

В.Я. Полуянович, М.М. Ревяко, В.И. Радиевский  
НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПЛАСТИФИЦИРОВАННО-  
НАПОЛНЕННОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Расширение областей применения полиэтилена выдвигает требования к совершенствованию его свойств. В первую очередь это относится к повышению механической прочности, так как даже при комнатной температуре полиэтилен склонен к ползучести, а при длительном нагружении и повышенных температурах происходит существенное изменение прочностных характеристик и жесткости [1].

Известно, что существенное улучшение физико-механических свойств полимеров достигается путем введения в их состав наполнителей органической и неорганической природы, причем волокнистые являются наиболее предпочтительными [2,3]. Усиливающее действие последних значительно больше, чем при использовании дисперсных, так как волокнистые наполнители обладают гораздо большей склонностью к образованию собственных структур в среде полимера [4]. К тому же волокнистый наполнитель препятствует возникновению микротрещин в полимере, благодаря чему наполненный полимер хорошо противостоит механическому и тепловому воздействию. Однако с ростом степени наполнения наблюдается повышение хрупкости и ухудшение перерабатываемости композиций в изделия, обусловленное наличием твердых диспергированных частиц [5].

В настоящее время ставятся и успешно решаются задачи по улучшению указанных характеристик высоконаполненного полиэтилена введением модифицирующих добавок [6 - 9].

Данная работа посвящена исследованию ряда композиций полиэтилена низкой плотности (ПНП) марки 10702 - 020 с наполнителем и пластифицирующим агентом. В качестве наполнителей применяли рубленое стеклянное волокно алюмоборосиликатного состава марки НС-75/16 (длина элементарных волокон 5 - 10 мм) и хризотилловый асбест марки К-6-30. Содержание наполнителей варьировали от 0 до 30 вес.%. В наполненные системы в качестве пластификатора вводили парафин в количестве до 5 вес.%.

Композиции наполненного пластифицированного полиэтилена готовили смешением компонентов в экструдере. Диаметр шнека экструдера 30 мм, отношение  $L / D = 30$ . Скорость вращения шнека 75 - 80 об/мин. В зависимости от состава композиций температуру по зонам экструдера и головки принима-

