

РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАБИЛИЗАТОРОВ, НЕ СОДЕРЖАЩИХ СВИНЕЦ, ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень з регулювання властивостей композицій полівинілхлориду для ізоляції кабельної продукції з використанням стабілізаторів, що не містять свинцю. Визначені основні закономірності теплофізичних, фізико-механічних, електрофізичних і реологічних характеристик ізоляційних пластикатів під час використання комплексних систем Ca-Zn стабілізаторів.

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по регулированию свойств композиций на основе поливинилхлорида с использованием стабилизаторов, не содержащих свинец, для изоляции кабельной продукции. Определены основные закономерности теплофизических, физико-механических, электрофизических и реологических характеристик при использовании комплексных систем Ca-Zn стабилизаторов изоляционных пластикатов.

До настоящего времени в кабельной промышленности широко применялись поливинилхлоридные (ПВХ) пластикаты, содержащие в своих рецептурах стабилизаторы на основе свинца.

Технологическая практика переработки ПВХ показывает, что в последние годы происходит активная замена стабилизаторов, содержащих свинец, на кальций-цинковые. Эта тенденция наиболее ярко выражена в Европейском Союзе (ЕС), так как европейские участники рынка ПВХ обязаны учитывать законодательные положения ЕС.

Вполне реалистичной является задача полной замены в ЕС стабилизаторов, содержащих свинец, на кальций-цинковые к 2015 году. Более того, саму замену и существенное внедрение кальций-цинковых стабилизаторов можно назвать мировой тенденцией развития индустрии ПВХ.

Кроме улучшения экологии, существуют и технические основания для широкого внедрения кальций-цинковых систем. Эти стабилизаторы нетоксичны, обеспечивают погодостойкость, равную или лучшую, чем у систем, содержащих свинец. Условия их переработки практически аналогичны системам, в состав которых входит свинец. Отсутствуют проблемы вторичной переработки.

Поэтому замена свинцовых стабилизаторов на кальций-цинковые в ПВХ пластикатах для изоляции кабельной продукции является актуальной задачей.

Цель настоящей работы – изучение теплофизических, физико-механических, электрофизических и реологических характеристик полимерных композиций на основе ПВХ смолы при использовании стабилизаторов, не содержащих свинец, регулирование технических характеристик ПВХ пластикатов для изоляции кабельной продукции с использованием данных экспериментальных исследований.

Для проведения исследований использовали ПВХ композиции, изготовленные на базе суспензионной ПВХ смолы марки S PVC OXYVINIL 240 США.

В состав композиций входят сложноефирные пластификаторы (диоктилфталат (ДОФ), диоктилсебацнат (ДОС)), стабилизаторы (соли жирных кислот Ca и Zn), антиоксидант, технологическая добавка [1].

Полимерные композиции получали смешением исходных компонентов в лабораторном смесителе. Полученную смесь вальцевали на лабораторных вальцах. Опытно-промышленные партии изготавливались на линии компаундирования ПВХ пластикатов фирмы X-Compound.

Исследования реологических характеристик проводили методом капиллярной вискозиметрии согласно общепринятой методики на приборе ИИРТ-АМ с обработкой результатов при помощи стандартной компьютерной программы Microsoft Excel. Графические зависимости строились с помощью программы Graph 3D.

Серия опытов по изучению фазовых переходов была проведена на приборе дифференциальной сканирующей колориметрии DSC 1 фирмы METTLER TOLEDO при скорости нагрева 10 град/мин [2].

Температуру хрупкости определяли по ГОСТ 5960 [3]. Определение физико-механических характеристик проводили в соответствии с ДСТУ ІЕС 60811-1-1 [4] со статистической обработкой результатов. Электрофизические показатели – в соответствии с ГОСТ 6433.1, ГОСТ 6433.2 [5].

Для изготовления кабельной продукции используются пластифицированные композиции на основе ПВХ, т. е. содержащие в своем составе определенное количество пластификаторов.

Одним из основных назначений пластификатора является придание полимерной композиции морозостойкости – характеристики, предопределяющей низкотемпературные эксплуатационные возможности пластифицированного полимера [6]. Поэтому целесообразно было первоначально определить температуру стеклования (T_g) пластификаторов (ДОФ, ДОС и их смесей). Результаты этих исследований представлены на рис. 1 и в табл. 1.

