

Словачник

*Э. Л. КАЛИНЧЕВ
М. Б. САКОВЦЕВА*

*Выбор
пластмасс
для
изготовления
и
эксплуатации
изделий*



Справочник

**Э. Л. КАЛИНЧЕВ
М. Б. САКОВЦЕВА**

*Выбор
пластмасс
для
изготовления
и
эксплуатации
изделий*

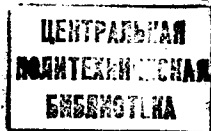
СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ



ЛЕНИНГРАД. „ХИМИЯ”
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ.
1987

6П7.55
К172
УДК 678.004.14 (083)

Рецензенты: заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
д-р хим. наук проф. Г. В. Виноградов;
канд. техн. наук доцент В. А. Брагинский



УДК 678.004.14 (083)

Калинчев Э. Л., Саковцева М. Б.

Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий: Справ. изд. Л.: Химия, 1987. 416 с.

Приведены рекомендации и справочные данные, позволяющие оптимальным образом выбрать пластмассу в зависимости от метода ее переработки, параметров перерабатывающего оборудования, конструкции и условий эксплуатации изделия. Описаны принципы создания марочного ассортимента, свойства и назначение отдельных марок пластмасс.

Для инженеров-технологов, материаловедов, проектировщиков и конструкторов, связанных с переработкой и применением пластмасс.

Табл. 96. Ил. 148. Библиогр. список: 19 назв.

К 2803090000-108
050 (91)-87 108-87

© Издательство «Химия», 1987 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 гг. и на период до 2000 г.», утвержденных на XXVII съезде КПСС, намечается: «Довести в 1990 г. выпуск синтетических смол и пластических масс до 6,8—7,1 млн. т. . . Обеспечить ускоренное развитие производства современных конструкционных пластических масс. . . Улучшить структуру и качество конструкционных материалов.»*. Особенно быстрыми темпами будет развиваться производство пластмасс инженерно-технического назначения, применяющихся главным образом в технике: автомобилестроении, электротехнике, приборостроении, электронной промышленности, радио-, теле- и видеоаппаратуре, машинах оргтехники и вычислительной техники, промышленном оборудовании и т. д. Рост объема выпуска таких пластмасс потребует коренной перестройки организации работ в отраслях техники, потребляющих эти пластмассы, и совершенствования технологии их переработки.

Проблема применения пластмасс охватывает ряд вопросов: выбор материала, конструирование, выбор способа изготовления, выбор оборудования и разработку технологии изготовления, испытание изделия, расчет экономической эффективности от применения изделий из пластмасс и другие, среди которых выбор пластмасс — один из важнейших. В книге впервые описан системный подход к проблеме применения пластмасс, предложена оригинальная методика, позволяющая значительно облегчить и ускорить трудоемкую процедуру выбора пластмасс.

Выбор пластмасс основывается на знании эксплуатационных свойств, определяющих работоспособность пластмасс при различных условиях эксплуатации, и технологических свойств, определяющих поведение пластмасс при переработке различными методами. Поэтому для рационального выбора важна систематизация условий эксплуатации изделий из пластмасс и требований к эксплуатационным свойствам пластмасс в изделиях. Процедуру выбора пластмасс облегчает анализ основных свойств различных промышленных пластмасс, их преимуществ и ограничений по применению, а также классификация пластмасс по эксплуатационному назначению с рекомендациями по их рациональному применению. При подборе учитывают рекомендации по методам переработки, условиям подготовки к переработке и по формованию. Сведения по структуре и объемам выпуска и переработки пластмасс в различных регионах мира, а также тенденции развития их производства до 2000 г. показывают доступность различных пластмасс для использования. Рациональный подбор материала осно-

* Материалы XXVII съезда Коммунистической партии Советского Союза. М.: Политиздат, 1986. С. 291, 292.

ываается на знании марочного ассортимента полимеров и анализе тенденций изменения их свойств при создании композиционных материалов.

Все эти сведения, необходимые для выбора пластмассы по предложенной авторами методике, приведены в книге. Технологические свойства пластмасс описаны очень кратко, так как они в полном объеме приведены в книге тех же авторов «Свойства и переработка термопластов». Большое внимание уделено перспективным маркам пластмасс и разработке рационального марочного ассортимента. Очень ценно, что в справочном пособии впервые приведены универсальные температурные характеристики механических свойств пластмасс при кратковременном нагружении, позволяющие прогнозировать их работоспособность при различных температурах эксплуатации; обобщенные характеристики параметров ползучести пластмасс, по которым можно определить их поведение при длительной статической нагрузке в зависимости от различных параметров эксплуатации. Впервые приводимые универсальные зависимости между параметрами при длительной статической и кратковременной нагрузке позволяют предсказать работоспособность пластмасс при длительном нагружении, используя данные исследований при кратковременном нагружении.

Справочное пособие должно способствовать повышению эффективности применения пластмасс в народном хозяйстве, а также созданию новых конструкционных материалов с заданными свойствами.

Г. В. Виноградов,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор химических наук,
профессор

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Показатели свойств

- a — коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$;
- $a_{б.н.}$, $a_{н.}$ — ударная вязкость по Шарпи на образцах без надреза и с надрезом, $\text{кДж}/\text{м}^2$;
- $a_{и.н.}$ — ударная вязкость по Изоду на образцах с надрезом, $\text{Дж}/\text{м}$;
- α — средний коэффициент линейного теплового расширения, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;
- B , B_p , B_{24} , $B_{ст}$ — влажность, равновесное водопоглощение при 23°C , водопоглощение в течение 24 ч при 23°C и равновесное влагопоглощение в стандартных условиях (О. В. воздуха 50—60 %, 20 — 23°C), %;
- c_p — удельная теплоемкость при постоянном давлении, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$;
- $\dot{\gamma}$ — скорость сдвига, с^{-1} ;
- ΔC — дугостойкость, с;
- $E_{и.}$, E_p и $E_{сж}$ — модуль упругости при изгибе, растяжении и сжатии, МПа;
- $E_{п.}$ — модуль ползучести, МПа;
- $E_{пр.}$ — электрическая прочность, $\text{кВ}/\text{мм}$;
- $\epsilon_{ког.}$ — плотность энергии когезии, $\text{кДж}/\text{м}^3$;
- ϵ — деформация, %;
- $\epsilon_{пр.}$ — диэлектрическая проницаемость;
- F — нагрузка, усилие, сила, Н;
- H_B — твердость при вдавливании шарика, МПа;
- h — толщина, мм;
- η — вязкость, $\text{Па}\cdot\text{с}$;
- $\eta_{отн.}$ — относительная вязкость раствора полимера;
- $\eta_{уд.}$ — удельная вязкость раствора полимера;
- KI — кислородный индекс, %;
- $K_{изн.}$ — коэффициент износа по сетке, $\text{мм}^3\cdot(\text{м}\cdot\text{см}^2)^{-1}$;
- $K_{св.}$ — коэффициент светопропускания, %;
- $K_{тр.}$ — коэффициент трения по стали;
- L — длина, м;
- λ — коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$;
- M , \bar{M} , \bar{M}_n , \bar{M}_w , \bar{M}_z — молекулярная масса, средняя, среднечисленная, средневязкостная, среднемассовая и z-средняя молекулярная масса;
- MMP — молекулярно-массовое распределение;
- N — число циклов нагрузки;
- N_B — выносливость при циклической нагрузке;
- n_D — коэффициент преломления;
- $O. В.$ — относительная влажность воздуха, %;
- $ПТР$ — показатель текучести расплава;
- ρ — плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$;
- ρ_v — удельное объемное электрическое сопротивление, $\text{Ом}\cdot\text{м}$;
- ρ_s — удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом ;
- σ — напряжение, МПа;
- $\sigma_{т.р.}$, σ_p , $\sigma_{и.}$, $\sigma_{сж}$ — предел текучести при растяжении, разрушающее напряжение при растяжении (прочность при разрыве), прочность при изгибе и при сжатии, МПа;
- σ_y — усталостная прочность, МПа;
- T — температура, $^{\circ}\text{C}$;

$T_{в.}$, $T_{р.ш}$ и $T_{р.из}$ — температура размягчения по Вика при нагрузке 9,8 Н, температура размягчения при изгибе при напряжении 0,46 МПа и 1,8 МПа;
 $T_{дл.}$, $T_{д2.}$, $T_{д3.}$ — температура длительной эксплуатации при тепловом старении с учетом сохранения механических (включая ударную прочность) и электрических свойств; с учетом сохранения механических (исключая ударную прочность) и электрических свойств; с учетом сохранения электрических свойств;
 $T_{пл.}$, T_c и T_t — температура плавления, стеклования и текучести;
 $T_{хр}$ — температура хрупкости при изгибе;
 t — время, с;
 $tg \delta$ — тангенс угла диэлектрических потерь;
 τ — напряжение сдвига, Па;
 V_w — вандерваальсовский объем макромолекул, м³/кмоль;
 $ЧВ$ — число вязкости раствора полимера, мл/г;

Пластмассы

АБС — сополимер стирола с бутадиеном и нитрилом акриловой кислоты;
АБС/ПВХ — материал на основе сополимера стирола с бутадиеном и нитрилом акриловой кислоты и поливинилхлорида;
АБС/ПК — материал на основе сополимера стирола с бутадиеном и нитрилом акриловой кислоты и поликарбоната (стилон);
АБС/ПСФ — материал на основе сополимера стирола с бутадиеном и нитрилом акриловой кислоты и полисульфона;
АБС/ПУР — материал на основе сополимера стирола с бутадиеном и нитриловой акриловой кислоты и полиуретана;
АБЦЭ — ацетобутиратцеллюлозный этрол;
АК — сополимер полиамида 66 и полиамида 6;
АЦЭ — ацетилцеллюлозный этрол;
БСПЭ — блоксополимер пропилена с этиленом;
МС — сополимер стирола с метилметакрилатом;
МСН — сополимер стирола с метилметакрилатом и нитрилом акриловой кислоты;
НЦЭ — нитроцеллюлозный этрол;
ПА — полиамиды;
ПА 66 — полиамид 66;
ПА 6 — полиамид 6;
ПА 610 — полиамид 610;
ПА 612 — полиамид 612;
ПА 11 — полиамид 11;
ПА 12 — полиамид 12;
ПАИ — полиамидимид;
ПАЛИ — полиалканамид;
ПАР — полиарилат;
ПБО — полибензоксазол;
ПБТФ — полибутилентерефталат;
ПВДФ — поливинилиденфторид;
ПВФ — поливинилфторид;
ПВХ, ПВХ В, — поливинилхлорид, поливинилхлорид непластифицированный (винипласт) и поливинилхлорид пластифицированный (пластикат);
ПИ — полиимид;
ПК — поликарбонат;
ПММА — полиметилметакрилат;
ПМП — поли-4-метилпентен-1 (темплэн);
ПОД — полиоксадиазол;

ПП — полипропилен;
ПС, ПС_о, ПС_{бл.} — полистирол, полистирол общего назначения, блочный, эмульсионный и суспензионный;
ПС_с, ПС_с — полисульфон;
ПТ — пентапласт;
ПТФХЭ — политрифторхлорэтилен;
ПТФЭ — политетрафторэтилен;
ПУР — полиуретан;
ПФ — полиформальдегид;
ПФО — полифениленоксид;
ПЭ, ПЭВП, — полиэтилен, полиэтилен высокой плотности, полиэтилен высокой плотности высокомолекулярный, полиэтилен высокой плотности (катализатор на носителе) и полиэтилен низкой плотности;
ПЭВП ВМ, ПЭВП КН и ПЭНП
ПЭИ — полиэфиримид;
ПЭС — полиэфирсульфон;
ПЭТФ — полиэтилентерефталат;
САМ — сополимер стирола с α -метилстиролом;
САН — сополимер стирола с нитрилом акриловой кислоты;
СЭБ — сополимер этилена с α -бутиленом;
СЭВ — сополимер этилена с винилацетатом;
СЭП — сополимер этилена с пропиленом;
СММА — сополимеры метилметакрилата (с бутилакрилатом или метилакрилатом);
СФ — сополимеры формальдегида;
СТФ — сополимеры триоксана с диоксоланом;
СФД — сополимеры формальдегида с диоксоланом;
ФН — фенилон;
ФТ — фторопласт;
УПС — ударопрочные сополимеры стирола

Типы марок

А — антифрикционный;
А_{изн} — антифрикционный преимущественно с повышенной износостойкостью;
А_{нт} — антифрикционный преимущественно с пониженным коэффициентом трения;
А_{од} — антифрикционный с малым отличием статического и динамического коэффициентов трения;
А (бронзовые шарики) — антифрикционный с бронзовыми шариками;
А (графит) — антифрикционный с графитом;
А (кокс) — антифрикционный с коксом;
А (MoS₂) — антифрикционный с дисульфидом молибдена;
А (нитрид бора) — антифрикционный с нитридом бора;
А (ПТФЭ) — антифрикционный с политетрафторэтиленом;
А (ПЭ) — антифрикционный с полиэтиленом;
А (сульфат бария) — антифрикционный с сульфатом бария;
А (ТФЭ) — антифрикционный с тетрафторэтиленом;
А (У_а) — антифрикционный с углеродным волокном;
АД — с повышенной адгезионной способностью;
АНТ — с улучшенными антистатическими свойствами;
АФ — с повышенной стойкостью к антифризам;
БЗ — с повышенной стойкостью к бензину;
ВС — вспененный для улучшения теплозвукоизоляции и сжижения плотности;
ВСВ — с повышенной стойкостью в атмосфере сухого и влажного воздуха;
Г — с повышенной стойкостью к воде (гидролизостойкий);
ГЗН — с повышенной газонепроницаемостью;

ДВ — с пониженным дымовыделением;
 ДС — с улучшенной дугостойкостью;
 ДЭ — с улучшенными диэлектрическими свойствами;
 ЖС — с повышенной жесткостью;
 ИСК — с улучшенной искростойкостью;
 МД — с повышенной стойкостью к меди;
 МР — с повышенной морозостойкостью;
 МС — с повышенной стойкостью к моющим средствам;
 МЦ — медицинского назначения (специализация не конкретизируется);
 МЦ_{б.с} — медицинского назначения, контактирующий с биохимическими средами (кровь и пр.);
 МЦ_{м.и} — медицинского назначения для медицинских инструментов (шприцы и пр.);
 МЦ_{о.о} — медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей);
 МЦ_{о.ч} — медицинского назначения, контактирующий с органами человека (внутренней средой организма);
 МЦ_{р.о} — медицинского назначения, способный рассасываться в организме человека (клеи, швы и пр.);
 МЦ_{у.м} — медицинского назначения для упаковки медикаментов (контакт с лекарственными препаратами);
 НА — наполненный асбестом;
 НАЭ — наполненный аэросилом;
 НБ_в — наполненный борным волокном;
 НБ_ш — наполненный бронзовыми шариками;
 НК — наполненный каолином;
 НМЛ — наполненный мелом (карбонат кальция);
 НМН — наполненный минеральным наполнителем;
 НП_с — наполненный полыми сферами;
 НС — наполненный стекловолокном;
 НС_к — наполненный стекловолокном коротким;
 НС_у — наполненный стекловолокном с повышенным армирующим эффектом;
 НСЛ — наполненный слюдой;
 НСЛ_у — наполненный слюдой с повышенным армирующим эффектом;
 НС_ш — наполненный стеклянными шариками;
 НСЖ — наполненный сажей;
 НТ — наполненный тальком;
 НУ_в — наполненный углеродным волокном;
 ОВО — оптический для волоконной техники;
 ОГН — с улучшенной огнестойкостью;
 ОГН₁ — с улучшенной огнестойкостью — класс V1 по стандарту UL 94;
 ОГН₂ — с улучшенной огнестойкостью — класс V0 по стандарту UL 94;
 ОЛЗ — оптический для линз, оболочек светопровода;
 ОПГ — оптический для светотехники;
 ОЧЦ — оптический для оптических изделий черного цвета;
 ПВ_г — пищевого назначения, контактирующий с горячей питьевой водой;
 ПВ_х — пищевого назначения, контактирующий с холодной питьевой водой;
 ПР — с улучшенной прозрачностью;
 ПЩ — пищевого назначения (специализация не конкретизируется);
 РК — рентгеноконтрастный;
 РС — с повышенной радиационной стойкостью;
 СГ — с повышенной стойкостью в атмосфере сухих газов;

