

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

# ВЕСТНИК

КИЕВСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО  
ИНСТИТУТА

**МАШИНОСТРОЕНИЕ**

ОСНОВАН В 1964 г.

**Выпуск 25**

КИЕВ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО ПРИ КИЕВСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ  
ИЗДАТЕЛЬСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ  
«ВИЩА ШКОЛА»

1988

*Э. С. УМАНСКИЙ, д-р техн. наук,  
Н. С. ШИДЛОВСКИЙ, канд. техн. наук, Л. Л. СТЕЖКО, инж.,  
В. С. СЫЧОВ, Б. П. ВОРОБЬЕВ, кандидаты техн. наук*

## **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СТАТИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК**

Слоистые композиционные материалы, специальные и механические свойства которых наиболее полно отвечают современным требованиям, предъявляемым к материалам, находят применение во многих отраслях народного хозяйства. Отечественной промышленностью освоено производство различных типов композиционных материалов и, в частности, многослойных полимерных пленок.

В данной статье приведены результаты экспериментального изучения устойчивости указанных материалов к длительному воздействию климата различных регионов. Были исследованы следующие полимерные пленки:

полиэтилентерефталатная пленка с полиэтиленовым покрытием (лавсан — ПЭ) толщиной 0,10—0,12 мм, применяемая в качестве газонепроницаемого упаковочного материала для консервации технических изделий (ТУ 6-05-1831—77);

четырёхслойная пленка полиэтилен — перкаль — фольга — полиэтилен (текstoffоль) толщиной 0,18—0,47 мм, предназначенная для защиты изделий от воздействия внешней среды и механических повреждений при длительном хранении;

трехслойная пленка целлофан — алюминиевая фольга — полиэтилен (ЦФПЭ) толщиной 0,08—0,18 мм, обладающая маслостойкостью и практически не проницаемая для света, газов, паров и воды.

Экспозицию образцов проводили на испытательных площадках, расположенных в разных климатических зонах СССР: на Черноморском побережье Кавказа (г. Поти), в Прибалтике (г. Екабпилс), на Крайнем Севере (г. Мончегорск), в Средней Азии (г. Ташкент), а также в Москве. Часть образцов экспонировали на научно-исследовательских судах, совершавших рейсы в тропической зоне Атлантического и Индийского океанов. Характеристики климатических зон и методики испытаний описаны в работе [1]. Часть образцов содержали на открытых площадках, не создавая препятствий для попадания солнечных лучей, а остальные хранили в помещениях, оборудованных жалюзи, где не было непосредственного доступа солнечной радиации при наличии остальных климатических факторов данной местности.

Испытаниям на одноосное растяжение подвергали образцы в виде двусторонних лопаток (общая длина 60 мм, рабочая длина 30 мм, ширина лопатки 8 мм, ширина рабочей части об-

Таблица 1. Изменение прочности и деформативности композитных полимерных планок при экспонировании в различных климатических условиях

Регион	Длительность экспонирования, мес.	Предел прочности, МПа			Максимальное удлинение, %		
		Тексто- фоль	ЦФПЭ	Лав- сан-ПЭ	Тексто- фоль	ЦФПЭ	Лав- сан-ПЭ
Исходные образцы		40	56	61	8	16	52
Тропическая зона Индийского и Атлантического океанов	3	36	49	—	18	10	—
	6	36	P	—	20	P	—
Черноморское побережье Кавказа	3	41	33	60	9	11	24
	6	39	P	P	10	P	P
Прибалтика	6	40	P	P	9	P	P
	12	32	P	P	10	P	P
Крайний Север	3	—	P	58	—	P	47
	12	43	P	P	18	P	P
Средняя Азия	3	41	P	—	10	P	—
	6	P	P	—	P	P	—
Москва	1	30	32	54	7	6,2	44
	3	P	P	49	P	P	35

Примечание. P — образцы полностью расслоены; — данные отсутствуют.