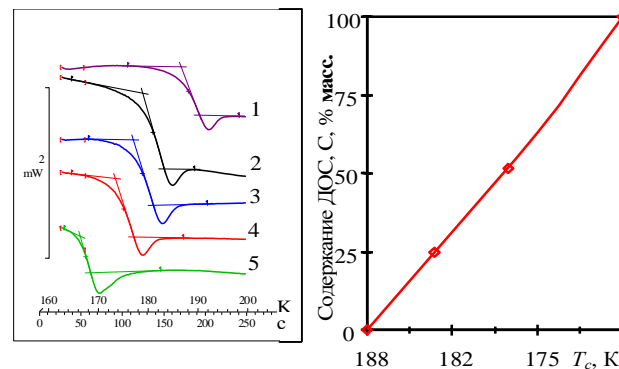


Рис. 1. Зависимость температуры стеклования ДОФ от содержания ДОС в смеси пластификаторов 1 – ДОФ; 2 – ДОФ+25 % ДОС; 3 – ДОФ+33 % ДОС; 4 – ДОФ+50 % ДОС; 5 – ДОС

Температура стеклования ДОФ составляет минус 84,95 °С (188,05 К); ДОС – минус 105,77 °С (167,23 К). Для смеси пластификаторов (ДОФ+ДОС) температура стеклования снижается при увеличении содержания ДОС.

Таблица 1

Наименование компонентов	Наименование показателей			
	Начало эффекта, °С (К)	Средняя точка эффекта, °С (К)	Окончание эффекта, °С (К)	Δ Ср, Дж/г·К
ДОФ	-86,91 (186,09)	-84,95 (188,05)	-82,76 (190,24)	0,524
ДОС	-106,78 (166,22)	-105,77 (167,23)	-104,84 (168,16)	0,420
ЭСМ	-70,02 (202,98)	-63,98 (209,02)	-57,46 (215,54)	0,768
Ca-Zn стабилизатор	-104,23 (168,77)	-99,10 (173,9)	-94,88 (178,12)	0,351
ДОФ+50 % ДОС	-99,69 (173,31)	-97,91 (175,09)	-95,93 (177,07)	0,537
ДОФ+33 % ДОС	-96,19 (176,81)	-94,34 (178,66)	-92,08 (180,92)	0,538
ДОФ+25 % ДОС	-94,16 (178,84)	-92,24 (180,76)	-90,13 (182,87)	0,539
ДОФ+ЭСМ	-86,90 (186,10)	-84,63 (188,37)	-82,18 (190,82)	0,537
ДОФ+ЭСМ	-86,50 (186,50)	-84,36 (188,64)	-81,48 (191,52)	0,694
ДОФ+ЭСМ+Ca-Zn стабилизатор	-88,38 (184,62)	-85,31 (187,69)	-82,05 (190,95)	0,655
ДОФ+ЭСМ+Ca-Zn стабилизатор	-95,12 (177,88)	-92,81 (180,19)	-90,42 (182,58)	0,601

Характеристикой, отвечающей за поведение ПВХ пластика в области низких температур, является температура стеклования (T_g). Температура стеклования характеризует переход полимера из стеклообразного в высокоэластическое состояние и обратно. Возможность эксплуатации пластифицированной композиции в области низких температур зависит от температуры хрупкости [6].

Были проведены исследования образцов с различным содержанием пластификаторов. Результаты представлены на рис. 2, 3.

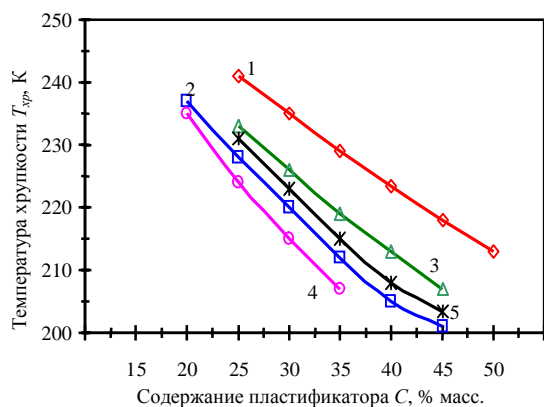


Рис. 2. Зависимость температуры хрупкости ПВХ пластика от количества пластификатора: 1 – ДОФ+свинцовые стабилизаторы; 2 – ДОС+свинцовые стабилизаторы; 3 – ДОФ+Ca-Zn стабилизатор; 4 – ДОС+Ca-Zn стабилизатор; 5 – ДОФ+ДОС+Ca-Zn стабилизатор

Как следует из рис. 2, 3 температуры хрупкости и стеклования пластифицированных композиций снижаются с увеличением содержания пластификато-

ра, причем более значительно это снижение наблюдается для композиций, в состав которых входят Ca-Zn стабилизаторы.