СД — с повышенной стойкостью к солидолу;
 СРВ — с улучшенной стабильностью размеров во влажной среде;
 СРР — с повышенной стойкостью к растрескиванию;
 СРТ — с улучшенной стабильностью размеров при повышенных температурах;
 ТВ — с повышенной твердостью;
 ТВ_{фв} — с повышенной стойкостью к тепловому старению и горячей воде без ухудшения физиологической инертности и электрических свойств;
 ТК — тканезквивалентный;
 ТР — с повышенной стойкостью к термитам;
 ТРИ — трингостойкий;
 ТС — с повышенной теплостойкостью;
 ТСТ — с повышенной стойкостью к тепловому старению;
 ТСТ_о — с повышенной стойкостью к тепловому старению без ухудшения электрических свойств;
 ТУФВ — с повышенной стойкостью к тепловому старению, УФ-лучам и влаге;
 ТУФВ_о — с повышенной стойкостью к тепловому старению, УФ-лучам и горячей воде без ухудшения электрических свойств;
 УП — с повышенной ударной прочностью;
 УП_м — с повышенной ударной прочностью, сохраняющейся при низких температурах;
 УП_{мм} — с повышенной ударной прочностью за счет увеличения молекулярной массы;
 УП_с — с повышенной ударной прочностью в сухом состоянии (для гигроскопичных полимеров);
 УСА — с пониженной анизотропией усадки;
 УФ — с повышенной стойкостью к УФ-лучам;
 УФВ — с повышенной стойкостью к УФ-лучам и влаге;
 УФТ — с повышенной стойкостью к УФ-лучам и тепловому старению;
 ФП — фоторазрушаемый;
 ХС — с повышенной химической стойкостью;
 Э — с повышенной эластичностью;
 ЭП — с улучшенной электропроводностью;
 ЭП (бронза) — с улучшенной электропроводностью за счет бронзы;
 ЭП (графит) — с улучшенной электропроводностью за счет графита;
 ЭП (железный порошок) — с улучшенной электропроводностью за счет железного порошка;
 ЭП (сажа) — с улучшенной электропроводностью за счет сажи.

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТМАСС

Пластмассы — сравнительно новый вид материалов, нашедших широкое применение в технике и быту. Они вошли в технический обиход сначала как заменители таких традиционных материалов, как металлы, бетон, керамика, стекло, дерево, в тех случаях, когда их применение более эффективно, а затем нашли самостоятельное применение. В табл. 1 приведена общая характеристика достоинств и недостатков применения различных материалов.

Изделия из пластмасс легче, чем из других материалов. Они требуют меньше ухода при эксплуатации, имеют хороший внешний вид, их обработка, окраска, отделка, металлизация менее трудоемки и энергоемки, чем других материалов. Переработка пластмасс в изделия также менее трудоемка и энергоемка, чем других материалов. Пластмассы — хорошие тепло- и электроизоляционные материалы, обладают хорошими радиотехническими свойствами, характеризуются высокой химической стойкостью, имеют хорошее сопротивление ударным нагрузкам, в том числе при низких температурах.

В тех областях, где требуется сочетание стойкости к высоким термическим и механическим нагрузкам, применение пластмасс менее эффективно, чем других материалов. Однако получены специальные пластмассы, которые по механическим свойствам соответствуют лучшим сортам стали и кратковременно могут выдерживать температуру до 500 °С. Полимеры уступают металлам по электропроводности и магнитным свойствам. Однако выпускаются специальные пластмассы с хорошей электропроводностью и пластмассы, обладающие свойствами постоянных магнитов. Каждый вид пластмассы имеет широкий спектр применения, но для эффективной эксплуатации изделий из пластмасс требуется, чтобы они работали при строго определенных температурных, силовых и временных нагрузках с учетом условий различных климатических зон. Наиболее ценные технические и экономические свойства пластмасс проявляются только при их правильном подборе и эксплуатации. В табл. 2 дано качественное сопоставление основных свойств пластмасс и других материалов.

Один из важнейших показателей каждого материала — технологичность получения из него изделий (эффективность переработки). У пластмасс этот показатель высокий. Именно этим во многих случаях определяется эффективность их использования вместо традиционных материалов.

В развитии системы применения пластмасс можно выделить ряд этапов, временные границы которых не являются четкими для отдельных отраслей народного хозяйства и регионов.

Первый этап (примерно до 1950 г.) характеризуется сравнительно узким перечнем выпускаемых полимерных материалов и малыми объемами их производства. При этом сферы применения традиционных материалов практически не изменились.

Второй этап (примерно до 1965 г.) характеризуется интенсивным развитием крупнотоннажных пластмасс (полиэтилена, поливинилхлорида, полистирольных пластиков), которые сразу заняли такие области применения, как упаковка, тара, изоляция, товары широкого потребления, где применялись с меньшей эффективностью традиционные материалы (бумага, дерево, керамика, резина и др.). В этот период сложилась стабильная структура объемов потребления пластмасс, стало развиваться производство композиционных материалов на основе полимеров (формироваться марочный ассортимент пластмасс), совершенствовались технология и условия переработки. Это определило характер прочных связей со сферами потребления, которые выражались в устойчивой потребности в пластмассах, причем сферы потребления пластмасс были далеки от насыщения.

Третий этап (примерно с 1965 по 1975 г.) характеризуется появлением и развитием конструкционных пластмасс инженерно-технического назначения: полиамидов, поликарбоната, сополимеров формальдегида, полибутилтерефталата, полисульфона и др. (см. раздел 3.1), которые стали активно вытеснять из технических сфер применения традиционные материалы: металлы, стекло, керамику и др. Начали активно складываться новые сферы потребления крупнотоннажных пластмасс. Появляются новые композиционные материалы на основе полимеров (расширяется марочный ассортимент пластмасс), появляются новые технологические процессы переработки пластмасс, совершенствуется оборудование для переработки. Характер взаимодействия с другими материалами (другими видами сырья) определяется тем, что пластмассы стали применяться в тех сферах потребления, где и другие материалы были сравнительно эффективны. Это выдвигает более высокие требования к эффективности переработки и применения пластмасс. Объемы потребления пластмасс стали зависеть от эффективности их применения и экономических показателей переработки. Это стимулировало развитие марочного ассортимента пластмасс, основного и вспомогательного оборудования для переработки пластмасс.

Четвертый этап (примерно с 1975 г.) характеризуется созданием на основе различных полимеров их широкого рационального марочного ассортимента, при этом уделяется особое внимание выбору оптимальных направлений модификации свойств полимеров, при которых достигается наиболее эффективное улучшение их эксплуатационных и технологических возможностей. Такой подход к созданию марочного ассортимента позволяет решить задачу удовлетворения требований каждого конкретного

Материал	Назначение	Недостатки применения	Технологичность получения изделий	Возможные сферы замены пластмассами
Сталь	Детали, работающие при высоких термических нагрузках — до 600 °С с сохранением высоких механических свойств, сочетающие электропроводность и магнитные свойства. Детали, работающие при термических нагрузках более 1000 °С без сохранения магнитных и с сохранением механических свойств	Высокая плотность, недостаточная химическая стойкость. Более высокие по сравнению с пластмассами трудозатраты на получение сырья	Трудоемкость, энергоемкость и многостадийность переработки с большими отходами материала в стружку. Легко соединяется сваркой, штампуются в тонкостенные крупногабаритные детали	Малонагруженные кожуха, ограждения, детали, работающие при сравнительно невысоких температурах (получаемые из мягких строительных сталей)
Чугун	Для механически нагруженных деталей, работающих при температурах до 350 °С в сочетании с электрическими нагрузками	Высокая плотность, недостаточная химическая стойкость, хрупкость, снижение свойств при повышении температуры	Трудоемкость переработки. Для получения сложных изделий требуется дополнительная обработка	Малонагруженные детали несложной конфигурации, кулачки, втулки, корпуса
Цветные металлы	Детали с высокими химической стойкостью, электрическими и антифрикционными свойствами, работающие до 200—400 °С. Произведения искусства, отделка изделий культурно-бытового назначения	Изменение свойств при изменении температуры эксплуатации. Большой дефицит сырья	Трудоемкость переработки с большими отходами. Возможно литье под давлением. Хорошо соединяются сваркой	Химически стойкие, антифрикционные детали, работающие при температурах до 250 °С, отделка изделий культурно-бытового назначения, тонкие трубопроводы, арматура
Пластмассы	Облегченные детали. Детали с высокими химической стойкостью, антифрикционными, электроизоляционными и оптическими свойствами	Увеличение ползучести и снижение свойств при повышении температуры и старении в пределах температур эксплуатации,	Высокая эффективность переработки. Сравнительно низкая энергоемкость получения деталей. Соединяются сваркой, клепкой,	—

ствами. Хорошие тепло- и звукоизоляторы. Тонкие пленки электротехнического, пищевого, культурно-бытового назначения

подвержены порче грызунами и насекомыми

склеиванием

Керамика

Детали, работающие под действием высоких термических и механических нагрузок. Тепло- и электроизоляторы, химически стойкие и водостойкие детали

Высокая хрупкость, сложность ухода при эксплуатации. Большие отходы материала при монтаже и эксплуатации

Трудоемкость переработки. Трудность соединения. Ограниченность габаритов изделий, что затрудняет сборку конструкций

Химически стойкие и водостойкие детали, малонагруженные термически и механически. Электроизоляторы, работающие при низких температурах

Бетон

Крупногабаритные толсто-стенные строительные детали, работающие при действии высоких механических нагрузок и с хорошей теплостойкостью

Хрупкость, особенно в тонкостенных конструкциях

Хорошо соединяются сваркой арматуры с заделкой швов

Тонкостенные тепло- и звукоизоляционные панели, замазки для полов, полимербетонные конструкции

Стекло

Изделия, требующие сочетания хороших оптических и высоких термических свойств или сочетания химической стойкости и высоких термических свойств или сочетания всех перечисленных свойств

Высокая хрупкость, возможность разрушения при температурных перепадах, большие отходы при получении изделий

Трудоемкость и энергоемкость переработки. Плохо соединяются

Оптические и химически стойкие изделия, работающие при температурах вплоть до температуры кипения воды

Дерево

Детали с невысокой плотностью, работающие при невысоких механических нагрузках в интервале температур до 110 °С и с незначительным изменением свойств в этом интервале. Мебель, произведения искусства, отделка изделий

Подвержены разрушению от сырости, микроорганизмов, биологических факторов

Трудоемкость переработки

Детали мебели, отделка изделий, строительные конструкции (кроме несущих)

Таблица 2. Сопоставление эксплуатационных свойств и перерабатываемости пластмасс и других материалов
+ хороший показатель, — плохой

Показатель	Пласт-массы	Ме-талл	Бе-тон	Кера-мика	Стек-ло	Дере-во
Низкая плотность	+	—	+	±	+	+
Химическая стойкость	+	—	—	±	+	—
Диэлектрические свойства	+	—	+	+	+	—
Теплоизоляционные свойства	+	—	+	+	—	+
Прозрачность	+	—	—	—	+	—
Сопротивление ударным нагрузкам	+	+	—	—	—	+
Антифрикционные свойства	+	+	—	—	—	—
Жесткость	+	+	+	+	+	+
Сопротивление ползучести	—	+	+	+	+	—
Высокая рабочая температура	—	+	+	+	+	—
Огнестойкость	±	+	+	+	+	—
Окрашиваемость	+	—	+	—	+	—
Эффективность переработки в изделиях	+	—	—	—	—	—
Энергоемкость при переработке	+	—	—	—	—	—

потребителя по свойствам пластмасс и требования народного хозяйства в целом.

Эффективное применение различных марок пластмасс выдвигает дополнительные требования по организации технологических процессов на заводах-изготовителях полимеров и марок на их основе. Применение пластмасс оптимизируется по всем составляющим. Складываются условия для автоматического управления производствами и отраслями в целом. На данном уровне организации применения пластмасс закладываются условия для более оперативного реагирования на требования сфер потребления и главное создаются условия для прогнозирования перспективы дальнейшего эффективного развития производства пластмасс по объему и структуре.

Дальнейшее развитие системы применения пластмасс невозможно без комплексного научного подхода к решению всей совокупности задач применения как в отраслях, производящих и потребляющих пластмассы, так и в органах, планирующих производство и распределение материалов.

ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ПРИМЕНЕНИЮ ПЛАСТМАСС

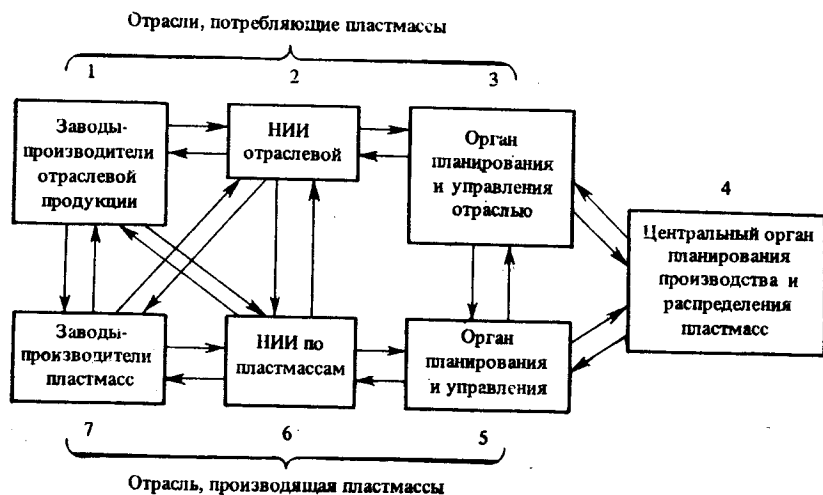
Выбор пластмассы для изделий — одна из важнейших задач, которые необходимо решить, чтобы обеспечить рациональное применение пластмасс в народном хозяйстве. В целом в решении проблемы применения пластмасс принимают участие предприятия, производящие и применяющие пластмассы, и органы, планирующие производство и распределение материалов. Система применения пластмасс первоначально развивалась стихийно, но в настоящее время, когда объемы потребления пластмасс резко возросли, необходим системный научный подход к решению проблемы применения полимерных материалов и взаимосвязанная организация работ на всех уровнях.

1.1. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТМАСС

Применение пластмасс — многоуровневая проблема. На верхнем уровне решаются задачи создания производств различных пластмасс, определяется общая структура объемов производства пластмасс и их переработки, определяется общая эффективность применения пластмасс как сырья. На среднем уровне решаются задачи организации производств по получению и переработке пластмасс. На нижнем уровне решаются все конкретные задачи: выбор пластмасс для изделий, проектирование и опробование изделий и др. Нижние уровни получают от верхних фонды, капитальные средства на производство пластмасс и изготовление изделий в соответствующем объеме и ассортименте и дают на верхние отчетную информацию о выполнении заданий и эффективности применения пластмасс. Поэтому эффективность применения пластмасс зависит от четкой взаимосвязи и увязки решения задач на разных уровнях.