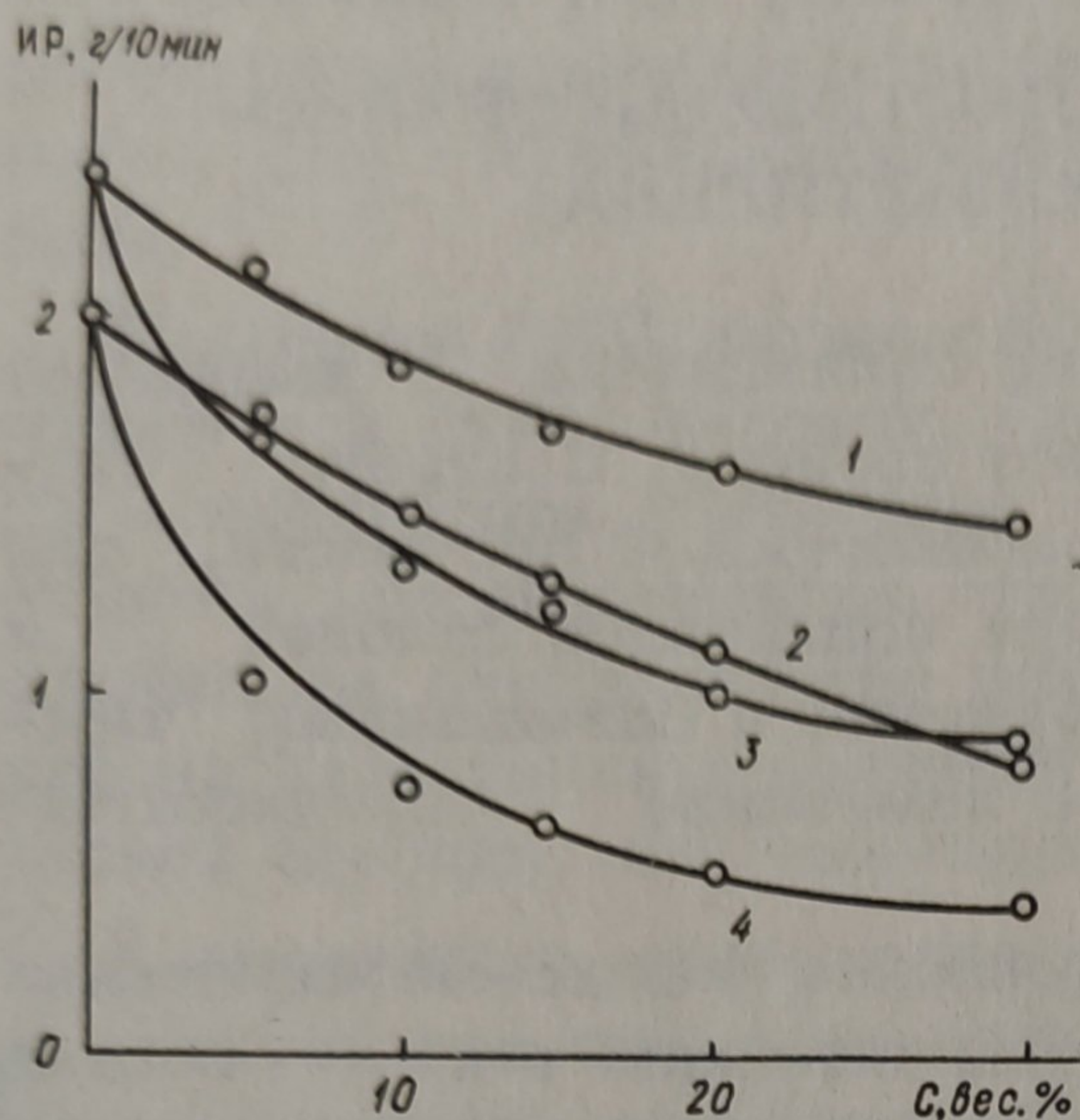


Рис. 1. Зависимость индекса расплава (ИР), наполненного ПНП от концентрации наполнителя и пластификатора (парафин), г/10 мин:  
 1--асбест+5 вес.% парафина;  
 2--асбест; 3--стекловолокно+  
 + 5 вес.% парафина; 4--стекловолокно.

ли в пределах  $150 - 180^{\circ}\text{C}$ . Экструдат дробили в ножевой дробилке до размера крошки не более 5 мм. Образцы для испытаний получали литьем под давлением.

Эффективность пластификации исследуемых композиций оценивали определением индекса расплава, предела прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и других показателей.

Результаты определения индекса расплава ПНП (на приборе ИИРТ) в зависимости от содержания наполнителя и пластификатора представлены на рис. 1. Как видно из графика, вводимый наполнитель приводит к резкому снижению текучести. Так, при 20%-ном наполнении стекловолокном индекс расплава наполненного ПНП уменьшается (по сравнению с чистым полимером) от 2,0 до 0,5 г/10 мин. Введение 5 вес.% парафина приводит к увеличению индекса расплава стеклонаполненного ПНП до 1,0 г/10 мин. Повышение текучести наблюдается и при пластификации парафином полиэтилена, наполненного асбестом.

Наблюдаемое снижение индекса расплава полиэтилена с введением наполнителей может быть обусловлено наряду с ограничением конформационного набора также повышением времени релаксации макромолекул вследствие возникновения адгезионной связи полимер - наполнитель [10] и созданием пространственной сетки ориентированного в потоке наполнителя [4]. Кроме этого, с увеличением концентрации наполнителя уменьшается доля полимерной фазы в системе и, следовательно, толщина полимерной прослойки между дискретными наполняющими элементами. А так как течение композиционного материала