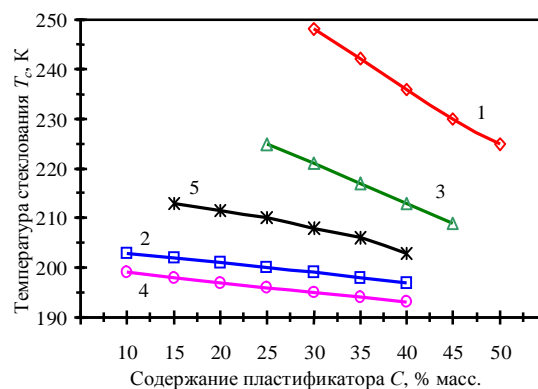


Рис. 3. Зависимость температуры стеклования ПВХ пластика от количества пластификатора: 1 – ДОФ+свинцовые стабилизаторы; 2 – ДОС+свинцовые стабилизаторы; 3 – ДОФ+Ca-Zn стабилизатор; 4 – ДОС+Ca-Zn стабилизатор; 5 – ДОФ+ДОС+Ca-Zn стабилизатор

Морозостойкость пластиков также зависит от природы пластификатора. В зависимости от термодинамической совместимости полимера и пластификатора различают внутримолекулярную и межструктурную пластификацию.

Внутримолекулярная пластификация происходит при высоком термодинамическом сродстве пластификатора к полимеру, сильном межмолекулярном взаимодействии молекул пластификатора с макромолекулами полимера, набухании растворов полимера в пластификаторе, когда молекулы пластификатора проникают внутрь любых надмолекулярных структур, постепенно их разрушая. Если пластификатор является "плохим" растворителем полимера и смешивается с ним в очень небольших количествах, то его молекулы проникают только в межструктурные пространства, и пластификация называется межструктурной. При межструктурной пластификации истинно растворяется (или совмещается) с полимером незначительное количество пластификатора, молекулы которого адсорбируются на межструктурной поверхности раздела, образуя тончайшие мономолекулярные слои так называемой граничной смазки, облегчающей подвижность надмолекулярных структур.

В наших исследованиях морозостойкость существенно снижается при использовании диоктилсебацината и смеси диоктилсебацината с диоктилфталатом, что характерно для межструктурной пластификации.

На температуру стеклования, как самих пластификаторов, так и полимерной композиции оказывают влияние другие ингредиенты, присутствующие в пластике. Поэтому целесообразно было провести исследования по определению температур стеклования и удельной теплоемкости процессов стеклования для пластификаторов, эпоксидированного соевого масла (ЭСМ) и Ca-Zn стабилизатора, а также смеси этих компонентов в соотношениях, необходимых для приготовления полимерных композиций. Результаты экспериментов приведены в табл. 1.

Как показывают результаты исследований температура стеклования ЭСМ выше ДОФ, Ca-Zn стабилизатора ниже ДОФ. Однако, введение их в ДОФ в

конечном результате понижает температуру до минус 85,31 °С (187,69 К) и минус 92,81 °С (180,19 К) в зависимости от содержания.

Удельная теплоемкость процесса стеклования увеличивается, также наблюдается расширение области перехода в стеклообразное состояние.

При смешении двух пластификаторов ДОФ и ДОС температура стеклования снижается с увеличением количества ДОС.

Удельная теплоемкость смеси ДОФ и ДОС мало изменяется от количества ДОС, что свидетельствует о внутримолекулярном характере процесса пластикации, хотя при использовании их отдельно для ДОФ характерен внутримолекулярный процесс, для ДОС – межструктурный процесс.

На основании проведенных исследований построены графические зависимости относительной величины температуры хрупкости к температуре стеклования полимерных композиций (параметр α), а также относительной величины температуры хрупкости полимерных композиций к температуре стеклования пластификатора (параметр β) в зависимости от концентрации пластификатора (рис. 4, 5).

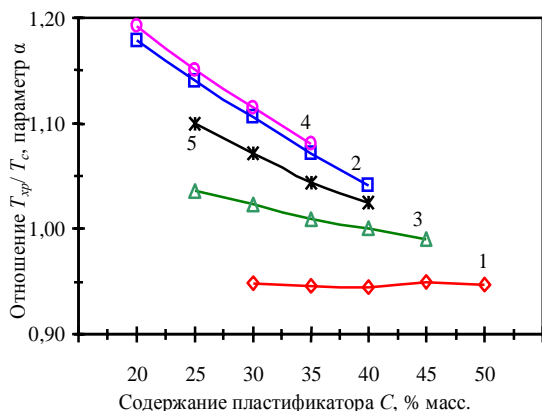


Рис. 4. Зависимость параметра α от концентрации пластификатора: 1 – ДОФ+свинцовые стабилизаторы; 2 – ДОС+свинцовые стабилизаторы; 3 – ДОФ+Ca-Zn стабилизатор; 4 – ДОС+Ca-Zn стабилизатор; 5 – ДОФ+ДОС+Ca-Zn стабилизатор