Взаимосвязь отраслей и органов планирования по решению задач, направленных на выяснение общих объемов развития пластмасс, приведена на схеме 1.1. Заводы, производящие отраслевую продукцию 1, административно-методически связаны со своими НИИ 2, которые осуществляют научную, организационную и методическую работу по применению пластмасс в отрасли и обобщению объемов потребления пластмасс. Сводные материалы по потребности в пластмассах обобщаются в органе управления административного уровня 3. Орган управления 3 сообщает данные о потребности в пластмассах по отрасли в центральный орган планирования производства и распределения пластмасс 4. В этот же

Схема 1.1. Система связей между отраслями, потребляющими и производящими пластмассы



орган даются данные о целесообразных объемах производства пластмасс из органов планирования и управления отраслью 5, производящей пластмассы. Эти данные формируются на основе информации отраслевых институтов по полимерам 6, которые получают эту информацию от всех отраслевых НИИ 2 и от отраслевых органов управления и планирования 5. Предложения НИИ 6 по увеличению объемов производства пластмасс формируются на основе предложений заводов по производству пластмасс 7, а также анализа возможностей создания новых заводов по производству пластмасс. На основе сводного решения центральный орган 4 дает руководящие указания о реальных объемах увеличения производства пластмасс в орган планирования и управления 5 и указания о фондах на продукцию для реализации во все отраслевые органы планирования и управления 3. Наряду с этими главными связями все перечисленные звенья ведут работу по прямым связям по материаловедческим, технологическим, организационно-техническим и технико-экономическим задачам применения. На основе этой схемы действует и развивается система применения пластмасс.

Основные задачи системы применения пластмасс. Анализ основных задач, которые решаются при применении пластмасс в различных отраслях народного хозяйства, на различных предприятиях и в других административных единицах, показывает, что они сходны. Их можно разделить на материаловедческие, технологические, организационно-технические, технико-экономические.

Материаловедческие задачи (табл. 1.1) связаны с рациональным выбором пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий, расширением марочного ассортимента и созданием новых пластмасс

Таблица 1.1. Основные задачи системы применения пластмасс в отраслях, потребляющих и производящих пластмассы

Потребляющие отрасли	Производящие отрасли
<p>I. Материаловедческие задачи</p> <p>По выбору пластмасс</p> <p>Определение условий эксплуатации изделия и требований к эксплуатационным свойствам пластмассы в изделии</p> <p>Выбор пластмассы по заданным эксплуатационным и технологическим свойствам</p> <p>Оценка работоспособности опытной партии изделий в заданных условиях эксплуатации</p>	<p>Составление банка справочных данных по технологическим и эксплуатационным свойствам пластмасс</p> <p>Разработка нормативно-технической документации по применению пластмасс, методических руководств по выбору пластмасс</p>
<p>По расширению марочного ассортимента и созданию новых видов пластмасс и методов оценки их свойств</p>	<p>Анализ разработанных потребителем требований к эксплуатационным или технологическим свойствам пластмасс (заявок) для создания новых марок</p> <p>Изучение мировой конъюнктуры полимеров и композиционных материалов на их основе</p> <p>Формирование рационального марочного ассортимента пластмасс</p> <p>Разработка методов оценки (контроля) свойств пластмасс и требований к приборам для оценки свойств</p> <p>Стандартизация свойств пластмасс</p>
<p>Технологические задачи</p> <p>Выбор метода переработки пластмассы</p> <p>Выбор типоразмера оборудования для изготовления изделий</p> <p>Конструирование технологической оснастки</p> <p>Разработка технологии переработки пластмассы в изделия и обработки изделий</p> <p>Разработка требований к новому оборудованию и технологической оснастке</p>	<p>Разработка нормативно-технической документации на переработку пластмасс, на конструирование технологической оснастки, на выбор типоразмера оборудования для изготовления изделий</p> <p>Разработка новых методов переработки пластмасс и обработки изделий, требований к новому оборудованию и технологической оснастке</p>
<p>Организационно-технические и технико-экономические задачи</p> <p>Разработка состава основного и вспомогательного оборудования по переработке пластмасс на предприятии, в отрасли и т. д.</p>	<p>Разработка мероприятий по ознакомлению потребителей с новыми пластмассами, с областями их применения, технологией переработки</p>

Потребляющие отрасли	Производящие отрасли
<p>Решение организационных вопросов конструирования и изготовления оснастки в рамках предприятия, отрасли или региона</p> <p>Разработка мероприятий по обмену опытом по рациональному конструированию изделий и технологической оснастки, выбору пластмасс для изделий, типоразмера оборудования для изготовления изделий, разработке технологии переработки пластмасс и обработке изделий</p> <p>Разработка сводных данных по объему потребления различных пластмасс</p> <p>Разработка сводных данных по эффективности применения пластмасс</p> <p>Разработка сводных технико-экономических показателей и нормативов по эффективности применения пластмасс</p> <p>Разработка сводных данных по увеличению объемов потребления пластмасс, предложений по расширению и созданию новых производств по получению пластмасс, новых видов оборудования для переработки пластмасс</p>	<p>Разработка методических и экономических основ рационального применения пластмасс, разработка мероприятий по снижению дефицита пластмасс</p> <p>Разработка общей конъюнктуры развития пластмасс, анализ и обобщение опыта применения пластмасс, разработка технико-экономических показателей и нормативов по организации применения пластмасс</p> <p>Разработка предложений по объему и структуре производства пластмасс, динамике их развития</p> <p>Создание производства по получению пластмасс</p>

и методов оценки их свойств. *Технологические задачи* связаны с обеспечением переработки пластмасс в изделия, *организационно-технические и технико-экономические* — с рациональной организацией производств по получению пластмасс и их переработке в изделия, с технико-экономическими и методическими аспектами применения пластмасс в различных отраслях народного хозяйства.

Характер материаловедческих, технологических, организационно-технических и технико-экономических задач применения пластмасс в отраслях, потребляющих и производящих пластмассы, различен. Но общность этих задач определяет необходимость тесного контакта между потребителями и изготовителями пластмасс. Тесная взаимосвязь существует также между материаловедческими, технологическими, организационно-техническими и технико-экономическими задачами применения. Например, для обеспечения стабильности процесса переработки и свойств получаемых изделий необходимо, чтобы марки пластмасс имели ограниченные допуски по вязкости (см. гл. 4). Вязкостные параметры базовых марок соответствуют условиям переработки различными методами и в различные характерные группы изделий, т. е. соответствуют

параметрам перерабатывающего оборудования, конфигурации и размерам получаемых изделий. С другой стороны, применение новых полимеров и композиционных материалов выдвигает определенные требования к технологии их переработки, техническому уровню вспомогательного и основного оборудования для переработки пластмасс, а также к уровню организации производства по переработке пластмасс. Организационно-технический и технико-экономический аспекты обеспечивают развитие материаловедческого и технологического аспектов и объединяют отдельные задачи применения на организационной и экономической основе. Первая задача решается на основе общеметодических вопросов применения, вторая — на основе задач конкретной экономики. Организационно-технический и технико-экономический аспекты нуждаются в постоянно опережающем развитии, как базис для эффективной увязки материаловедческих и технологических задач.

Оценка эффективности применения пластмасс. Пластмассы применяют в различных отраслях народного хозяйства, при этом решается сходный перечень задач, связанных с их применением в качестве сырья. Общая эффективность применения пластмасс в народном хозяйстве оценивается по эффективности их применения в различных отраслях. Анализ системы применения пластмасс по отраслевому признаку позволяет прогнозировать общие перспективные объемы потребления пластмасс в различных отраслях, эффективность их применения в качестве сырья в отрасли и разрабатывать общепромышленные перспективные планы развития пластмасс.

Применение пластмасс в каждой отрасли имеет специфические особенности. Однако существуют общие критерии эффективности применения пластмасс независимо от отраслевой специфики. К числу таких критериев можно отнести: 1) создание принципиально новой, не освоенной на традиционных материалах продукции. Типы такой продукции могут быть различны, но обязательное условие — применение любого другого материала как сырья не может обеспечить таких технических и экономических показателей, как применение пластмасс; 2) получение ранее не достигаемых технико-экономических эффектов; 3) достижение новых социальных факторов развития производства (облегчение условий труда, автоматизация и пр.); 4) достижение максимального соответствия эксплуатационных свойств материала в изделии условиям его эксплуатации; 5) обеспечение общеэкономических критериев (экономия энергетических, трудовых и материальных затрат и пр.) в отрасли, превышающих средний промышленный уровень; 6) обеспечение запланированных темпов развития отрасли с выполнением показателей по трудозатратам, энергозатратам, экологии и др.

Распределение пластмасс как сырья в ряде случаев осуществляется территориальными управлениями. Перечень решаемых задач, связанных с применением пластмасс как сырья, и критерии

оценки эффективности применения пластмасс такие же, как и в отрасли. Анализ системы применения пластмасс по территориальному признаку позволяет выявить эффективность (правильность) распределения пластмасс по отдельным территориальным управлениям.

Каждая пластмасса обладает совокупностью технических показателей — эксплуатационных и технологических свойств, которая определяет предпочтительное применение в определенных типах изделий, работающих при определенных условиях эксплуатации, т. е. предпочтительные направления применения. Можно установить объемы потребления пластмасс в определенных направлениях применения. Анализ системы применения пластмасс по направлениям применения позволяет прогнозировать структуру объема их производства в связи с развитием отдельных направлений применения (электротехника, транспорт, строительство, медицина, быт и пр.) и установить наиболее эффективные направления применения пластмасс. Этот анализ позволяет также прогнозировать развитие основных типов марок пластмасс и дает весьма полезный информационный материал. Такой анализ позволяет сопоставить сферы применения отдельных пластмасс в различных отраслях.

Взаимодействие системы применения пластмасс с системами применения других материалов. Система применения пластмасс действует наряду с аналогичными системами применения других материалов и взаимосвязана с ними. Это составляет внешние связи системы применения пластмасс. Каждый материал характеризуется техническими показателями (механическими свойствами, теплостойкостью, морозостойкостью, фрикционными и диэлектрическими свойствами, огнестойкостью, оптическими, тепло- и звукоизоляционными свойствами, инертностью при контакте с пищевыми продуктами и физиологической инертностью, стабильностью размеров изделий и их массой, химической стойкостью, технологическими свойствами и др.), экономическими (уровень различных затрат на единицу продукции, энергетические затраты и пр.), трудовыми, социологическими и другими показателями. Совокупность всех этих показателей определяет сферы эффективного применения каждого материала и определяет общую техническую политику по рациональным объемам производства каждого из них. В результате взаимодействия систем применения разных материалов совершенствуется система применения каждого из них. Совершенствование осуществляется на основе самоорганизации, т. е. более глубокого совершенствования внутренних связей и структуры управления. В результате каждая система применения достигает большего соответствия выдвигаемым требованиям по экономике, материальным, трудовым затратам, экологии.

Совокупность частных (конкретных) задач применения различных материалов определяет систему применения всего комплекса материалов, в том числе пластмасс. Поэтому каждую

частную задачу применения нужно рассматривать не изолированно, а в связи со всем комплексом задач, начиная от выбора материала и до организации производства, и вести постоянный анализ эффективности применения материала (по предприятию, отрасли, региону и т. д.). Имеются различные области взаимодействия материалов. Рассматривая это на примере пластмасс, можно выделить три такие области: область поглощения, в которой применение пластмасс эффективнее, чем других материалов, и они интенсивно их вытесняют — заменяют. В этой области достигается наибольший экономический эффект от применения пластмасс. Вторая область — объединения пластмасс с другими материалами (создание полимер-неполимерных соединений). Экономический эффект от применения пластмасс в этой области так же высок. Третья область — подавления, в которой применение пластмасс менее эффективно и подавляется другими материалами.

Каждая область может включать несколько подобластей. Наибольший эффект от применения пластмасс достигается в подобласти, где другие материалы оказывают слабое воздействие на их применение. Пример — замена хрупкого силикатного стекла на стекло из прозрачных ударопрочных полимеров в условиях нормальных температур эксплуатации. В подобласти конкуренции с другими материалами значительно расширяются сферы применения пластмасс. Объясняется это тем, что полимеры могут изменять свои эксплуатационные свойства в очень широком диапазоне при введении различного рода наполнителей и добавок (гл. 4), т. е. в результате создания широкого марочного ассортимента.

В результате объединения пластмасс с другими материалами, когда среда потребления выдвигает требования, по которым частично эффективно применение пластмасс, а частично — других материалов и нет факторов, которые препятствуют применению пластмасс, созданы перспективные композиционные материалы, такие как металлополимерные, древесно-пластиковые, стеклонаполненные и др.

Эффективность применения пластмасс уменьшается также с увеличением объемов применения. На первой стадии, когда объем выпуска пластмасс невелик, их применяют для изготовления технически «очевидных» изделий, т. е. в тех областях, где они подавляют применение других материалов. Это те случаи, когда без глубокого комплексного анализа очевидно, что изделия более выгодно делать из пластмасс, чем из других материалов, и эти материалы оказывают слабое воздействие на внедрение пластмасс. По мере наращивания объемов производства пластмассы начинают применяться для изготовления изделий, которые можно делать и из других материалов, но менее выгодно. При этом общая эффективность от замены материалов пластмассами уменьшается по сравнению с эффективностью на первой стадии. Чтобы эффективность резко не уменьшалась, необходимо учитывать всю совокупность взаимосвязанных задач применения.

Снижение эффективности применения материала в отрасли или какой-либо другой административной единице указывает на то, что необходим новый подход к использованию данного материала, так как потребление дошло до уровня, когда другие материалы оказывают сильное воздействие на его внедрение. Это требует более глубокого анализа всех аспектов взаимосвязанных задач применения и более широкого перехода на путь объединения пластмасс с другими материалами. Все это диктует необходимость более широкого и детального анализа применения пластмасс в целом. Не всегда низкая эффективность применения пластмассы объясняется тем, что ее применение вышло из области поглощения. Низкая эффективность применения пластмассы может быть связана с ошибкой в исходных данных для расчета детали и выбора пластмассы, нарушением комплексности в организации применения пластмасс, формальным переносом опыта применения пластмасс без учета общего состояния насыщенности отраслевой продукции пластмассами.

Этапы работы по применению пластмассы для изготовления изделий. Работа по применению пластмассы для изготовления изделий начинается с ее выбора (табл. 1.2, этапы 1, 2, 5), порядок осуществления которого описан в разделе 1.2.

Таблица 1.2. Последовательные этапы работ по применению пластмассы для изготовления изделий

№ по пор.	Этап	Исполнители *
1	Анализ условий эксплуатации изделия, разработка требований к эксплуатационным свойствам пластмассы в изделии (составление опросного листа)	1
2	Выбор вида пластмассы по заданным требованиям к эксплуатационным свойствам пластмассы в изделии	1, 2
3	Выбор метода переработки пластмассы в изделии	3
4	Выбор типоразмера перерабатывающего оборудования	3
5	Выбор базовой марки пластмассы и на ее основе марки с улучшенными технологическими свойствами	1, 2
6	Конструирование технологической оснастки	1, 4
7	Разработка технологии переработки пластмассы в изделие и обработки изделия	3
8	Разработка метода оценки работоспособности изделия в условиях эксплуатации (методов контроля)	1, 2
9	Расчет технико-экономических показателей изделия из пластмассы	1, 5
10	Изготовление, испытание и отладка технологической оснастки	4, 3, 2
11	Изготовление опытной партии изделий, определение ее работоспособности в заданных условиях эксплуатации (стендовые испытания), составление заключения о правильности выбора пластмассы для изделия	1, 2, 3, 4, 5

* 1 — специалист по конструированию изделий; 2 — специалист по применению пластмасс для изделий; 3 — специалист по переработке пластмасс; 4 — специалист по конструированию оснастки, 5 — экономист.

Метод переработки пластмассы в изделие выбирают с учетом конфигурации и размеров изделия (схема 4.1), его тиража, способности пластмассы перерабатываться выбранным методом в изделия того же типа (см. табл. 3.2, раздел 4.1). В результате этой процедуры некоторые из выбранных на предыдущем этапе пластмасс могут отпасть, так как их переработка выбранным методом неэффективна. При этом возможна корректировка результатов, полученных на предыдущем этапе.