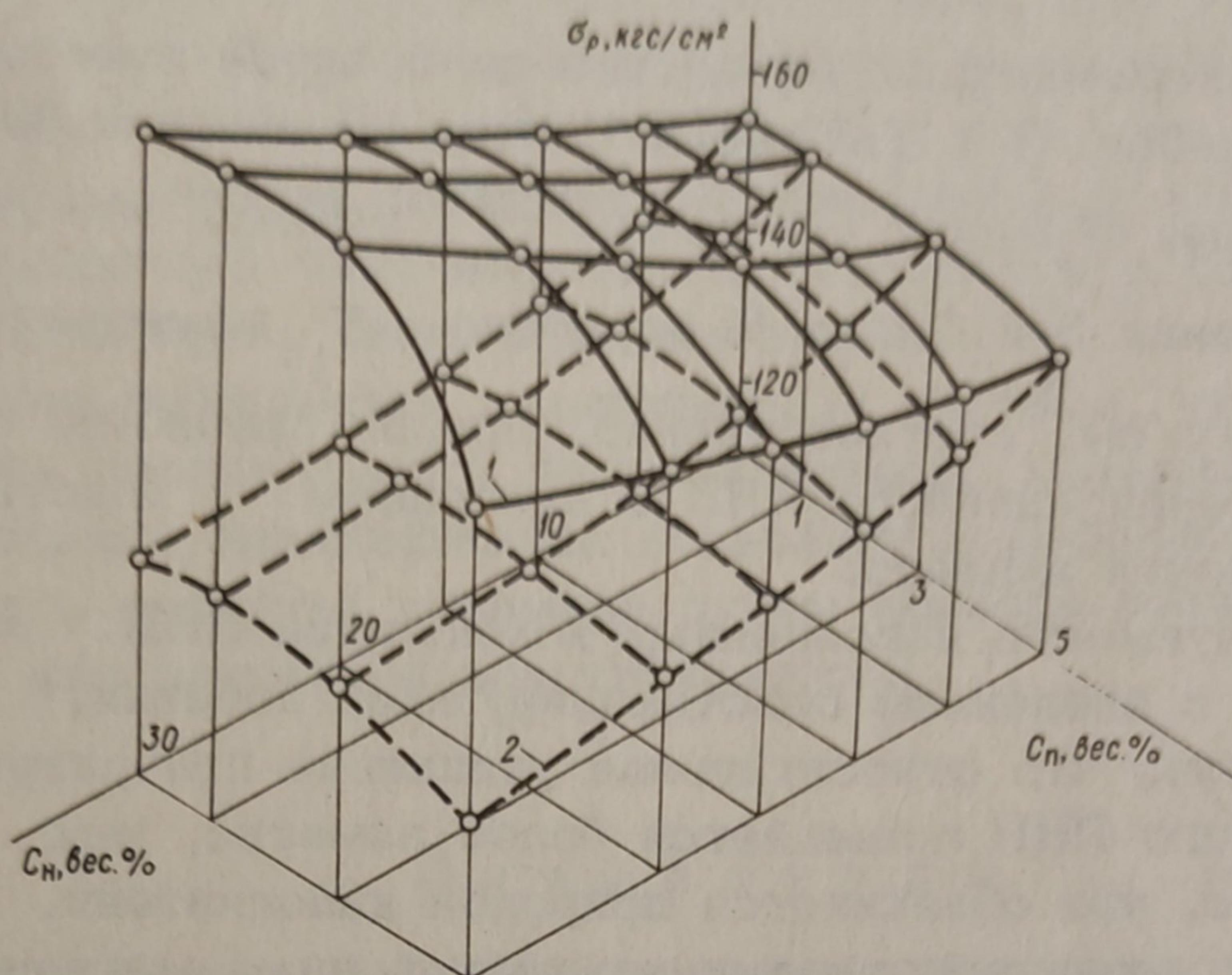


Рис. 2. Зависимость предела прочности при растяжении наполненного ПНП от концентрации наполнителя и пластификатора (парафин), кгс/см<sup>2</sup>: 1--стекловолокно; 2--асбест.

осуществляется за счет сдвиговых деформаций в полимерной матрице [8], то эти деформации в полимере будут реализоваться в меньшей мере. Пластификатор, распределяясь по поверхности наполнителя и границам надмолекулярных структур, играет роль смазки, способствуя увеличению текучести смеси. Повышение текучести как ненаполненного, так и наполненного полиэтилена при введении сравнительно небольших количеств парафина (1 - 5 вес. %), очевидно, также является результатом некоторого разрушения надмолекулярных структурных элементов [11].