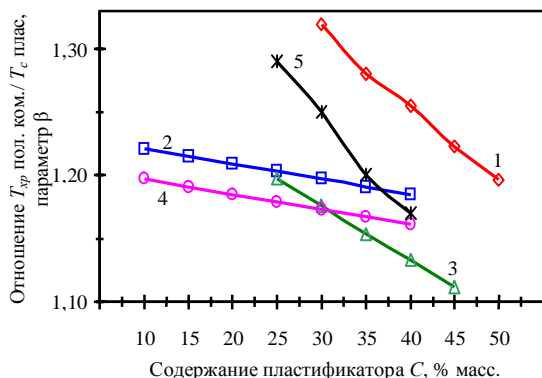


Рис. 5. Зависимость параметра β от количества пластификатора: 1 – ДОФ+свинцовые стабилизаторы; 2 – ДОС+свинцовые стабилизаторы; 3 – ДОФ+Ca-Zn стабилизатор; 4 – ДОС+Ca-Zn стабилизатор; 5 – ДОФ+ДОС+Ca-Zn стабилизатор

Анализ полученных данных указывает на разный характер зависимостей этих показателей для эфирных пластификаторов.

Параметр α мало изменяется в зависимости от концентрации для ДОФ (рис. 4, кривая 1, 3) и значительно изменяется для ДОС (рис. 4, кривая 2, 4). Тогда как параметр β имеет обратную зависимость (рис. 5).

Это позволяет определить (выбрать) оптимальные значения содержания пластификатора для получения ПВХ пластикутов, обладающих морозостойкостью: для изоляционных композиций – минус 40 °С (233 К), минус 50 °С (223 К).

Данные экспериментальных исследований позволяют установить следующие зависимости температуры хрупкости от температуры стеклования:

$$T_x = \alpha \cdot T_c; T_x = \beta \cdot T_c, \quad (1)$$

где α – относительная величина температуры хрупкости полимерных композиций к температуре стеклования полимерных композиций; β – относительная величина температуры хрупкости полимерных композиций к температуре стеклования пластификатора.

Полученные данные позволяют при определении температуры хрупкости использовать результаты DSC исследований (как экспресс метод), которые являются более точными и менее трудоемкими.

Одной из основных характеристик полимерного материала является прочность. Она характеризует его сопротивляемость разрушению под действием механических воздействий.

Введение пластификатора в полимерную композицию значительно изменяет его механические свойства. Увеличение содержания пластификатора приводит к уменьшению прочности ПВХ пластикута, вследствие ослабления межмолекулярных сил при проникновении пластификатора между цепями макромолекул (рис. 6).

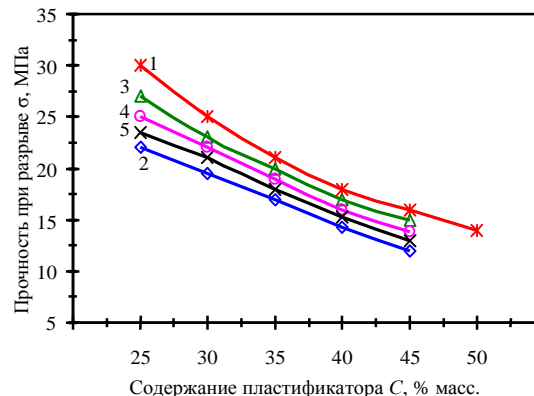


Рис. 6. Зависимость прочности при разрыве от содержания пластификатора: 1 – ДОФ+свинцовые стабилизаторы; 2 – ДОС+свинцовые стабилизаторы; 3 – ДОФ+Ca-Zn стабилизатор; 4 – ДОС+Ca-Zn стабилизатор; 5 – ДОФ+ДОС+Ca-Zn стабилизатор

Анализ данных (рис. 6) показал, что прочность пластифицированного ПВХ пластикута незначительно изменяется в зависимости от природы пластификатора, а также зависит от состава стабилизаторов.

При использовании комплексной системы стабилизации Ca-Zn и эпоксицированного соевого масла прочность ПВХ пластикутов увеличивается по сравнению со свинцовыми стабилизаторами при одинаковом содержании пластификатора.

Другой важной характеристикой ПВХ пластикута является относительное удлинение при разрыве, характеризующее изменение размеров полимерного

образца под действием приложенной к нему нагрузки.

С ростом содержания пластификатора величина относительного удлинения увеличивается, причем более значительно для пластификаторов с Ca-Zn стабилизаторами (рис. 7).

Наибольшее значение для электрической изоляции имеют электрофизические свойства. Исследования влияния пластификаторов на электрофизические свойства изоляционных пластификаторов проводили на образцах, изготовленных вальцево-прессованным методом. Толщина образца – $(1 \pm 0,1)$ мм; кондиционирование – (24 ± 1) ч при температуре $(15-35)$ °С и относительной влажности воздуха $(45-75)$ %. Измерение проводили при температуре 20 °С.

Оценку электрофизических свойств проводили на основании результатов измерений удельного объемного электрического сопротивления. Результаты представлены на рис. 8.