Правильный подбор типоразмера перерабатывающего оборудования позволяет рационально получать изделия при оптимальных режимах переработки и эффективно использовать технико-экономические возможности машины. При выборе типоразмера перерабатывающего оборудования учитывают конфигурацию и размеры изделия, технологические свойства пластмассы.

Конструирование технологической оснастки выполняют с учетом специфики технологических свойств выбранной пластмассы и различных процессов переработки: гидродинамических, процессов структурообразования при формовании, деструкции и др. В настоящее время конструирование оснастки — одна из главных технологических задач рационального применения пластмасс. Высокие результаты по качеству и стабильности изделий из пластмасс, низкая себестоимость изделий и возможность частой смены формуемого инструмента достигаются только в том случае, если конструирование и изготовление оснастки становится неразрывной частью системы: конструирование изделия — конструирование и изготовление оснастки — освоение производства данного вида продукции. Такая система может функционировать на крупном предприятии по производству пластмасс, а также как региональная или административная система, обслуживающая предприятие региона или ведомственного подчинения.

Правильный подбор базовой марки полимера по вязкости облегчает процедуру разработки технологии изготовления изделия, так как гарантирует возможность применения рекомендуемых оптимальных режимов формования, при которых изделия получают качественными по точности размеров, прочностным и деформационным свойствам, внешнему виду и другим эксплуатационным параметрам [1]. Отработка технологии переработки — важный этап, так как помимо качества готового изделия она определяет трудовые, материальные и энергетические затраты на изготовление изделия и оказывает существенное влияние на общую эффективность применения пластмассы в данном изделии. Поэтому этот этап оказывает влияние на выбор метода переработки и материала.

Метод контроля качества изделий, позволяющий оценить их работоспособность, разрабатывают таким образом, чтобы он максимально приближался к заданным условиям эксплуатации (стендовые испытания).

Расчет технико-экономических показателей применения изделий из выбранной пластмассы определяет эффективность работы по применению пластмассы. Себестоимость единицы продукции из пластмассы складывается из себестоимости пластмассы, транспортных затрат, затрат на изготовление единицы продукции, которые зависят от метода переработки, вида пластмассы, сложности переработки (определяется конфигурацией и размерами изделий), массы изделия, затрат на амортизацию технологической оснастки. Этот этап также может оказать влияние на изменение технологии переработки и выбор материала.

На заключительном этапе определяют работоспособность изготовленной опытной партии изделий в заданных условиях эксплуатации и составляют заключение о правильности выбора пластмассы для изделий и пригодности изделий для работы в заданных условиях эксплуатации. Если опытная партия изделий не прошла стендовые испытания, то корректируют конструкцию изделия, проверяют правильность его расчета, уточняют требования к эксплуатационным свойствам пластмассы в изделии, проверяют правильность выбора пластмассы для изделия или корректируют конструкцию технологической оснастки и технологию переработки.

1.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫБОРА ПЛАСТМАСС

Применение пластмасс в изделиях эффективно только в том случае, если материал выбран с учетом условий эксплуатации и режима формования изделий. Поэтому сначала выбирают вид пластмассы исходя из требований к ее эксплуатационным свойствам, а затем — базовую марку и марку с улучшенными технологическими свойствами, которая эффективно перерабатывается заданным методом.

Сведения, необходимые для выбора пластмассы, сводят в опросный лист, примерная форма которого приведена ниже:

1. Наименование, шифр или условное обозначение изделия (в соответствии с документом, по которому оно изготавливается).
2. Обозначение документа, по которому изготавливается изделие (ГОСТ, ОСТ, ТУ или основной конструкторский документ).
3. Основание для разработки, назначение изделия и область его применения.
4. Условия эксплуатации изделия, требования к эксплуатационным свойствам пластмассы в изделии, требуемые значения стандартных параметров, характеризующих эксплуатационные свойства.
5. Тираж изделий, объект — опытный или серийный, для которого предполагается изделие.
6. Этапы разработки (указываются сроки выполнения всех этапов по табл. 1.2).

Составить п. 4 опросного листа помогает классификация условий эксплуатации изделий из пластмасс и требований к эксплуатационным свойствам пластмасс в изделиях (см. раздел 2.2).

После составления опросного листа переходят к выбору вида пластмассы по заданным требованиям к эксплуатационным свойствам.

Методы выбора вида пластмассы по заданным требованиям условий эксплуатации различны. Если трудно задать точные значения параметров эксплуатационных свойств пластмассы, обеспечивающие работоспособность изделия в заданных условиях эксплуатации, а можно указать только требования к эксплуатационным свойствам и ориентировочные значения параметров этих свойств, применяют метод аналогий. Подобрать пластмассу по методу аналогий можно используя классификацию пластмасс по эксплуатационному назначению (раздел 3.1) и анализируя сведения о различных полимерах и марках с улучшенными эксплуатационными свойствами: характерные эксплуатационные свойства, назначение, достоинства, ограничения и рекомендации по применению и способам переработки (разделы 3.2, 4.3).

При выборе пластмасс по методу аналогий можно использовать рекомендации по применению пластмасс для различных типов изделий, работающих в условиях аналогичных заданным (разделы 3.1, 3.2, 4.3). Определяют, к какому типу изделий относится данное, и выбирают пластмассу из рекомендованных для этого типа изделий. Для выбора пластмасс по методу аналогий требуется высокая квалификация специалистов.

Подбор пластмасс осложняется тем, что параметры эксплуатации оказывают очень сильное влияние на их эксплуатационные свойства. Для правильного выбора пластмасс нужно знать изменение их эксплуатационных свойств в зависимости от параметров эксплуатации (гл. 5).

Второй метод выбора вида пластмассы — количественный, по комплексу заданных значений параметров эксплуатационных свойств. Этот метод применяют, когда можно задать весь комплекс требуемых значений параметров эксплуатационных свойств пластмассы, обеспечивающий работоспособность изделия в заданных условиях эксплуатации. Он основан на сопоставлении заданных параметров эксплуатационных свойств с параметрами эксплуатационных свойств различных пластмасс (см. гл. 6). Отбирают пластмассы, параметры эксплуатационных свойств которых наиболее точно соответствуют заданным. Отбор пластмасс этим методом можно осуществлять с помощью ЭВМ по соответствующей программе или вручную. Для выбора пластмасс по этому методу нужен банк справочных данных по параметрам эксплуатационных свойств различных полимеров и марок на их основе с улучшенными эксплуатационными свойствами. Процедура выбора пластмасс вручную количественным методом и примеры использования этого метода приведены в разделе 6.2.

Выбор базовой марки полимера. Первоначально подбирают базовую марку полимера по вязкости в зависимости от метода переработки (см. схему 4.2). Обычно эта процедура не вызывает трудностей. В каталогах на полимеры указывают назначение каждой базовой марки полимера по вязкости — литье-

вые, экструзионные, для прессования и т. д. (см. Приложения 1, 2).

Далее подбирают базовую марку полимера по вязкости в зависимости от конфигурации и размеров изделия. Сравнительно просто подобрать базовую марку для получения экструзионных изделий. В каталогах на пластмассы обычно приведены конкретные рекомендации по применению экструзионных марок: для изготовления оболочки кабелей и проводов, получения покрытия пластмасс, металла и бумаги, изготовления мононитей, плоской пленки, получаемой из щелевой головки, листа, труб, профилей, пленки, получаемой раздувом (см. схему 4.1, табл. 4.1, Приложения 1, 2).

Порядок выбора литьевых марок для изготовления литьевых изделий более сложен и приведен в разделе 4.1.2.

Выбор марки с улучшенными технологическими свойствами. Марки с улучшенными технологическими свойствами выбирают на основе базовых с использованием справочной информации о выпускаемых типах марок с улучшенными технологическими свойствами, их назначении, экономических эффектах, которые дает применение марок, рекомендациях по применению марок для различных изделий (см. раздел 4.2).

Глава 2

СВОЙСТВА ПЛАСТМАСС

Выбор пластмасс для изделий требует знания свойств, определяющих их поведение при переработке (технологические свойства) и эксплуатации (эксплуатационные свойства).

Технологические и эксплуатационные свойства пластмассы определяются основными (или фундаментальными) свойствами полимера.

2.1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ФИЗИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЛИМЕРА

К основным свойствам полимера относятся: межмолекулярное взаимодействие, количественной характеристикой которого является энергия когезии $E_{\text{ког}}$ или плотность энергии когезии, термодинамическая или кинетическая гибкость макромолекул, о которой можно судить по температуре стеклования, молекулярные характеристики (молекулярная масса M , молекулярно-массовое распределение ММР, ширину которого характеризуют степенью полидисперсности), свободный объем $V_{\text{св}}$, собственный объем молекул $V_{\text{св}}$, степень кристалличности для кристаллизующихся полимеров, температуры стеклования $T_{\text{с}}$, текучести $T_{\text{т}}$ и плавления $T_{\text{пл}}$. Химические формулы мономерных звеньев различных

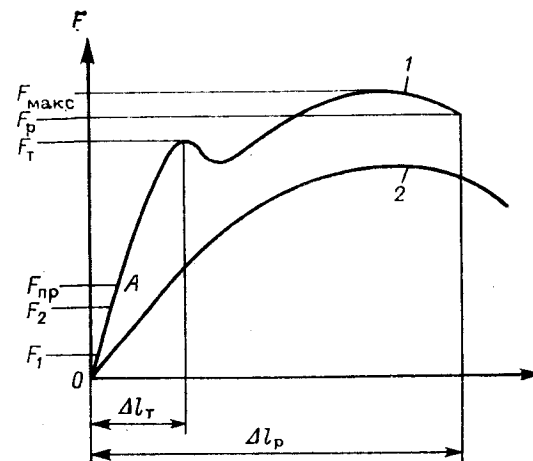


Рис. 2.1. Диаграмма нагрузка—удлинение:

1 — материал имеет предел текучести; 2 — материал не имеет предела текучести. $F_{\text{пр}}$ — нагрузка при пределе пропорциональности; OA — участок пропорциональной зависимости нагрузки и удлинения; $F_{\text{т}}$ — нагрузка при достижении предела текучести, при котором происходит первое увеличение деформации образца без увеличения растягивающей нагрузки или в момент образования на образце местного сужения — шейки; $F_{\text{макс}}$ — максимальная нагрузка при испытании; $F_{\text{р}}$ — нагрузка, при которой образец разрушился; $\Delta l_{\text{т}}$ и $\Delta l_{\text{р}}$ — удлинение образца при пределе текучести и при разрыве. $\sigma_{\text{пр}} = F_{\text{пр}}/A_0$, $\sigma_{\text{т,р}} = F_{\text{т,р}}/A_0$, $\sigma_{\text{р}} = F_{\text{р}}/A_0$, $\epsilon_{\text{т}} = \Delta l_{\text{т}} \cdot 100/l_0$, $\epsilon_{\text{р}} = \Delta l_{\text{р}} \cdot 100/l_0$, где A_0 — начальное поперечное сечение образца, l_0 — начальная расчетная длина образца. Модуль упругости $E_{\text{р}}$ определяют на участке OA: $E_{\text{р}} = \frac{(F_2 - F_1) \cdot l_0}{A_0(\Delta l_2 - \Delta l_1)}$, где Δl_2 и Δl_1 — удлинение, соответствующее нагрузке F_2 и F_1 .

Схема 2.1. Физические состояния полимера при эксплуатации и переработке разными методами



Таблица 2.1. Химическое строение и основные свойства промышленных полимеров

Полимер	Звено	Молекулярные характеристики	
		\bar{M}	ММР (по M_w/M_n)
Гомоцепные			
ПЭВП *	$[-CH_2-CH_2-]_n$	$(5-350) \cdot 10^4 (\bar{M}_w)$	2-25
ПЭНП *	$[-CH_2-CH_2-]_n$	$(3-50) \cdot 10^4 (\bar{M}_w)$	5-25
ПП	$[-CH_2-CH(CH_3)-]_n$	$(3-7) \cdot 10^5 (\bar{M}_w)$	3-20
ПС	$[-CH_2-CH(C_6H_5)-]_n$	$(5-30) \cdot 10^5 (\bar{M}_w)$	2-4
ПММА	$[-CH_2-C(CH_3)(COOCH_3)-]_n$	$(2-600) \cdot 10^4 (\bar{M}_w)$	—
ПВХ	$[-CH_2-CHCl-]_n$	$(3-15) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	Широкое
ПТФЭ	$[-CF_2-CF_2-]_n$	$(1,4-100) \cdot 10^5$	—
ПТФХЭ	$[-CF_2-CFCl-]_n$	$(5-20) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	—
ПВДФ	$[-CF_2-CH_2-]_n$	$> 1 \cdot 10^5$	—
ПВФ	$[-CH_2-CHF-]_n$	$(4,5-7) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	—
Гетероцепные, содержащие			
Простые полиэфиры, содержащие простую			
ПФ, гомополимер	$[-CH_2-O-]_n$	$(3-8) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	≈ 2
СФД, СТД **	$[-CH_2-O-]_n$	$(4-9) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	≈ 2
Сложные полиэфиры, содержащие сложную			
ПК	$[-O-C_6H_4-C(CH_3)_2-C_6H_4-O-C(=O)-]_n$	$(2,2-5) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)^{4*}$	≈ 2
ПЭТФ	$[-CH_2-CH_2-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-O-]_n$	$(2-4) \cdot 10^4 (\bar{M}_w)$	1,2-1,6
ПБТФ	$[-(CH_2)_4-O-C(=O)-C_6H_4-C(=O)-O-]_n$	$\approx 5 \cdot 10^4 (\bar{M}_w)$	≈ 2
ПАР	$[-C(=O)-R-C(=O)-O-R'-O-]_n$		
Д-1, Д-3, Д-4, Д-3Э **		$(3-16) \cdot 10^4 (\bar{M}_w)$	≈ 2

Температуры перехода, °C		Степень кристалличности, %	$\epsilon_{\text{кор}} \cdot 10^{-3}$, кДж/м ³	V_w , м ³ /кмоль	ρ при 20 °C, кг/м ³
T_c	$T_{пл}$				
(карбоцепные)					
≈ -20	120-135	70-85	254,6	20,5	948-960
≈ -25	103-115	50-65	242,8	—	910-930
-20 ± -10	160-172	50-75	289,7	30,68	900-910
87-100	—	Аморфный	334,1	62,85	1050-1080
95-105	—	»	348,4	56,1	1150-1200
70-105	—	0-10	389	28,63	1340-1460
—	327	90-95 **	134	30,6	2150-2270
50-55	208-215	40-85	237	32,95	2080-2160
≈ -40	180-190	35-65	178,4	25,53	1700-1800
≈ -180	190-198	—	265,9	23,23	1380-1400
кислород в главной цепи					
эфирную группу ($-O-C-O-$)					
≈ -60	173-180	70-100	418,7	13,93	1430
≈ -60	164-172	60-80	—	—	1410-1420
эфирную группу ($-O-C(=O)-$)					
143-151	220-240	Аморфный **	383,9	138,31	1190-1200
67-80	225-267	До 40-45 неориентированного, до 60-65 ориентированного	417,4	94,18	1380-1400
55-60	223-227	≈ 50	386,9	114,64	1270-1310
—	250-285	—	—	—	1150-1217

Продолжение табл. 2.1

Полимер	Звено	Молекулярные характеристики	
		\bar{M}	ММР (по M_w/M_n)
Ф-1 **		$(2,6-15) \cdot 10^4 (\bar{M}_w)$	≈ 2
Ф-2 **		$(2,8-16) \cdot 10^4 (\bar{M}_w)$	≈ 2

Гетероцепные, содержащие амидную

ПА 12	$\left[-(CH_2)_{11}-\overset{O}{\parallel}C-NH- \right]_n$	$(1,5-4) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	≈ 2
ПА 610	$\left[-(CH_2)_6-NH-\overset{O}{\parallel}C-(CH_2)_8-\overset{O}{\parallel}C-NH- \right]_n$	$(8-25) \cdot 10^5 (\bar{M}_n)$	≈ 2
ПА 6	$\left[-(CH_2)_6-\overset{O}{\parallel}C-NH- \right]_n$	$(1,1-4,3) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	≈ 2
ПА 66	$\left[-(CH_2)_6-NH-\overset{O}{\parallel}C-(CH_2)_4-\overset{O}{\parallel}C-NH- \right]_n$	$(1,5-4) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	≈ 2

Гетероцепные, содержащие

ПСФ	$\left[-O-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{CH_3}{\underset{CH_3}{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-O-\text{C}_6\text{H}_4-SO_2- \dots \right]_n$	$(2,2-6) \cdot 10^4 (\bar{M}_n)$	≈ 2
ПЭС	$\left[-\text{C}_6\text{H}_4-SO_2-\text{C}_6\text{H}_4-O- \right]_n$	$(0,3-23) \cdot 10^4$	≈ 2

- * В ПЭНП число CH_3 -групп на концах основной полимерной цепи и боковых цепей на
- ** Степень кристалличности полимера после переработки (50-85).
- ** Сополимера диоксолана вводится до 2,5-3% от массы ПФ.
- ** Молекулярная масса полимера литьевой и экструзионной марок.
- ** Полимер кристаллизуется при температурах выше 180 °C через 180-200 ч.
- ** R - остаток дикарбоновой кислоты; R' - остаток двухатомного фенола.
- ** ПАР на основе дифенилолпропана с дихлорангидами изофталевой и терефталевой
- ** ПАР на основе фенолфталеина и дихлорангида изофталевой кислоты.
- ** ПАР на основе фенолфталеина и дихлорангида терефталевой кислоты.