Таблица 2. Длительность хранения (месяцы) композитных полимерных материалов до начала расслаивания

Регион	Режим хранения	Материал		
		Текстофоль	ЦФПЭ	Лавсан-ПЭ
Тропическая зона Индийского и Атлантического океанов	I	6*	3—6	—
	II	12*	3—6	—
Черноморское побережье Кавказа	I	9—12	3—6	3—6
	II	18—24	3—6	18*
Прибалтика	I	18*	1—3	3—6
	II	18*	3—6	12*
Крайний Север	I	12—18	1	3—6
	II	12—18	3—6	12*
Средняя Азия	I	3—6	1	—
	II	12*	3—6	—
Москва	I	3—6	1—3	3—6

Примечание. Звездочки означают, что за данное число месяцев материал не расслоился; I — хранение на открытой площадке; II — хранение в тех же условиях без доступа солнечных лучей.

разца  $5 \pm 0,5$  мм). Механические свойства исследовали на образцах, вырезанных вдоль и поперек листов пленки. Число образцов в каждом варианте составляло 8—10 шт.

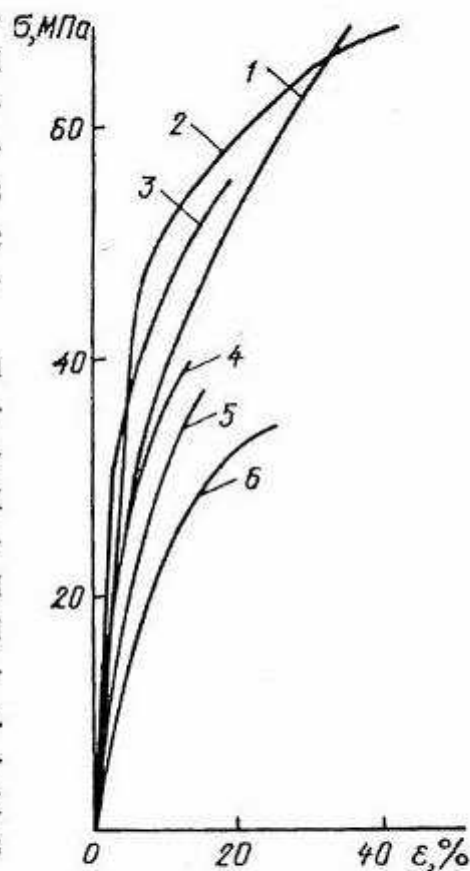
Поскольку условия хранения существенно влияют на характер взаимодействия слоев исследованных композитов, ослабляя связи между слоями, то после определенного времени пребывания в тех или иных условиях может происходить полное расслаивание образцов еще до нагружения, что равносильно выходу из строя материала. Поэтому механические характеристики образцов после расслоения не устанавливались.

Результаты определения предела прочности  $\sigma_{пч}$  и максимального относительного удлинения  $\epsilon_{\max}$  исходных и экспонированных на открытых площадках образцов, вырезанных вдоль листов, помещены в табл. 1. В табл. 2 приведены данные о продолжительности хранения образцов в различных условиях до появления явных признаков расслаивания. На рисунке изображены диаграммы деформирования исходных и подвергнутых климатическим воздействиям образцов указанных материалов.

Кратко отметим некоторые особенности деформирования исследованных пленок. Установлено, что пленка текстолитовая существенно анизотропна. Образцы в исходном состоянии, вырезанные вдоль полотна, имеют прочность в 1,2 раза больше, максимальное удлинение в 2 раза меньше, а модуль упругости в 1,8 раза больше, чем вырезанные поперек полотна. Указанные соотношения с небольшими изменениями сохраняются и после экспонирования образцов в исследованных климатических зонах.

Из трех указанных композиционных материалов пленка текстолитовая обладает наиболее высокой стабильностью при хранении в различных климатических условиях. Признаки расслаивания материала на открытой площадке появляются не ранее, чем через три месяца от начала экспозиции.