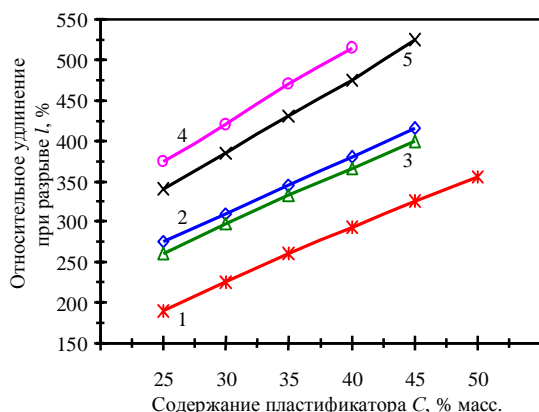


Рис. 7. Зависимость относительного удлинения при разрыве от содержания пластификатора: 1 – ДОФ+свинцовые стабилизаторы; 2 – ДОС+свинцовые стабилизаторы; 3 – ДОФ+Ca-Zn стабилизатор; 4 – ДОС+Ca-Zn стабилизатор; 5 – ДОФ+ДОС+Ca-Zn стабилизатор

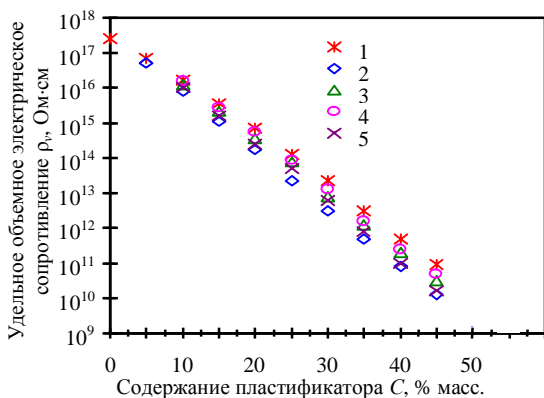


Рис. 8. Зависимость удельного объемного электрического сопротивления от содержания пластификатора: 1 – ДОФ+свинцовые стабилизаторы; 2 – ДОС+свинцовые стабилизаторы; 3 – ДОФ+Ca-Zn стабилизатор; 4 – ДОС+Ca-Zn стабилизатор; 5 – ДОФ+ДОС+Ca-Zn стабилизатор

Увеличение содержания пластификатора в составе полимерной композиции, приводящее к повышению гибкости цепей полимера, способствует росту подвижности отдельных его звеньев, вызывая понижение удельного объемного электрического сопротивления.

Высокое удельное объемное электрическое сопротивление пластификатора (ДОФ – $4,5 \cdot 10^{11}$ Ом·см,

ДОС – $2,5 \cdot 10^{12}$ Ом·см) не является достаточным условием получения пластика, также обладающего высоким удельным электрическим сопротивлением.

Согласно полученным данным при одном и том же содержании пластификатора (% масс.) в изоляционном пластике удельное объемное электрическое сопротивление для композиций с ДОС ниже, чем для композиций, содержащих ДОФ.

Таким образом, удовлетворительным методом определения пригодности пластификатора для получения пластика с определенным комплексом диэлектрических характеристик является оценка диэлектрических свойств конечного материала. В этом случае четко проявляется специфика отдельных типов пластификаторов.

Представляет интерес изучение реологических свойств расплава полимерных композиций. Исследования проводили на полимерных композициях, изготовленных с использованием системы комплексных стабилизаторов Ca, Zn, эпоксицианированного соевого масла и антиоксиданта. Количество и состав пластификаторов выбраны на основе вышеизложенных результатов исследования реологических свойств расплавов ПВХ пластификаторов является капиллярная вискозиметрия.

Реологические свойства ПВХ композиций изучали при температуре 170 °С – 200 °С (443 К – 473 К) и нагрузках 21,6 Н, 38 Н, 50 Н, 100 Н, 125 Н, 216 Н.

Используя полученные данные, рассчитывали напряжение сдвига, скорость сдвига и эффективную вязкость.

Напряжение сдвига определяли по формуле [7]

$$\tau = (P - P_{ex}) \frac{r}{2L\pi R^2}, \quad (2)$$

где τ – напряжение сдвига, Па; P – давление, необходимое для обеспечения расхода через капилляр, дин; P_{ex} – входные потери, дин; R – радиус цилиндра, см; r – радиус капилляра, см; L – длина капилляра, см.

Скорость сдвига определяли по формуле [7]

$$\dot{\gamma} = \frac{4Q}{\pi r^3}, \quad (3)$$

где $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, c^{-1} ; Q – расход материала, cm^3/c ($Q = \pi R^2 h$, здесь h – стационарная скорость погружения поршня, см/с; R – радиус цилиндра, см); r – радиус капилляра, см.

Эффективную вязкость – по формуле [7]

$$\eta_{эф} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}, \quad (4)$$

где $\eta_{эф}$ – эффективная вязкость, Па·с.