Температуры перехода, °C		Степень кристалличности, %	$\epsilon_{\text{ког}} \cdot 10^{-3}$, кДж/м ³	V_w , м ³ /кмоль	ρ при 20 °C, кг/м ³
T_c	$T_{пл}$				
-	300-310	До 30	-	-	1110-1300
-	320-340	До 30	-	-	1100-1170
группу $(-\overset{O}{\parallel}C-NH-)$					
≈ 37	178-180	40-70	535,5	132,09	1010-1020
40-50	213-222	40-70	656,9	162,78	1080-1110
≈ 50	215-228	40-70	783	70,71	1120-1150
57-60	252-265	40-70	783	141,42	1140
серу в главной цепи					
190-195	-	Аморфный	418,7	-	1240
≈ 250	-	>	-	-	1370

1000 атомов С составляет 15-25, в ПЭВП - 3-6.

кислот.

32 Таблица 2.2. Условия эксплуатации изделий и стандартизуемые параметры, характеризующие эксплуатационные свойства

Условия эксплуатации	Требования к эксплуатационным свойствам пластмассы в изделии	Стандартизуемый параметр, стандарт на метод определения	Номер таблицы, в которой приведены группы пластмасс по соответствующему параметру
<p>Действие термических нагрузок</p> <p>Действие повышенных температур</p> <p>Кратковременное (до 3 мин) повышение температуры без внешней механической нагрузки</p> <p>Длительная эксплуатация при повышенной температуре (возможна механическая нагрузка)</p> <p>Длительная эксплуатация при повышенной температуре без механической нагрузки</p> <p>Действие пониженных температур</p>	<p>Термические свойства</p> <p>Стойкость к размягчению, обеспечивающая формоустойчивость (кратковременная теплостойкость)</p> <p>Стойкость к размягчению, обеспечивающая формоустойчивость (длительная теплостойкость)</p> <p>Способность сохранять эксплуатационные свойства при длительном (в течение 10 лет) тепловом старении с сохранением более чем на 50 % механических (включая ударную прочность) и электрических (электрическая прочность) свойств</p> <p>То же, исключая ударную прочность</p> <p>То же с сохранением только электрических свойств (электрической прочности)</p> <p>Работоспособность при пониженных температурах (морозостойкость) без проявления хрупкости — способ-</p>	<p>Температура размягчения по Вика $T_{\text{в}}$, °С, нагрузка 9,8 Н ГОСТ 15088—83, ГОСТ 15065—69</p> <p>Температура размягчения при изгибе $T_{\text{р.из}}$, °С, напряжение 1,8 МПа ГОСТ 12021—84 (Ст СЭВ 4014—83)</p> <p>Температура длительной эксплуатации (в течение 10 лет) при тепловом старении $T_{\text{д}}$</p> <p>$T_{\text{д2}}$</p> <p>$T_{\text{д3}}$ Стандарт, применяемый зарубежными фирмами</p> <p>Температура хрупкости при изгибе $T_{\text{хр}}$, °С ГОСТ 16782—83</p>	<p>6.1</p> <p>6.2</p> <p>6.3.1</p> <p>6.3.2</p> <p>6.3.3</p> <p>6.4</p>

2 Э. Л. Калинин и др.

Действие механической нагрузки

Действие кратковременной (1—3 с) нагрузки (см. рис. 2.1)

Нагрузка растяжения

Нагрузка изгиба

ности разрушаться под действием нагрузки при малых деформациях (до развития высокоэластичной деформации)

Механические свойства

Стойкость к текучести — развитию больших пластических деформаций, вызывающих потерю работоспособности детали в результате развития больших необратимых деформаций

Прочность при разрыве *

Жесткость, обеспечивающая малое обратимое деформирование детали (высокий модуль упругости)

Эластичность, обеспечивающая способность детали к большим обратимым деформациям (низкий модуль упругости)

Прочность (по пределу текучести или напряжению разрушения, вызывающих потерю работоспособности детали)

Жесткость (высокий модуль упругости)

Эластичность (низкий модуль упругости)

Предел текучести при растяжении $\sigma_{\text{т.р}}$, МПа
ГОСТ 11262—80 (Ст СЭВ 1199—78)

Разрушающее напряжение при растяжении $\sigma_{\text{р}}$, МПа
ГОСТ 11262—80 (Ст СЭВ 1199—78)

Модуль упругости при растяжении $E_{\text{р}}$, МПа
ГОСТ 9550—81 (Ст СЭВ 2345—80)

То же

Прочность при изгибе (предел текучести или разрушающее напряжение) $\sigma_{\text{из}}$, МПа
ГОСТ 4648—71

Модуль упругости при изгибе $E_{\text{из}}$, МПа
ГОСТ 9550—81 (Ст СЭВ 2345—80)

То же

6.5

6.6

6.7

6.7

6.8

6.9

6.9

* Эта характеристика применяется для наполненных полимеров.

Условия эксплуатации	Требования к эксплуатационным свойствам пластмассы в изделии	Стандартизуемый параметр, стандарт на метод определения	Номер таблицы, в которой приведены группы пластмасс по соответствующему параметру
Нагрузка сжатия	Прочность (по пределу текучести или напряжению разрушения, вызывающих потерю работоспособности детали)	Прочность при сжатии (предел текучести или разрушающее напряжение) $\sigma_{сж}$, МПа	6.10
	Жесткость (высокий модуль упругости)	ГОСТ 4651—82 (СТ СЭВ 2896—81)	6.11
	Эластичность (низкий модуль упругости)	Модуль упругости при сжатии $E_{сж}$, МПа	6.11
		ГОСТ 9550—81 (СТ СЭВ 2345—80)	6.11
Действие длительной нагрузки	Стойкость к ползучести — развитию общей деформации (низкая ползучесть)	То же	6.11
Действие длительной статической нагрузки (растяжения или изгиба) при обычной или повышенной температуре	Стойкость к ползучести — развитию общей деформации (низкая ползучесть)	Модуль ползучести $E_{п}(\sigma, T, t)$, МПа	5.2
		Деформация ϵ , %, развивающаяся в детали при приложении постоянного напряжения σ и температуре T к моменту времени t	5.2
		Прикладываемое постоянное напряжение $\sigma_{п}$, МПа, которое при температуре T к моменту времени t вызывает деформацию ϵ	5.2
Действие циклической нагрузки (изгиба, растяжения — сжатия и др. при знакопеременном или знакопостоянном законе изменения нагрузки в пределах одного цикла)	Стойкость к усталостному разрушению — сохранение работоспособности	ГОСТ 18197—82 (СТ СЭВ 2897—81)	6.12
Кратковременное	Твердость — способность сопротив-	Усталостная прочность $\sigma_{у}$, МПа	6.12
		Выносливость $N_{в}$, число циклов	6.12
		DIN 671	6.12
		Твердость при вдавливании шари-	6.13

33 (до 30 с) вдавливание	ляться внедрению других тел	ка $H_{в}$, МПа	
других тел	Ударная прочность	ГОСТ 4670—77 (СТ СЭВ, 2592—80)	
Кратковременное	на деталях без надреза (лежит на двух опорах)	Ударная вязкость по Шарпи на образцах без надреза $a_{б.н.}$, кДж/м ²	6.14
ударное воздействие	на деталях с надрезом (лежит на двух опорах)	ГОСТ 4647—80	6.15
	на деталях с надрезом (консольно закреплена)	Ударная вязкость по Шарпи на образцах с надрезом $a_{н.}$, кДж/м ²	6.15
		ГОСТ 4647—80	6.15
Трение относительно других тел	Фрикционные свойства	Ударная вязкость по Изоду на образцах с надрезом $a_{и.н.}$, Дж/м	6.16
Трение с малым сопротивлением тел перемещению друг относительно друга	Низкий коэффициент трения, обеспечивающий малое сопротивление тел перемещению друг относительно друга	ГОСТ 19109—84	6.16
Трение с малым износом	Стойкость к разрушению поверхностного слоя при трении (износостойкость)	Коэффициент трения по стали $K_{тр}$	6.17
Действие электрических нагрузок	Диэлектрические свойства	ГОСТ 11629—75	6.17
Действие внешнего электрического поля	Стойкость к напряженности внешнего электрического поля — к пробое, при котором полимер теряет электроизоляционные свойства и в нем образуется токопроводящий канал	Коэффициент износа по сетке $K_{иш.}$, мм ² /(м·см ³)	6.18
	Сопротивление к пропусканию электрического тока при приложении электрического поля (электрическое сопротивление)	Методика НПО «Пластмассы»	6.18
	Способность диэлектрика повышать емкость конденсатора	Электрическая прочность $E_{пр}$, кВ/мм, при переменном напряжении, частота 50 Гц	6.19
		ГОСТ 6433.3—71 (СТ СЭВ 3165—81)	6.19
		Удельное объемное электрическое сопротивление $\rho_{в}$, Ом·м	6.20
		ГОСТ 6433.2—71 (СТ СЭВ 2411—80)	6.20
		Удельное поверхностное электрическое сопротивление $\rho_{с}$, Ом	6.21
		Диэлектрическая проницаемость $\epsilon_{пр}$	6.22
		ГОСТ 6433.4—71 (СТ СЭВ 3164—81)	6.22

Условия эксплуатации	Требования к эксплуатационным свойствам пластмассы в изделии	Стандартизуемый параметр, стандарт на метод определения	Номер таблицы, в которой приведены группы пластмасс по соответствующему параметру
Действие частотных нагрузок	Стойкость к необратимому рассеиванию части энергии внешнего электромагнитного поля	Тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ ГОСТ 6433.4—71 (СТ СЭВ 3164—81)	6.23
Действие электрической дуги	Способность сохранять электроизоляционные свойства — не образовывать на поверхности детали токопроводящего мостика при действии электрической дуги от переменного тока небольшой силы (10—40 мА) и высокого напряжения	Дугостойкость ДС, с ASTM D 495—73	6.24
Действие огня	Огнестойкость Пониженная воспламеняемость с учетом падения горящих частиц Пониженная горючесть без учета падения горящих частиц	Самозатухаемость UL-94 Кислородный индекс КИ, % ГОСТ 21793—76	6.25 6.26
Требование оптических свойств	Оптические свойства Способность пропускать световой поток без изменения направления (прозрачность) Малое влияние на изменение скорости света	Коэффициент светопропускания $K_{св}$, % ГОСТ 15875—80 (СТ СЭВ 429—77) Коэффициент преломления n_D DIN 53491	6.27 6.28
Действие тепла и звука	Тепло- и звукоизоляционные свойства		

Действие тепла и звука	Способность изолировать тепло и звук	—	6.29
Контакт с пищевыми продуктами и питьевой водой	Инертность при контакте с пищевыми продуктами и питьевой водой	—	6.30
Контакт с пищевыми продуктами	Инертность при контакте с пищевыми продуктами	—	6.30
Контакт с холодной питьевой водой	Инертность при контакте с холодной питьевой водой	—	6.30
Контакт с горячей питьевой водой	Инертность при контакте с горячей питьевой водой	—	6.30
Контакт с органами человека и медицинскими средствами	Инертность при контакте с органами человека и медицинскими средствами	—	6.30
Сборка (сопряжение) с другими деталями	Точность и стабильность размеров		
при повышенных температурах	Стабильность размеров в результате малого теплового расширения	Средний коэффициент линейного теплового расширения α , °C ⁻¹ ГОСТ 15173—80 (СТ СЭВ 2899—81)	6.31
в среде влажного воздуха или в воде	Стабильность размеров в среде влажного воздуха (с относительной влажностью 50—60 %)	Равновесное влагопоглощение $V_{ст}$, %, в стандартных условиях (относительная влажность воздуха 50—60 %, температура 20—23 °C) ГОСТ 4650—80 (СТ СЭВ 1692—79)	6.32.1
	То же при пребывании в воде обычной температуры в течение не более 24 ч	Водопоглощение V_{24} , %, в течение 24 ч при 23 °C ГОСТ 4650—80 (СТ СЭВ 1692—79)	6.32.2
	То же при длительном пребывании в воде обычной температуры	Равновесное водопоглощение V_p , %, при 23 °C ГОСТ 4650—80 (СТ СЭВ 1692—79)	6.32.3
Требование по пониженной массе детали	Пониженная масса детали	Плотность ρ , кг/м ³ ГОСТ 15139—69 (СТ СЭВ 891—78)	6.33
Действие химических реагентов	Стойкость к действию химических реагентов	Химическая стойкость ГОСТ 1202—72	

промышленных полимеров и справочные данные по их основным свойствам приведены в табл. 2.1.

В зависимости от температуры полимеры могут находиться в твердом, высокоэластическом и вязкотекучем состоянии. В каждом из этих состояний они имеют определенные свойства (схема 2.1), обеспечивающие их работоспособность в изделиях или перерабатываемость разными методами.

2.2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛАСТМАСС

Изделия из пластмасс могут эксплуатироваться в разнообразных условиях: воздействия повышенных или пониженных температур (кратковременного или длительного), механической нагрузки (кратковременной, длительной статической или циклической, растяжения, изгиба или сжатия, вдавливания тел, ударного воздействия), в условиях трения относительно других тел, действия электрических нагрузок (внешнего электрического поля, частотных нагрузок, электрической дуги), в пожароопасных условиях, в условиях контакта с пищевыми продуктами и питьевой водой. Пластмассы стали широко применять для изделий, которые работают в условиях контакта с органами человека или медицинскими средствами. Детали из пластмасс могут работать в условиях сборки (сопряжения) с другими деталями. Причем собранная конструкция может работать при повышенных температурах, в среде влажного воздуха или в воде. Изделия из пластмасс могут работать в условиях, когда действуют различные химические среды: кислоты, щелочи, спирты, масла и др. Классификация условий эксплуатации изделий из пластмасс, требования, которые могут предъявляться к эксплуатационным свойствам пластмасс в изделиях, стандартизуемые параметры эксплуатационных свойств и стандарты на методы их определения приведены в табл. 2.2.

Справочные данные по параметрам эксплуатационных свойств различных полимеров и композиций на их основе приведены в гл. 6.