Климатические воздействия мало сказываются на  $\sigma_{пч}$  пленки текстолитовая и в большей степени влияют на  $\epsilon_{\max}$ , в основном в сторону увеличения. В начале хранения (до одного—шести месяцев) значение предела пропорциональности  $\sigma_{пц}$  составляет в среднем 75—95 %  $\sigma_{пч}$ , а затем в большинстве климатических зон за-



Диаграммы деформирования образцов материалов лавсан — ПЭ, ЦФПЭ и текстолит в исходном состоянии (кривые 1, 3, 4 соответственно) и после выдержки образцов материалов:

лавсан — ПЭ в течение 3 месяцев в Москве (2), ЦФПЭ в течение 3 месяцев в г. Потти (6), текстолит в течение 12 месяцев в г. Екабпилс (Прибалтика) (5) (Экспозиция во всех случаях проводилась в условиях открытой атмосферы)

метно снижается и в течение 12—18 месяцев экспозиции составляет 20—40 %  $\sigma_{плч}$  (тропические зоны Индийского и Атлантического океанов, Черноморское побережье Кавказа, Прибалтика, Средняя Азия). Весьма заметно изменение модуля упругости  $E$  образцов указанного материала (уменьшение в 1,9 раза за девять месяцев хранения в условиях субтропиков Черноморского побережья, в 1,7 раза за то же время в условиях Прибалтики).

Процесс разрушения образцов пленки ЦФПЭ можно разделить на два этапа. На первом происходит разрушение слоев алюминиевой фольги и целлофана, обладающих меньшей деформативностью по сравнению со слоем ПЭ. На последующем этапе в процессе сопротивления участвует более эластичный слой ПЭ. При оценке работоспособности материала в целом имеет значение лишь первый участок диаграммы деформирования. В связи с этим  $\sigma_{плч}$  и  $\epsilon_{max}$  оценивали по предельному напряжению для композита в целом и соответствующей деформации в момент резкого падения нагрузки в результате разрушения более жесткого слоя. Оценку прочности и деформативности слоя ПЭ не проводили.

Материал ЦФПЭ также обладает значительной анизотропией механических свойств. Исходные образцы, вырезанные вдоль полотна, имеют  $\sigma_{плч}$  и  $E$  в 1,4 раза больше, а  $\epsilon_{max}$  в 1,6 раза меньше, чем вырезанные поперек. Общая направленность изменения механических свойств в процессе климатической обработки для обоих видов образцов одинакова. Во всех исследованных климатических зонах признаки расслоения ЦФПЭ наблюдаются не позднее, чем через шесть месяцев после начала экспозиции.

Диаграмма деформирования композита лавсан—ПЭ, так же как и ЦФПЭ, состоит из двух участков. Первый участок отражает совместное деформирование всех слоев вплоть до разрушения лавсана, обладающего меньшей деформативностью по сравнению с ПЭ. Этот участок заканчивается при 60—90 % деформации, соответствующей максимальному сопротивлению образца. В последующем сопротивлении участвует только ПЭ. Механические характеристики пленки лавсан—ПЭ определяются по максимальным напряжениям и деформациям для композита в целом.

Установлено, что пленки лавсан—ПЭ практически изотропны, максимальная разница между механическими характеристиками ( $\sigma_{плч}$ ,  $\sigma_{плц}$ ,  $E$ ) образцов, вырезанных вдоль и поперек полотна, не превышает 16 %.

Отмечено некоторое снижение  $\sigma_{плц}$  и  $\epsilon_{max}$  образцов лавсан—ПЭ при выдержке в большинстве климатических условий (см. табл. 1). Независимо от климатической зоны при экспонировании образцов на открытой площадке их расслаивание происходит в течение трех—шести месяцев. Менее интенсивно этот процесс протекает в условиях хранения без прямого попадания

солнечных лучей, поскольку из-за отсутствия радиации не нарушаются связи лавсана и ПЭ.

1. Уманский Э. С., Шидловский Н. С., Стежко Л. Л. и др. Статическая прочность пленок полиэтилена после длительной экспозиции в различных климатических зонах // Пробл. прочности. 1984. № 5. С. 82—85.