Строили графики логарифмической зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига. На рис. 9-14 представлены результаты исследований изоляционных пластификаторов для кабелей:

1 – на номинальное напряжение $U_0/U \leq 1,8/3$ кВ и температуре хрупкости (T_{xp}) минус 40 °С (233 К) (рис. 9, 10);

2 – на номинальное напряжение $U_0/U = 3,6/6$ кВ и температуре хрупкости (T_{xp}) минус 40 °С (233 К) (рис. 11, 12);

3 – на номинальное напряжение $U_0/U = 3,6/6$ кВ и температуре хрупкости (T_{xp}) минус 50 °С (223 К) (рис. 13, 14).

При температуре 170 °С (443 К) изоляционные ПВХ пластикаты возможно перерабатывать только при низких скоростях сдвига (рис. 9-14). При этом напряжение сдвига сильно возрастает.

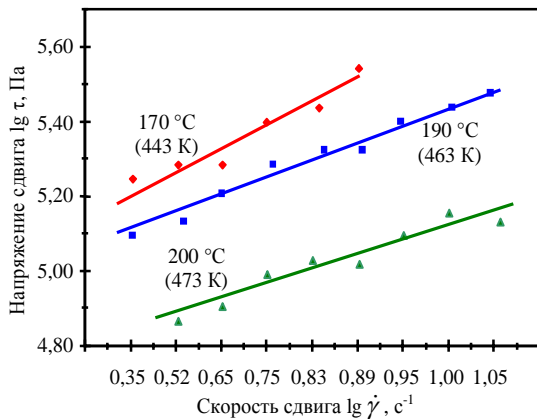


Рис. 9. Зависимость скорости сдвига от напряжения сдвига изоляционного пластика для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U \leq 1,8/3$ кВ и T_{xp} минус 40 °С (233 К) при различной температуре и длине капилляра 8 мм

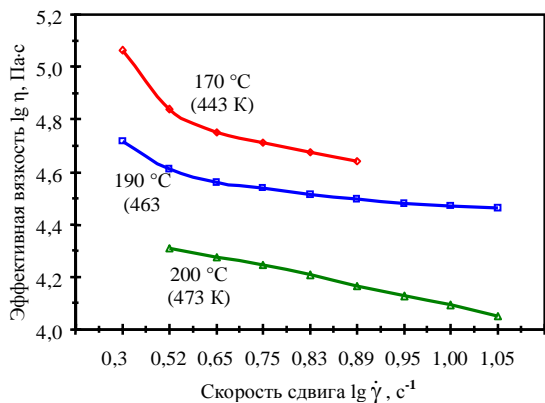


Рис. 10. Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига изоляционного пластика для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U \leq 1,8/3$ кВ и T_{xp} минус 40 °С (233 К) при различной температуре и длине капилляра 8 мм

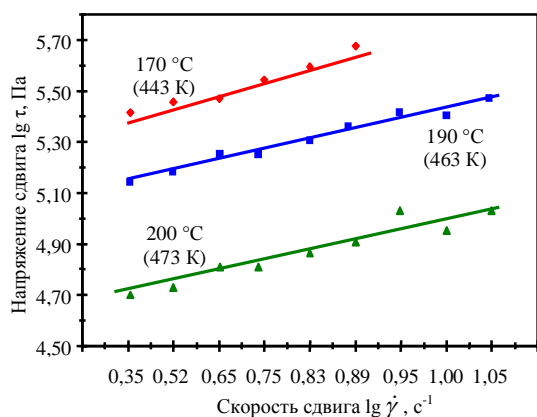


Рис. 11. Зависимость скорости сдвига от напряжения сдвига изоляционного пластика для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U = 3,6/6$ кВ и T_{xp} минус 40 °С (233 К) при различной температуре и длине капилляра 8 мм

При температурах 190 °С – 200 °С (463 К – 473 К) напряжение сдвига увеличивается с увеличением скорости сдвига, однако значительно ниже чем при 170 °С (443 К).

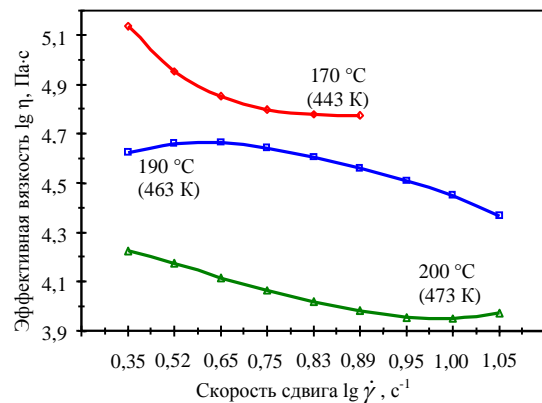


Рис. 12. Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига изоляционного пластика для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U = 3,6/6$ кВ и T_{xp} минус 40 °С (233 К) при различной температуре и длине капилляра 8 мм