2.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАСТМАСС

При переработке пластмасс протекают разнообразные процессы (гидродинамические, термодинамические, физико-химические). Технологические свойства, характеризующие поведение пластмасс при этих процессах, и стандартизуемые параметры, применяемые для оценки технологических свойств, приведены в табл. 2.3.

Справочные данные по технологическим свойствам различных пластмасс, зависимости между технологическими свойствами и основными свойствами пластмасс (M , MMP и др.), параметрами формования (скоростью и напряжением сдвига, температурой, давлением), а также влажностью материала, влияние технологи-

Таблица 2.3. Основные процессы, протекающие при переработке пластмасс, технологические свойства и стандартизуемые параметры

Процесс	Технологическое свойство	Стандартизуемый параметр, стандарт на метод определения
Деформирование (вязкое течение, растяжение) с развитием необратимой пластической деформации с развитием и накоплением обратной высокоэластической деформации с релаксацией параметров деформирования после его прекращения	Вязкость, характеризует сопротивление течению Модуль высокоэластичности, характеризует сопротивление развитию высокоэластической деформации Характерное время релаксации, характеризует скорость релаксационного процесса; константа релаксационного процесса	ПТР (в г за 10 мин) ГОСТ 11645—73 (СТ СЭВ 896—78) — —
Деструкция (термоокислительная, гидrolитическая, механическая под действием температуры, кислорода, влаги и механических напряжений) Нагревание, охлаждение	Стойкость к деструкции, характеризует способность сохранять свойства (технологические, эксплуатационные) и цвет Теплопроводность, температуропроводность и теплоемкость	Период термостабильности расплава (в мин); коэффициент термостабильности $K_{ст}$ (отношение двух ПТР после нагрева в течение разных периодов) Методика НПО «Пластмассы» Коэффициенты теплопроводности, температуропроводности и удельной теплоемкости при стандартной температуре ГОСТ 23630—79 Температура плавления ГОСТ 21553—76
Кристаллизация и плавление	Характеристики кристаллизации и плавления (интервал кристаллизации, температура плавления, температура начала плавления, теплота плавления (кристаллизации))	Тепловое расширение и сжатие
Изменение объема при воздействии температуры и давления	Тепловое расширение и сжатие	Коэффициент линейного теплового расширения при стандартной температуре ГОСТ 15173—80 (СТ СЭВ 2899—81)
Прилипание к металлу формы, каландрам, вальцам и другим рабочим органам перерабатывающего оборудования	Адгезия между приведенными в контакт пластмассой и металлом	Сила выталкивания стандартного изделия, отлитого при определенных параметрах; время прилипания к вальцам Нормативно-техническая документация на пластмассу

Процесс	Технологическое свойство	Стандартизуемый параметр, стандарт на метод определения
Сорбция влаги (увлажнение), например, при нахождении в бункере	Влажность, характеризует гигроскопичность пластмассы (способность увлажняться в среде влажного воздуха)	Равновесное влагопоглощение $V_{ст}$ (в %) в стандартных условиях (относительная влажность воздуха 50—60 %, температура 20—23 °С) ГОСТ 4650—80 (СТ СЭВ 1692—76)
Уплотнение гранул или порошка, например, при прессовании или пластикации	Характеристики сыпучих материалов в твердом состоянии (насыпная плотность, сыпучесть, гранулометрический состав и др.)	Насыпная плотность (в кг/м ³); время (в с) или скорость (в кг с) истечения пластмассы через отверстие стандартной конической воронки; угол естественного откоса; содержание частиц определенного размера, выраженное в % от массы исследованного образца Нормативно-техническая документация на пластмассу

ческих свойств на различные процессы переработки, зависимости между стандартизуемыми параметрами и технологическими свойствами в широком интервале изменения параметров формования описаны в [1].

Глава 3

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТМАСС. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

При выборе пластмасс методом аналогий используют классификацию пластмасс по эксплуатационному назначению, сведения о характерных особенностях различных пластмасс, их преимуществах, ограничениях и рекомендациях по применению и способам переработки. Рациональному применению пластмасс способствует знание тенденций развития их производства.

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛАСТМАСС ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОМУ НАЗНАЧЕНИЮ

Пластмассы включают широкий перечень термопластичных и терморезистивных материалов, которые используют для изготовления различных деталей машин, механизмов, приборов, а также пленок, листов, труб, заготовок и пр. В этих изделиях пластмассы

характеризуются параметрами механических свойств и теплоустойчивости, которые должны быть не ниже определенного уровня: $\sigma_{т.р} > 2$ МПа, $E_p > 10$ МПа, $T_B > 55$ °С, $H_B > 2$ МПа. Такие пластмассы принято называть конструкционными, в отличие от полимерных материалов (в основном это синтетические смолы), у которых значение хотя бы одного из параметров ниже приведенных. Последние получают, как правило, на основе низкомолекулярных полимеров и применяют главным образом для производства лаков, покрытий, клеев, компаундов, герметиков.

Многообразие условий эксплуатации и многофункциональность эксплуатационного назначения большинства изделий из пластмасс, многочисленность выпускаемых в промышленном масштабе полимеров и композиций на их основе осложняют классификацию пластмасс по эксплуатационным свойствам, поэтому существует несколько систем их классификации: 1) по направлениям применения; 2) по совокупности параметров эксплуатационных свойств; 3) по значению отдельных параметров эксплуатационных свойств.

Классификация пластмасс по направлению применения. Ниже приводится упрощенная классификация конструкционных пластмасс по основным направлениям применения.

Пластмассы для работы при действии кратковременной или длительной постоянной нагрузки: стеклонаполненные композиции полипропилена ПП, этролы, пентапласт ПТ, полиамиды 66, 6, 610, 612, 11, 12, сополимеры полиамидов, поликарбонат ПК, полиформальдегид ПФ, сополимеры формальдегида СФ, полибутилентерефталат ПБТФ, полиэтилентерефталат ПЭТФ, полифениленоксид ПФО, полисульфон ПСФ, полиэфирсульфон ПЭС, полиарилаты ПАР и стеклонаполненные композиции на основе перечисленных полимеров, полиалканамид ПАЛИ, полиэфиримид ПЭИ, фенилон ФН, полиимид ПИ, полибензоксазол ПБО, полиоксадиазол ПОД, фенопласты, аминопласты, текстолиты, стекло-текстолиты, стеклонаполненные композиции на основе ненасыщенных полиэфиров, материалы на основе кремнеорганических полимеров.

Пластмассы для получения эластичных изделий: полиэтилены ПЭ, сополимеры этилена СЭП, СЭВ, полипропилен ПП, поливинилхлорид пластифицированный ПВХП, фторопласты ФТ, полиуретаны ПУР, полиамид 12.

Пластмассы для работы при низких температурах (до минус 40—60 °С): полиэтилены ПЭ, сополимеры этилена СЭП, СЭВ, СЭВ, полипропилен морозостойкий, фторопласты ФТ, поли-4-метилпентен-1 ПМП, полиамиды 66, 6, 610, 612, 11, 12, поликарбонат ПК, сополимеры формальдегида СФ, полибутилентерефталат ПБТФ, полиэтилентерефталат ПЭТФ, полифениленоксид ПФО, полисульфон ПСФ, полиарилаты ПАР, полиалканамид ПАЛИ, фенилон ФН, полиимиды ПИ, полибензоксазол ПБО, полиоксадиазол ПОД.

Пластмассы антифрикционного назначения: фторопласты ФТ, полиамиды ПА, полиформальдегид ПФ, сополимеры формальдегида СФ, полибутилентерефталат ПБТФ, полиэтилентерефталат ПЭТФ, полиарилаты ПАР, композиции фенилона ФН, полиимиды ПИ, текстолиты, фенопласты.

Пластмассы электро- и радиотехнического назначения: полиэтилены ПЭ, полипропилен ПП, полистиролы ПС, поливинилхлорид ПВХ, фторопласты ФТ, полиакрилаты, в том числе полиметилметакрилат ПММА, поликарбонат ПК, полиформальдегид ПФ, сополимеры формальдегида СФ, полибутилентерефталат ПБТФ, полиэтилентерефталат ПЭТФ, полифениленоксид ПФО, полисульфон ПСФ, полиарилаты ПАР, полиимиды ПИ, полиоксадиазол ПОД, композиции на основе ненасыщенных полиэфиров, отдельные марки эпоксидных и кремнеорганических материалов.

Пластмассы для получения прозрачных изделий: поли-4-метилпентен-1 ПМП, полистирол ПС, сополимер стирола с нитрилом акриловой кислоты САН, прозрачные марки поливинилхлорида ПВХ, прозрачные марки фторопласта ФТ, полиакрилаты, в том числе полиметилметакрилат ПММА, сополимер метилметакрилата СММА, сополимер стирола с метилметакрилатом МС, сополимер стирола с метилметакрилом и нитрилом акриловой кислоты МСН, прозрачные марки полиамидов 6, 12, поликарбонат ПК, прозрачные марки ПЭТФ, полисульфон ПСФ, полиэфирсульфон ПЭС, эпоксидные смолы, ненасыщенные полиэферы.

Пластмассы тепло- и звукоизоляционного назначения: газонаполненные материалы на основе полиэтилена ПЭ, полистирола ПС, поливинилхлорида ПВХ, полиуретана ПУР, поликарбоната ПК, полиимиды ПИ, фенопласта, аминопласта.

Пластмассы для работы в контакте с пищевыми продуктами и питьевой водой. Применение пластмасс для этих целей всегда требует разрешения для каждой новой детали. К числу предпочтительных для этих целей относятся следующие полимеры: полиэтилены ПЭ, сополимер этилена с винилацетатом СЭВ, полипропилен ПП, поли-4-метилпентен-1 ПМП, полистирол ПС, ударопрочные композиции полистирола УПС, АБС-пластики, поливинилхлорид ПВХ, фторопласты ФТ, полиуретаны ПУР, пентапласт ПТ, полиакрилаты, в том числе полиметилметакрилат ПММА, сополимер стирола с метилметакрилатом и нитрилом акриловой кислоты МСН, полиамиды ПА, поликарбонат ПК, полибутилентерефталат ПБТФ, полиэтилентерефталат ПЭТФ, полисульфон ПСФ, поливиниловый спирт, аминопласты. Эти материалы предпочтительно также применять в медицине и медицинской технике.

Пластмассы для работы в агрессивных средах: полиэтилены ПЭ, полипропилен ПП, поли-4-метилпентен-1 ПМП, поливинилхлорид ПВХ, фторопласты ФТ, пентапласт ПТ, полибутилентерефталат ПБТФ, полиэтилентерефталат ПЭТФ, полисульфон ПСФ, полиимиды ПИ.

Таблица 3.1. Классификация пластмасс по совокупности параметров эксплуатационных свойств

Номер группы по схеме 3.1	Пластмассы
1.1	Сополимер этилена с винилацетатом СЭВ, поливинилхлорид пластифицированный ПВХП, вспенивающийся полиэтилен
1.2	Поливинилхлорид непластифицированный ПВХВ, сополимеры винилхлорида, полистирол вспенивающийся, этролы (АЦЭ, АБЦЭ), сополимер стирола с метилметакрилатом и нитрилом акриловой кислоты МСН
2.1	Полиэтилен низкой плотности ПЭНП, сополимер этилена с пропиленом СЭП, полиуретаны ПУР, пенополиуретаны
2.2	Полиэтилен высокой плотности ПЭВП, полипропилен ПП, блоксополимер пропилена с этиленом БСПЭ, поли-4-метилпентен-1 ПМП, полистирол ПС, ударопрочные композиции полистирола УПС, АБС-пластики, сополимеры стирола (САН, САМ), фторопласты ФТ, полиуретаны ПУР, пентапласт ПТ, полиметилметакрилат ПММА, сополимер стирола с метилметакрилатом СМ
3.1	Пресс-порошки и пенопласты на основе феноло-формальдегидных смол; пресс-порошки и пенопласты на основе карбамидных смол; пресс-порошки и премиксы на основе эпоксидных смол
3.2	Полиамиды (ПА 6, ПА 6 блочный, ПА 610, ПА 612, ПА 12), поликарбонат ПК, полиформальдегид ПФ, сополимеры формальдегида СФ, полибутилентерефталат ПБТФ, полифениленоксид ПФО, полисульфон ПСФ, полиарилаты ПАР, препреги, гетинаксы на основе феноло-формальдегидных смол, листовые слоистые материалы на основе карбамидных смол, текстолит
4	Полиамид 66, полиэтилентерефталат ПЭТФ, полиэфирсульфон ПЭС и стеклонеполненные композиции на их основе эпоксикремнеорганические пресс-материалы, стеклотекстолиты на основе феноло-формальдегидных и эпоксидных смол, пресс-материалы на основе водокнитов и асболокнитов
5	Фенилон ФН и материалы на его основе, полиимид ПИ, листовые слоистые материалы на основе полиимидов, полибензоксазол ПБО, полиоксадиазол ПОД, полиамидимид ПАИ, композиционные материалы на основе кремнеорганических смол и стеклотекстолиты на их основе

Классификация пластмасс по совокупности параметров эксплуатационных свойств. По совокупности параметров эксплуатационных свойств пластмассы делят на две большие группы: общетехнического и инженерно-технического назначения (схема 3.1). Распределение пластмасс по группам, указанным на схеме 3.1, показано в табл. 3.1.

Пластмассы инженерно-технического назначения имеют более высокие параметры механических свойств и теплостойкости. Пластмассы общетехнического назначения могут иметь более высокие значения отдельных параметров, чем указано на схеме 3.1, но по совокупности параметров эксплуатационных свойств они уступают пластмассам инженерно-технического назначения. Приведенные механические параметры характеризуют поведение пластмасс при обычной температуре. Конструкционные пластмассы общетехнического и инженерно-технического назначения существенно отличаются по поведению при механической нагрузке

Схема 3.1
Критерии классификации пластмасс по совокупности параметров эксплуатационных свойств

