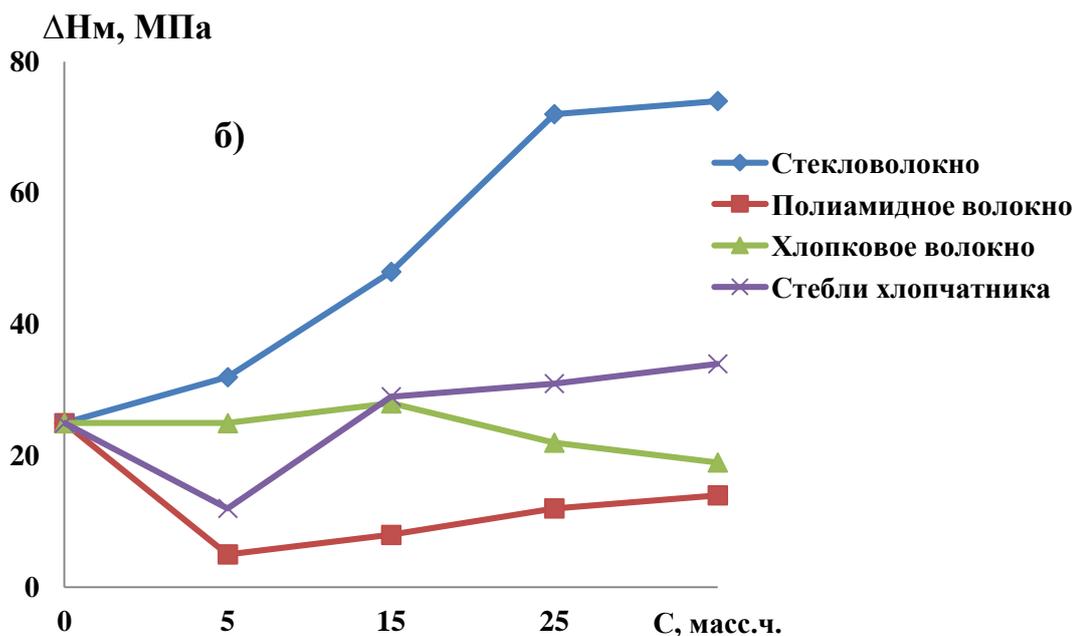
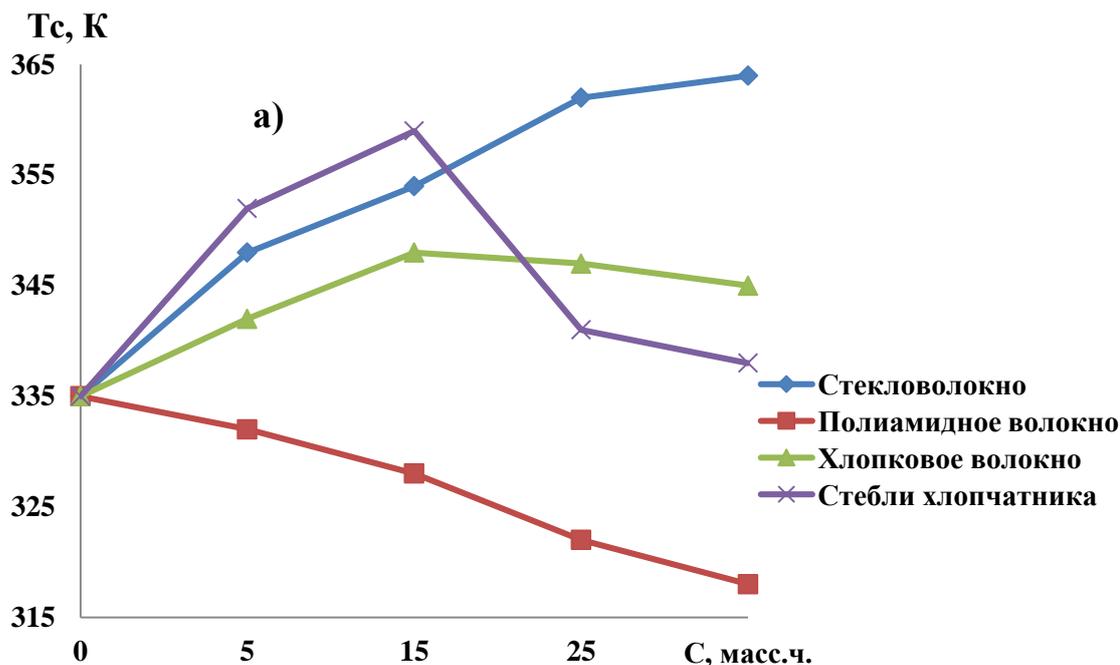


Рис.6. Влияния содержания стекловолокна, полиамидного волокна, хлопкового волокна и стеблей хлопчатника на температуростеклования (T_c) и прочности (ΔH) ГКПМ на основе ЭД-16.

Некоторое снижение T_c при введении полиамидного волокна связано со структурой полимерного наполнителя, высокой подвижностью макромолекул полиамида благодаря боковым гидроксильным и амидным группам [3]. Кроме того, высокую температуру стеклования эпоксидных КПМ, наполненных измельченными стеблями хлопчатника, и активизированную поверхность хлопковых волокон можно объяснить

диффузионными процессами в межфазном слое, когда армирующий наполнитель находится в ориентированном состоянии и имеет микропоры наполнителя. По мере заполнения пустот армирующего наполнителя эпоксидной смолой идет эффективное упрочнение в межфазном слое наполнитель - связующий. Отмеченное явление аналогично межфазному структурированию, способствует снижению подвижности макромолекул и повышает жесткость ГКПМ.

Таким образом, можно отметить, что температура стеклования ГКПМ является наиболее универсальной характеристикой для оценки прочностных и термомеханических характеристик полимеров; ее можно использовать для оценки технологической совместимости связующего и наполнителя, одновременно оценивая при этом равномерность микротвердости поверхности ГКПМ в зависимости от вида и содержания наполнителя.

При этом надо подчеркнуть, что влияние наполнителей волокнистой природы на механические свойства ГКПМ сильнее, чем у дисперсных наполнителей, что связано с высокой неравномерностью распределения наполнителей в объеме ГКПМ. Кроме того, при введении волокнистых наполнителей существенно ухудшается технологичность получения ГКПМ вследствие повышения вязкости композиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зиямухамедова У.А. Перспективные композиционные полимерные материалы на основе местных сырьевых и энергетических ресурсов. –Ташкент: «ТГТУ», -2011, -160 с.
2. Зиямухамедова У.А. Особенности структурной приспособляемости композиционных полимерных покрытий при взаимодействии их с хлопком, и технология их получения/ Автореф. док. дис, Ташкент, 2015. -28 с.
3. Зиямухамедова У.А. и др. Антикоррозионные и гидроабразивно-износостойкие гетерокомпозиционные материалы на основе полимеров и местных минералов. –Ташкент: «ТГТУ», -2015. -192 с.
4. FAP 00782 Дисковый трибометр. /Джумабаев А.Б. и др. // РА АИС №122012. – С.79-80.
5. O'zDSt 2822 -2014/ - 29 с.
6. Джумабаев А.Б. Трение и повреждаемость хлопка. // НИИ СМС. Агентство «Узстандарт». - Ташкент 2011. -275 с.