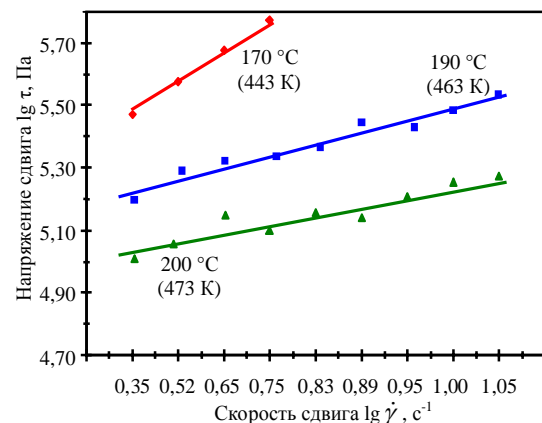


Рис. 13. Зависимость скорости сдвига от напряжения сдвига изоляционного пластика для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U = 3,6/6$ кВ и T_{xp} минус 50 °С (223 К) при различной температуре и длине капилляра 8 мм

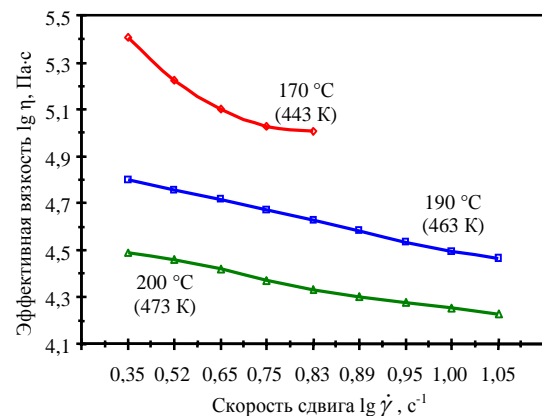


Рис. 14. Зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига изоляционного пластика для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U = 3,6/6$ кВ и T_{xp} минус 50 °С (223 К) при различной температуре и длине капилляра 8 мм

Эффективная вязкость для всех композиций снижается с увеличением температуры и скорости сдвига. При малых скоростях сдвига эффективная вязкость значительно снижается при температурах 170 °С – 190 °С (443 К – 463 К).

Результаты реологических исследований полимерных композиций представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты реологических исследований

Наименование показателей и температура	Единица измерения	Номер композиции		
		1	2	3
170 °C (443 K)				
Скорость сдвига, $\dot{\gamma}$	с ⁻¹	2,23–7,81	2,23–7,81	2,23–5,58
Напряжение сдвига, τ	кПа	17,90–34,90	31,39–47,53	29,59–59,19
Эффективная вязкость, η	кПа·с	116,50–44,80	136,57–60,83	273,15–106,05
190 °C (463 K)				
Скорость сдвига, $\dot{\gamma}$	с ⁻¹	2,23–11,16	2,23–11,16	2,23–11,16
Напряжение сдвига, τ	кПа	11,66–29,59	15,25–26,01	13,45–34,08
Эффективная вязкость, η	кПа·с	52,22–29,32	40,14–23,30	60,25–30,53
200 °C (473 K)				
Скорость сдвига, $\dot{\gamma}$	с ⁻¹	3,35–11,16	2,23–11,16	2,23–11,16
Напряжение сдвига, τ	кПа	6,82–12,56	5,38–10,76	9,86–18,83
Эффективная вязкость, η	кПа·с	20,35–11,25	16,07–9,64	29,46–16,87

Наибольшее значение напряжения сдвига наблюдается для всех композиций при температуре 170 °C (443 K), что также подтверждается высокими значениями эффективной вязкости расплава.

При повышении температуры до 190 °C (463 K) – 200 °C (473 K) происходит снижение напряжения сдвига и эффективной вязкости. При этом максимальные значения этих параметров наблюдаются для композиции номер 3.

На основании полученных результатов по определению морозостойкости, физико-механических, электрофизических и реологических исследований выбраны оптимальные соотношения ингредиентов для получения ПВХ пластикутов изоляции кабельной продукции с использованием Ca-Zn стабилизаторов.

Изоляционные ПВХ пластикуты с температурой хрупкости минус 40 °C (233 K) и минус 50 °C (223 K) предназначены для кабелей на номинальное напряжение $U_0/U \leq 1,8/3$ кВ ДСТУ ІЕС 60502-1:2009 [8] и $U_0/U = 3,6/6$ кВ ДСТУ ІЕС 60502-2:2009 [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чулеева Е.В., Чулеев В.Л., Золотарев В.М., Василец Л.Г. Композиционные материалы на основе поливинилхлорида. Теплофизические, реологические и электрофизические свойства // Хімічна промисловість України. – 2011. – № 6. – С. 48–54.
2. Берштейн В.А., Егоров В.М. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.
3. ГОСТ 5960-72 Пластикат поливинилхлоридный для изоляции и защитных оболочек проводов и кабелей. Технические условия.
4. ДСТУ ІЕС 60811-1-1:2004 Матеріали ізоляції та оболонок електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробовування. Частина 1-1. Загальна призначеність. Вимірювання товщини та зовнішніх розмірів. Випробовування для визначення механічних властивостей (ІЕС 60811-1-1:2001, IDT).