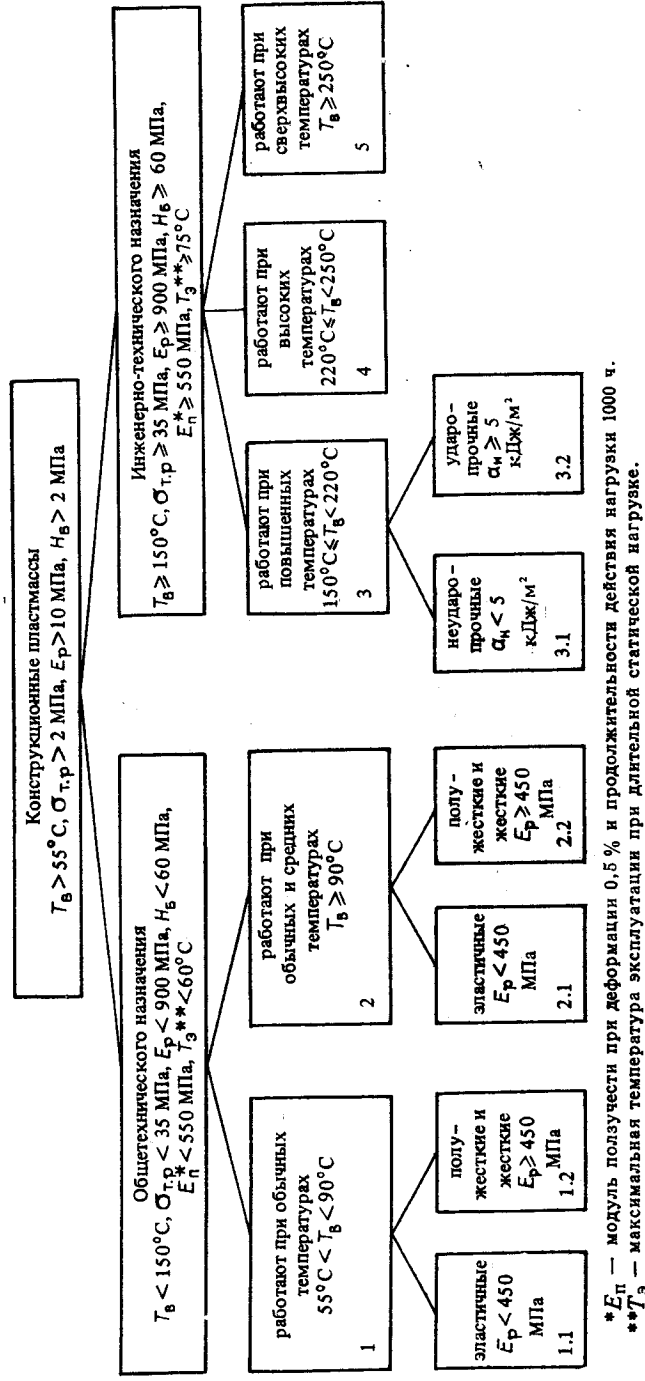


Таблица 3.2. Общая характеристика пластмасс

А. Характерные свойства, ограничения, области применения и способы переработки

Пластмасса	Характерные свойства	Ограничения	Рекомендации по применению и способам переработки
Термопластичные пластмассы общетехнического назначения			
Полиолефины			
Полиэтилен низкой плотности ПЭНП (высокого давления)	Температура эксплуатации без нагрузки до 60 °С, гибкий (в т. ч. при низких температурах), эластичный, высокая ударная прочность, морозостойкость до —(45—120) °С. Небольшой предел текучести при растяжении (при 20 °С 7—15 МПа). Хорошие электроизоляционные свойства. Стойкость к агрессивным средам, незначительное влагопоглощение. Повышенная радиационная стойкость. Допущен для контакта с пищевыми продуктами и для деталей медицинского назначения, хорошо окрашивается в массу	Не стоек к жирам, маслам, УФ-лучам. Невысокие температуры эксплуатации. Низкие механические показатели, не огнестойкий, за исключением специальных композиций. Снижение химической стойкости при напряженном состоянии. Значительное снижение механических свойств при повышении температуры до 60 °С. Большая деформация под нагрузкой. Большой разброс размеров литевых и экструзионных изделий	Изоляция кабелей, пленки, трубы, листы, профили, покрытие бумаги, фольги, тканей, изделия культурно-бытового назначения, ненагруженные изделия технического назначения, работающие при обычных температурах. Литье под давлением, экструзия, пневмо- и вакуумформование, прессование, спекание, сварка
Полиэтилен высокой плотности ПЭВП (низкого давления)	Более высокая механическая прочность и теплостойкость, чем у ПЭНП, высокая ударная прочность, блестящая поверхность, не растрескивается, незначительное влагопоглощение, высокая химическая стойкость, более стоек к маслам, чем ПЭНП. Температура эксплуатации без нагрузки до 70—75 °С. Хорошо окрашивается. Основные свойства аналогичны ПЭНП	Большая плотность по сравнению с ПЭНП. Значительное снижение механических свойств при повышении температуры до 70 °С. Высокая ползучесть при длительной нагрузке	Трубы, пленки, листы, тара, профили, емкости, электроизоляционные и антифрикционные покрытия и покрытия для защиты от коррозии, крупногабаритные конструкции, изоляция кабеля Литье под давлением, экструзия, прессование, сварка и др.
Сополимеры этилена с пропиленом СЭП	Высокая эластичность, стойкость к растрескиванию. Хорошая морозо-	Значительное снижение механических свойств с по-	Детали технического назначения, профили, покрытия
Композиции полиэтилена с полиизобутиленом	Стойкость к растрескиванию, хорошие электроизоляционные свойства	вышением температуры	Литье под давлением, экструзия, прессование и др. Детали технического назначения, трубы, шланги, фитинги, изоляция кабелей, пленки, уплотнительные детали и др.
Сополимеры этилена с винилацетатом СЭВ	Высокая эластичность, прозрачность. Допускается для контакта с пищевыми продуктами	Низкая прочность и теплоустойчивость	Литье под давлением, экструзия, прессование Пленки прозрачные, изоляция кабелей, выдувные детали, профили, детали уплотнителей, клее-расплавы
Сополимер этилена с α-бутиленом СЭБ	Повышенная стойкость к растрескиванию	То же	Литье под давлением, экструзия, прессование Изделия технического назначения, пленки прозрачные, клеевые композиции, восковые покрытия
Полипропилен ПП	Хорошие механические свойства, особенно композиций со стекловолокном и асбестовым наполнителем. Хорошая химическая стойкость. Низкое влагопоглощение. Допускается для контакта с пищевыми продуктами. Хорошие электроизоляционные свойства. Хорошее сопротивление удару. Температура эксплуатации без нагрузки до 65—95 °С без потери эксплуатационных свойств. Предел текучести при растяжении при 20 °С 27—35 МПа	Хрупкость при низких температурах. Низкая стойкость к истиранию, ухудшение свойств при контакте с нагретыми металлами	Литье под давлением, экструзия Изделия технического и бытового назначения, медицинская техника, пищевая промышленность, электротехника и электроника, трубопроводы, арматура, изделия санитарно-гигиенического назначения, пленки, листы, трубы, профили Литье под давлением, экструзия, прессование, формование из порошка

Пластмасса	Характерные свойства	Ограничения	Рекомендации по применению и способам переработки
Блоксополимеры пропилена с этиленом БСПЭ	Повышенная ударная прочность по сравнению с ПП. Большое сопротивление растрескиванию в адсорбционно-активных средах	Низкая парогазопроницаемость, как у всех полиолефинов	Технические изделия с повышенной ударной прочностью, трубы, фитинги, тара, различные корпусные детали, панели Литье под давлением, экструзия, прессование
Поли-4-метилпентен-1 ПМП	Отличается от ПЭ повышенной теплоустойчивостью (T_B до 140—180 °С), прозрачностью, стоек к воде и стерилизации	Неустойчив к воздействию бензола и других ароматических углеводородов. Окисляется на воздухе. Предел текучести при растяжении небольшой (20—25 МПа)	Медицинское оборудование, детали светотехники, электротехники Литье под давлением, экструзия, прессование
<i>Поливинилхлорид</i> Пластифицированный (пластикат) ПВХ П	Высокая химическая стойкость. Стойкость к истиранию. Хорошие электроизоляционные свойства. Прозрачность у отдельных марок. Влагонепроницаемость. Негорючий. Механические свойства изменяются в зависимости от эластичности композиции, которая изменяется в широком интервале	Высокая плотность. Хрупкость при низких температурах, невысокие механические свойства. Старение при повышенной температуре	Трубы, шланги, фитинги, линолеум, упаковка, изоляция кабеля, пленки, детали технического и медицинского назначения Вальцевание, каландрование, экструзия, прессование, литье под давлением
Непластифицированный (винипласт) ПВХ В	Хорошая механическая прочность. Работает без нагрузки до 60 °С (винипласт листовой). Имеются композиции с повышенной ударной прочностью. Высокая химическая стойкость, водостойкость, электроизоляционные свойства мало меняются при увлажнении. Более высокие механи-	Низкая морозостойкость, при температуре —15 °С становится хрупким. Более сложная переработка	Ударопрочные композиции применяют в автомобильной, радиотехнической и других отраслях, в контакте с химически активными веществами Литье под давлением, экструзия, вальцевание,

	ческие свойства, чем у ПВХ П		каландрование, прессование, сварка (тепловая), все виды механической обработки, штамповка
<i>Полистирол и его сополимеры</i> Полистирол ПС общего назначения, блочный, суспензионный	Хорошая прозрачность, высокие электроизоляционные (диэлектрические) свойства, высокая твердость, допускаются для контакта с пищевыми продуктами. Низкое влагопоглощение. Хорошо упрочняется ориентацией. Радиационная стойкость	Хрупкий, высокие электростатические свойства, горючий, не стоек к УФ-лучам, растворителям, маслам. Падение прочности при старении. Работает без нагрузки до 75—80 °С То же	Электротехнические изделия, нити, изделия бытового назначения, светильники, игрушки, пищевая промышленность, упаковка Литье под давлением, экструзия и др. То же
ПС эмульсионный	Меньше влагопоглощение по сравнению с ПС блочным и суспензионным		
Ударопрочные композиции полистирола УПС	Повышенная ударная прочность по сравнению с ПС общего назначения в 5 раз и более. Температурные условия эксплуатации в тех же пределах, что и у ПС общего назначения	Не стоек к УФ-лучам, непрозрачен, низкие электроизоляционные свойства, меньшая по сравнению с ПС прочность при разрыве до 25 МПа	Изделия бытового назначения, детали для радио-, электро- и приборостроительной промышленности, корпуса, каркасы, игрушки Литье под давлением, экструзия, прессование
АБС-пластики	Хорошая ударная прочность при низких и повышенных температурах. Твердость, повышенная теплоустойчивость по сравнению с ПС. Высокая химическая стойкость к щелочам, основаниям и смазочным маслам. Хорошая поверхность и хорошо металлизруется	Не стоек к УФ-лучам, непрозрачен, низкие электроизоляционные свойства	Изделия технического и бытового назначения, крупногабаритные детали, корпуса, основания, тара Литье под давлением, экструзия, прессование, хорошо металлизруется
Сополимер стирола с нитрилом акриловой кислоты САН	Повышенная механическая прочность, жесткость и твердость по сравнению с ПС общего назначения. Одна из марок — для оптических деталей черного цвета	Хрупкий	Изделия технического и культурно-бытового назначения, оптические детали черного цвета, световая арматура, фонари Литье под давлением, экструзия, прессование

Пластмасса	Характерные свойства	Ограничения	Рекомендации по применению и способам переработки
Сополимер стирола с α -метилстиролом САМ	Лучше электроизоляционные свойства и более высокая теплостойкость, чем у ПС общего назначения	Хрупкий	Высокочастотные диэлектрики Литье под давлением, экструзия, прессование
Сополимеры стирола с метилметакрилатом МС, сополимеры стирола с метилметакрилатом и нитрилом акриловой кислоты МСН	Высокая прозрачность, твердость. Хорошие электроизоляционные свойства. Стоек к щелочам, соленой воде, допускается контакт с пищевыми продуктами	Склонны к образованию поверхностных трещин даже при небольших нагрузках, подвержены короблению, не стойки к ароматическим и хлорированным углеводородам. Горючи	МС — оптические изделия, оболочки световодов, изделия культурно-бытового назначения; МСН — детали светотехнической аппаратуры, корпуса приборов, электро- и радиодетали, крупногабаритные, тонкостенные изделия Литье под давлением, экструзия, прессование
<i>Этролы</i> АЦЭ, АБЦЭ, НЦЭ	Хорошая формуемость, морозостойкость, хорошие электроизоляционные свойства, блестящая поверхность. Стойкость к истиранию. Температура формоустойчивости до 60—80 °С. Механическая прочность до 20—50 МПа. Стабильность размеров изделий	Не стоек к сильным кислотам и щелочам. Высокая газопроницаемость. Растворяется в ацетоне и дихлорэтане	Детали автомобилей, изделия культурно-бытового назначения, оправы очков Компрессионное прессование, литье под давлением, экструзия
<i>Полиакрилаты</i> Полиметилметакрилат ПММА	Прозрачен в листах толщиной до 24 мм. Коэффициент светопропускания более 90 %, жесткий, рабочая температура от —60 и без нагрузки до 80 °С. Высокие электроизоляционные свойства, химическая стойкость. Стоек к УФ-лучам	Невысокая температура эксплуатации, не стойкий в растворителях, к ароматическим и хлорированным углеводородам, мутнеет, ухудшение физико-механических свойств и про-	Детали светотехнического назначения, остекление, конструкционные изделия, герметики Литье под давлением, экструзия, прессование, пневмоформование, свар-

Сополимеры метилметакрилата СММА (дакрилы)

Полиуретаны ПУР

Фторопласты ФТ

Фторопласт 3

Стойки к УФ-лучам, нетоксичны, отличаются прозрачностью, улучшенная перерабатываемость

Работоспособен при температурах до —30 °С. Формоустойчивость при температурах до 115 °С. Выпускают композиции от эластичных до жестких

Высокая химическая стойкость, высокие электроизоляционные свойства, очень низкий коэффициент трения, негорючий, высокая водостойкость, допущен для контакта с органами человека и пищевыми продуктами, стабильность свойств при изменении температуры и влажности окружающей среды. Высокая температура эксплуатации, отдельные марки оптически прозрачны

Стоек к маслам, топливу, кислотам, щелочам, растворителям, окислителям

Хладотекучесть отсутствует, химически стойкий

зрачности, при старении образуются поверхностные трещины («серебро») \
Невысокая температура эксплуатации

Не стоек к минеральным кислотам

Наличие хладотекучести, низкая твердость. Высокая стоимость. Не стоек к фтору, бензину, толуолу, кислороду. Сложность переработки

При радиационном облучении разлагается. Высокая стоимость. Сложная переработка

ка, склеивание

Изделия медицинского назначения, детали для автомобилей, линзы, шкалы и другие технические изделия
Способы переработки те же, что у ПММА

Детали мебели, тепло- и звукоизоляционные детали, каркасные детали. Заливочные композиции
Литье под давлением, экструзия

Детали технического, медицинского назначения, химически стойкие, коррозионностойкие, детали и заготовки антифрикционного назначения, прокладочно-уплотнительные детали
Прессование, спекание, экструзия, литье под давлением

Подшипники, направляющие, трубопроводы, пленки конденсаторные. Химически стойкие детали технического назначения
Литье под давлением, экструзия, порошковое напыление

Пластмасса	Характерные свойства	Ограничения	Рекомендации по применению и способам переработки
Фторопласт 3В	Прозрачный	Механические свойства ниже, чем у фторопласта 3	Смотровые стекла. Прессование
Фторопласт 3М	Хладотекучесть отсутствует. Прозрачный. Устойчив к действию тропического климата	То же	Химически стойкие детали технического назначения, смотровые стекла, измерители уровня и пр. Химически и атмосферостойкие покрытия Литье под давлением, экструзия, прессование
Фторопласт 4, 4Д и др.	Высокая химическая стойкость к кислотам, щелочам, окислителям, растворителям. Высокие электроизоляционные свойства в широком диапазоне частот и температур эксплуатации от -196 до 250°C	Хладотекучесть. Механические свойства ниже, чем у фторопласта 3. Не стоек к фтору. Сложность переработки	Трубы, детали технического назначения, коррозионностойкие, направляющие скольжения Компрессионное прессование, спекания
Фторопласт 40 и модификации	Стоек к радиации и УФ-лучам, отсутствует хладотекучесть, твердость больше, чем у фторопласта 4. Очень высокая химическая стойкость, хорошие электроизоляционные свойства, работает до 200°C . Морозостойкий	Высокая стоимость. Сложность переработки	Уплотнительные, изоляционные, конструкционные изделия, стойкие к агрессивным средам и повышенным температурам, термо-, радиационно- и химически стойкая изоляция проводов, кабелей и пленка Литье под давлением, экструзия, прессование
Фторопласт 42 и модификации	По сравнению с ФТ 40 более эластичен, ударопрочен, механическая прочность на уровне ФТ 40, пониженная теплостойкость, стоек к световому старению	Растворим в сложных эфирах, кетонах, пониженная теплостойкость по сравнению с другими ФТ	набивок, локоткань для эластичных емкостей, детали прядильных агрегатов, втулки, прокладки, мембраны Литье под давлением, экструзия, прессование
Фторопласт 50 и модификации	Повышенная гибкость	Высокая стоимость	Химически стойкие трубы, шланги, пленки, листы, изделия уплотнительного назначения и для химически стойкой аппаратуры Литье под давлением, экструзия, прессование
Фторопласт 100	Повышенная эластичность, стойкость к многократным перегибам	То же	Уплотнительные элементы, изоляция, мембраны Экструзия, прессование
Фторопласт 400	Прозрачный, высокая термостойкость, химическая стойкость	»	Стекла, пленки, покрытия Литье под давлением, экструзия
Пентапласт ПТ	Эксплуатируется без нагрузки до 120°C , кратковременно до 160°C . Небольшая усадка. Высокая стойкость к истиранию. Высокая химическая стойкость. Огнестойкий	Высокая стоимость. Плохая перерабатываемость	Литьевые детали с арматурой, резьбовые детали стабильных размеров. Листы, трубы, пленки, антикоррозионные покрытия Литье под давлением, экструзия, механические способы обработки