Пластификация наполненного ПНП приводит к значительному снижению вязкости расплава композиций при высоких температурах испытания. Например, индекс расплава, наполненного 20 вес.% асбеста ПНП, содержащего 3 вес. % парафина, повышается с 0,032 до 1,28 г/10 мин с изменением температуры от 145 до 190°С.

Зависимость предела прочности при растяжении наполненного ПНП от количества наполнителя и пластификатора представлена на рис. 2. Как свидетельствуют экспериментальные данные, введение небольших добавок парафина (1 - 3 вес.%) незначительно изменяет  $\sigma_p$  стеклонаполнительного ПНП. Повы-

шение концентрации пластификатора до 5 вес.% вызывает заметное снижение  $\sigma_p$ . Так, если ПНП, наполненный 30 вес.% стекловолокна, обладает значением  $\sigma_p$ , равным 190 кгс/см<sup>2</sup>, то при введении 3 и 5 вес.% парафина  $\sigma_p$  изменяется до 194 и 171 кгс/см<sup>2</sup> соответственно. Предел прочности при растяжении асбонаполненного ПНП с введением пластификатора снижается почти линейно.

Деформируемость наполненных композиций ПНП повышается с введением пластифицирующей добавки. Необходимо отметить, что относительное удлинение при разрыве асбонаполненного ПНП повышается более заметно, чем стеклонаполненного, что объясняется природой наполнителя.

Важными характеристиками композиционных материалов являются предел прочности при статическом изгибе и твердость. Как видно из табл. 1, с введением парафина в наполненный полиэтилен наблюдается снижение этих показателей. Следует отметить, что хотя введение пластификатора несколько нивелирует положительное влияние наполнителя, значения предела прочности при статическом изгибе и твердости по Бринеллю пластифицированно-наполненного полиэтилена остаются достаточно высокими.

Таким образом, на основании полученных данных, можно заключить, что пластифицирующие добавки парафина улучшают

Таблица 1. Физико-механические свойства пластифицированно-наполненного полиэтилена (концентрации наполнителя 20 вес.%)

Материал	Концентрация пластификатора, вес.%	Показатели	
		предел прочности при статическом изгибе, кгс/см <sup>2</sup>	твердость по Бринеллю, кгс/см <sup>2</sup>
Стеклонаполненный полиэтилен	0	220	162
	1	188	160
	3	180	158
	5	159	154
Асбонаполненный полиэтилен	0	156	173
	1	151	171
	3	139	167
	5	128	152

технологичность наполненного полиэтилена. Это должно вызвать снижение энергозатрат в процессе переработки композиций в изделия. Необходимо учитывать также, что пластификатор в свою очередь улучшает распределение наполнителей в ПНП, вследствие чего получаются материалы с более стабильными свойствами. Вместе с тем при пластификации снижаются внутренние напряжения в наполненной системе, что должно увеличить долговечность композиционного материала. В целом использование пластификации позволяет в широких пределах регулировать свойства полимера путем подбора оптимальных количеств наполнителя и пластификатора.

#### Л и т е р а т у р а

1. Николаев А.Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. М. - Л., 1964.
2. Furter W.F. Canad.G. Chem. Engng. 42, 77 (1964)
3. Ревяко М.М., Олехнович А.М., Маркина А.Я., Полуянович В.Я. "Обмен опытом в радиопромышленности", №5, 46 (1971).
4. Соломко В.П. "Механика полимеров", №6, 1031 (1970).
5. Сагалаев Г.В. "Пластические массы", №5, 48 (1971).
6. Ревяко М.М., Полуянович В.Я. "Весті АН БССР. Сер. фіз.-тэхн. навук", №1, 133 (1972).
7. Полуянович В.Я., Ревяко М.М., Маркина А.Я. Конф. молод. учен. Бел. и Прибалт. республик. Тез. докл. Минск, 1972.
8. Ревяко М.М., Полуянович В.Я. ДАН БССР, 16, 726 (1972).
9. Вечена Р.К. Автореф. канд. дис. Рига, 1971.
10. Липатов Ю.С. Физико-химия наполненных полимеров. Киев, 1967.
11. Козлов П.В. ЖВХО им. Д.И. Менделеева, 9, 660 (1964).