5. ГОСТ 6433.1-71, ГОСТ 6433.2-71 Методы электрических испытаний. Условия окружающей среды при нормализации, кондиционировании и испытании.

6. Штаркман Б.П Пластификация поливинилхлорида. – М.: Химия, 1975. – 248 с.

7. Теплофизические и реологические характеристики полимеров Справочник под редакцией академика Ю. С. Липатова. – К.: Наукова думка, 1977. – 244 с.

8. ДСТУ ІЕС 60502-1:2009 Кабелі силові з екструдованою ізоляцією і арматура до них на номінальну напругу від 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) Частина 1. Кабелі на номінальну напругу 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) і 3 кВ ($U_m = 3,6$ кВ) (ІЕС 60502-1:2004, IDT).

9. ДСТУ ІЕС 60502-2:2009 Кабелі силові з екструдованою ізоляцією і арматура до них на номінальну напругу від 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) Частина 2. Кабелі на номінальну напругу від 6 кВ ($U_m = 7,2$ кВ) до 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) (ІЕС 60502-2:2005, IDT).

Bibliography (transliterated): 1. Chuleeva E.V., Chuleev V.L., Zolotarev V.M., Vasilec L.G. Kompozicionnye materialy na osnove polivinilhlorida. Teplofizicheskie, reologicheskie i `elektrofizicheskie svoystva // Himichna promislovis'` Ukraini. - 2011. - № 6. - S. 48-54. 2. Bershtejn V.A., Egorov V.M. Differencial'naya skaniruyuschaya kalorimetriya v fizikohimii polimerov. - L.: Himiya, 1990. - 256 s. 3. GOST 5960-72 Plastikats polivinilhlordidnyj dlya izolyacii i zaschitnyh obolochek provodov i kabelej. Tehnicheskie usloviya. 4. DSTU IEC 60811-1-1:2004 Materiali izolyacii ta obolonok elektrichnih i optichnih kabelev. Zagal'ni metodi viprobuvannya. Chastina 1-1. Zagal'na priznachenist'. Vimiryuvannya tovshchini ta zovnishnih rozmiriv. Viprobuvannya dlya viznachennya mehanichnih vlastivostej (IES 60811-1-1:2001, IDT). 5. GOST 6433.1-71, GOST 6433.2-71 Metody `elektricheskikh ispytanij. Usloviya okruzhayuschej sredy pri normalizacii, kondicionirovanii i ispytanii. 6. Shtarkman B.P Plastikatsiya polivinilhlorida. - M.: Himiya, 1975. - 248 s. 7. Teplofizicheskie i reologicheskie harakteristiki polimerov Spravochnik pod redakciej akademika Yu. S. Lipatova. - K.: Naukova dumka, 1977. - 244 s. 8. DSTU IEC 60502-1:2009 Kabeli silovi z ekstrudovanoyu izolyaciyu i armatura do nih na nominal'nu napругu vid 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) do 30 kV ($U_m = 36$ kV) Chastina 1. Kabeli na nominal'nu napругu 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) i 3 kV ($U_m = 3,6$ kV) (IES 60502-1:2004, IDT). 9. DSTU IEC 60502-2:2009 Kabeli silovi z ekstrudovanoyu izolyaciyu i armatura do nih na nominal'nu napругu vid 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) do 30 kV ($U_m = 36$ kV) Chastina 2. Kabeli na nominal'nu napругu vid 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) do 30 kV ($U_m = 36$ kV) (IES 60502-2:2005, IDT).

Поступила 13.05.2013

Золотарев Владимир Михайлович, д.т.н.

Чулеева Елена Владимировна, к.т.н.

Чулеев Владимир Леонидович

Публичное акционерное общество "Завод "Южкabelь"
61099, Харьков, ул. Автогенная, 7
тел. (057) 7545312

Zolotaryov V.M., Chuleyeva O.V., Chuleyev V.L.

PVC composition properties control with application of lead-free stabilizers for cable product insulation.

The paper presents results of theoretical and experimental research into controlling polyvinylchloride composition properties with application of lead-free stabilizers for cable products insulation. The basic regularities of thermal-physical, physical-mechanical, electrophysical, and rheological characteristics are revealed under utilization of complex Ca-Zn stabilizers of insulating elastomers.

Key words – PVC compounds, insulation, temperature of glass transition, temperature of fragility, physical, electrophysics properties, rheological properties, properties control.