Пластмасса	Характерные свойства	Ограничения	Рекомендации по применению и способам переработки
------------	----------------------	-------------	---

Термопластичные пластмассы инженерно-технического назначения

Полиамиды ПА 66, 6, 610, 612, 11, 12 и их сополимеры

Хорошее сочетание эксплуатационных свойств. Низкий коэффициент трения, низкий износ, хорошая теплоустойчивость (кратковременно без нагрузки до 170—240 °С). Стойки к щелочам, растворителям, маслам, топливу. Биологически инертны. Высокие механические свойства, особенно композиций с армирующими наполнителями (прочность, жесткость, стойкость к ползучести, твердость). Механические свойства и теплоустойчивость снижаются с уменьшением соотношения числа амидных и NH_2 -групп в звене макромолекулы ПА, т. е. от ПА 66, ПА 6 к ПА 610, ПА 12

Влагопоглощение уменьшается от ПА 6 к ПА 610, ПА 12, что обеспечивает более высокую стабильность свойств и размеров изделий из ПА 610 и ПА 12 по сравнению с таковыми из ПА 6. ПА 66 обладает наибольшей стойкостью к истиранию среди ПА. Сочетание прозрачности, высоких механических свойств (прочности, жесткости, стойкости к удару, ползучести, твердости), сохраняющихся при высоких температурах, и хороших диэлектрических свойств. Стойкость к кислотам. Специальные марки сте-

Большое влагопоглощение (особенно у ПА 6 и ПА 66) и в результате этого нестабильность свойств и размеров изделий. Не стойки к кислотам. При насыщении влагой в среде влажного воздуха уменьшаются механические свойства (за исключением ударной прочности, она увеличивается), снижаются диэлектрические свойства. Из-за гигроскопичности неприменимы в низковольтной аппаратуре. Существенное снижение электроизоляционных свойств при повышенной температуре. Увеличивается горючесть при стеклонаполнении

Склонен к охрупчиванию в условиях эксплуатации, не стоек к бензинам, маслам, растворителям, щелочам. Имеет цветовой оттенок. Не стоек к царапанию. При тепловом старении

Детали машиностроения, приборостроения, изделия культурно-бытового назначения, пленки, шланги. Заменяют цветные металлы ПА 66 — детали, работающие под нагрузкой, корпусные детали, более теплоустойчивые детали; ПА 6 — детали машиностроения общего назначения; ПА 610 — детали более сложной конфигурации, с большей стабильностью свойств в результате меньшего влагопоглощения; ПА 12 — гибкие детали, трубопроводы, оболочки кабелей
Литье под давлением, экструзия

Детали остекления, светотехники, электротехнические детали, детали машиностроения, стерилизующиеся детали. Заменяет силикатные стекла, цветные металлы

Поликарбонат ПК

рилизуются кипячением. Пригоден для контакта с пищевыми продуктами. Малая усадка, хорошая размерная стабильность изделий, особенно из стеклонаполненного ПК

Отличается повышенной теплоустойчивостью. Негигроскопичен. Хорошие адгезионные свойства. Высокие механические свойства и ударная прочность, высокое сопротивление ползучести при обычных и повышенных температурах. Стоек к удару на холоду. Стоек к кислотам. Детали характеризуются размерной стабильностью

Работоспособность без нагрузки до 110 °С. Хорошие антифрикционные свойства, размерная стабильность изделий. Негигроскопичен, стабильность электрических свойств. Стоек в органических растворителях, маслах, слабых кислотах и щелочах. Блестящая твердая поверхность. Высокие механические свойства, стойкость к переменным нагрузкам. Хорошая окрашиваемость

Хорошие электроизоляционные свойства, их стабильность при повышенной температуре и во влажной среде, дугостойкость, высокие механические свойства, особенно при упрочнении стекловолокном и углеродным наполнителем, хорошие антифрикционные свойства. Работают кратковременно без нагрузки до 210—235 °С. Бензо- и маслостойкость. Блестящая поверхность, высокая твердость

уменьшается сопротивление удару

Детали подвержены растрескиванию при действии ароматических растворителей

Горючий и плохо подвергается модификации для повышения огнестойкости, не стоек к радиации

Не стойки к щелочам, ряду кислот

Литье под давлением, экструзия

Детали для радиотехники, машиностроения, автомобилестроения, электротехники. Заменяют цветные металлы
Литье под давлением, экструзия

Детали технического и санитарно-гигиенического назначения, шестерни, втулки, антифрикционные детали, кулачки, направляющие рычаги и другие детали прецизионного назначения. Заменяют цветные металлы
Литье под давлением, экструзия, сварка, склеивание
Корпусные, электротехнические детали, нити. Заменяют цветные металлы
Литье под давлением, экструзия

Полифениленоксид ПФО

Полиформальдегид ПФ и сополимеры формальдегида СФ

Полиалкилтерефталаты (ПБТФ, ПЭТФ)

Пластмасса	Характерные свойства	Ограничения	Рекомендации по применению и способам переработки
Полисульфон ПСФ	Высокие температура эксплуатации и морозостойкость. Высокие механические свойства, стойкость к ползучести, мало изменяющиеся с повышением температуры. Высокая стабильность размеров изделий. Стоек к УФ-лучам. Химически стоек. Прозрачен, стерилизуется	Прозрачность ниже, чем у ПК. Склонен к охрупчиванию, стойкость к удару ниже, чем у ПК	Детали медицинской техники, электротехники, машиностроения, работающие в условиях силовых и температурных нагрузок Литье под давлением, экструзия
Полиэфирсульфон ПЭС	Отличается от полисульфона повышенной теплостойкостью, более высокой прочностью и стойкостью к ползучести, которые сохраняются высокими в широком интервале температур	Склонен к растрескиванию под действием химических сред	Детали технического и медицинского назначения Литье под давлением, экструзия
Полифениленсульфид	Отличается повышенными теплостойкостью, прочностью и модулем упругости	Трудная перерабатываемость. Используются композиции с другими хорошо перерабатываемыми полимерами	Детали технического назначения Литье под давлением, экструзия
Полиарилаты ПАР	Работают при высоких температурах. Стойки к температурному воздействию и УФ-лучам. Стойки к растворителям, кислотам, щелочам, маслам, радиационностойки. Способны к металлизации	Хрупкость, плохая перерабатываемость	Детали конструкционного назначения, пленочные материалы для электротехники и радиотехники, приборостроения, платы Литье под давлением, экструзия

Фенилон ФН

Высокая температура эксплуатации, стабильность физико-механических и электрических свойств. Хорошо работает на сжатие. Работает при температурах жидкого азота. Высокие механические свойства и стойкость к ползучести при обычных и повышенных температурах

Сложность переработки

Детали электроизоляционного и антифрикционного назначения, лаки, пленки
Прессование, пресс-литье

Полинимиды ПИ

Высокие физико-механические и диэлектрические свойства. Не размягчаются до 280 °С. Работают при пониженных температурах до -180 ÷ -200 °С. Стойки к органическим растворителям, маслам

Высокая стоимость. Чувствителен к спиртам, не стоек к кислотам и водяному пару. Сложность переработки

Детали скольжения при высоких температурах без смазки. Электромеханические детали, изоляция двигателей, кабелей, печатные схемы, конденсаторы, лаки, покрытия, связующие
Прессование

Полиоксадиазол ПОД, полибензоксазол ПБО

Выпускаются в виде различных композиций. Высокая химическая стойкость. Не размягчаются до 255—265 °С. Высокая прочность и жесткость в очень широком интервале температур. Радиационностойки

Высокая стоимость. Сложность переработки

Изделия технического, радиотехнического, антифрикционного назначения
Литьевое прессование

Терморезистивные пластмассы

Фенопласты (прессовочные материалы) ФП

Хорошие механические свойства. Температура эксплуатации до 125 и кратковременно до 175 °С. Стойкость к маслам, алифатическим углеводородам. Хороший внешний вид, твердость и блеск поверхности, стабильность размеров изделий. Низкая стоимость

Невысокие электроизоляционные свойства, водопоглощение, растрескивание. Невозможно получать светлые и яркие тона окраски. Трудоемкость переработки, сложность получения тонкостенных деталей

Изделия технического и культурно-бытового назначения, детали для электротехники, машиностроения. Прессование, инъекционное прессование, штранг-прессование, литье под давлением

Пластмасса	Характерные свойства	Ограничения	Рекомендации по применению и способам переработки
<p>Композиции на основе фенол-формальдегидных смол</p>	<p>Улучшенные электроизоляционные свойства, температура эксплуатации от -60 до 220 °С (кратковременно), устойчивость к тропическому климату, улучшенная влагостойкость</p>	<p>Невозможно получать светлые тона окраски. Сложность получения тонкостенных изделий</p>	<p>Детали электротехнического назначения Прессование, компрессионное прессование</p>
<p>Аминопласты АП</p>	<p>Блестящая, твердая поверхность изделий. Теплостойкость кратковременно до 150 °С. Самозатухающий материал с хорошей механической прочностью (не менее $30-60$ МПа). Хорошие электроизоляционные свойства, дугостойкость. Возможна окраска в различные светлые тона. Стойкость к смазочным маслам, керосину, бензину, спирту, растворителям, слабым кислотам, щелочам и воде</p>	<p>Хрупкость, низкая стойкость к удару. Сложность переработки</p>	<p>Детали технического, бытового и декоративного назначения. Электротехнические детали, посуда, санитарно-гигиенические изделия, корпусные детали. Отделочные листовые материалы Прессование, литьевое прессование, литье под давлением, пропитка (получение слоистых материалов), покрытия</p>
<p>Композиции на основе ненасыщенных полиэфиров НПЭ</p>	<p>Повышенная теплостойкость — кратковременно до 190 °С, механическая прочность при растяжении в пределах $30-55$ МПа, дугостойкость, трекинговая стойкость</p>	<p>Сложность переработки, токсичность при переработке</p>	<p>Детали строительного, электротехнического назначения, конструкционные, армированные Прессование, литьевое прессование, получение стекло-</p>
<p>Композиции на основе эпоксидной смолы (прессовочные материалы) ЭС</p>	<p>Повышенная водостойкость, химическая стойкость (к кислотам, щелочам и др.), хорошие электроизоляционные свойства</p>	<p>Токсичность. Сложность переработки</p>	<p>пластиков Детали технического и радиотехнического назначения Прессование</p>
<p>Пресс-материалы на основе кремнеорганических смол КОМ</p>	<p>Хорошие и стабильные электроизоляционные свойства, дугостойкость, температура эксплуатации от -60 до 300 °С, кратковременно до 600 °С. Влагостойки. Хорошие механические свойства. Стойкость к топливу, смазочным маслам, кислотам</p>	<p>Отсутствие светлых тонов окраски. Сложность переработки</p>	<p>Детали электротехнического назначения, ответственные силовые детали, работающие при повышенных температурах и нагрузках Прессование</p>
<p>Текстолит на основе фенольных смол Т</p>	<p>Слоистые пластики с высокой механической прочностью и хорошими антифрикционными свойствами. Высокая теплостойкость — работает до 140 °С. Стойкость к воде</p>	<p>Трудоемкость получения, дефицитность наполнителя</p>	<p>Работающие под нагрузкой шестерни, втулки, подшипники скольжения, ролики, вкладыши подшипников прокатных станков и другие изделия технического назначения Механическая обработка</p>
<p>Стеклотекстолит СТ</p>	<p>По сравнению с текстолитом имеет более высокую температуру эксплуатации — до 250 °С. Изготавливается из стеклотканей</p>	<p>Изнашивает соприкасающиеся с ним детали</p>	<p>Ответственные детали, работающие при высоких механических и термических нагрузках Механическая обработка</p>

Таблица 3.3. Теплостойкость, морозостойкость, механические свойства пластмасс

Пластмасса	$T_B, ^\circ C$	$T_p, \text{ и } 2, ^\circ C$	$T_{D1}, ^\circ C$	$T_{D2}, ^\circ C$	$T_{D3}, ^\circ C$
Полиэтилен низкой плотности	90-110	—	—	—	—
Полиэтилен высокой плотности	125-128	—	50	50	50
Сополимер этилена с пропиленом	—	—	—	—	—
Сополимер этилена с винилацетатом	75-95	—	—	—	—
Сополимер этилена с α -бутиленом	—	—	—	—	—
Полипропилен	140-155	47-60	65-95	65-95	65-95
Блоксополимер полипропилена с этиленом	140-155	—	—	—	—
Поли-4-метилпентен-1	140-180	—	—	—	—
Поливинилхлорид пластифицированный	—	60-68	—	—	—
Поливинилхлорид непластифицированный	70-85	59-76	50	50	50
Полистирол	80-105	76-82	50	50	50
Сополимер стирола с каучуком	70-99	—	50	50	50
АВС-пластики	99-106	90-104	50-60	50-60	50-80
Сополимер стирола с нитрилом	96-105	80-97	50	50	50
Акриловой кислоты САН	—	—	—	—	—
Сополимер стирола с α -метилстиролом СМ	—	—	—	—	—
Сополимер стирола с метилметакрилатом	86	—	—	—	—
Сополимер стирола с метилметакрилатом и нитрилом акриловой кислоты МСН	86-88	—	—	—	—
Ацетоцеллюлозный этрол	60-100	—	—	—	—
Ацетобутиратцеллюлозный этрол	40-80	—	—	—	—
Нитроцеллюлозный этрол	—	—	—	—	—
Полиметилметакрилат	110-125	74-82	50	50	50
Сополимер метилметакрилата	80-100	85-98	—	—	—
Полиуретан	67-115	—	—	—	—
Фторопласты	100-160	49-55	—	—	—
Пентапласт	155-165	—	—	—	—
Полиамид 66 **	220-240	60-90	65-80	65-85	65-105
Полиамид 6 **	205-215	52-80	65-80	65-85	65-85
Полиамид 610 **	200-220	65-80	65	65	65
Полиамид 612 **	—	—	65	65	65
Полиамид 11 **	181	50-60	65	65	65
Полиамид 12 **	172	55	—	—	—
Поликарбонат	148-153	120-140	95-115	125	125
Полифениленоксид	130-180	—	90	105	105
Сополимеры формальдегида	160-168	80-110	85-95	90-110	105
Полибутилентерефталат	210-218	50-87	120	140	140
Полиэтилентерефталат	235	85	—	—	—
Полисульфон	180-200	174	140	150	180
Полиэфирсульфон	226	203	170	180	180
Полиарилат	200-205	158	—	—	—
Полиэфиримид	—	198	—	—	—
Полиалканамид	200	110	—	—	—
Фенилов	280-290	—	—	—	—
Полиимид	280	274-290	—	—	—
Полибензоксазол	265	—	—	—	—
Полиоксидназол	255	—	—	—	—
Полиамидимид	255	—	—	—	—
Фенопласты	—	—	—	—	—
Аминопласты	—	—	—	—	—
Композиции на основе ненасыщенных полиэфиров	—	—	—	—	—
Композиции на основе эпоксидной смолы	—	—	—	—	—
Пресс-материалы на основе кремнеорганических смол	—	—	—	—	—
Текстолит	—	—	—	—	—
Стеклотекстолит	—	—	—	—	—

* E_D при деформации $\epsilon = 0,5\%$ и продолжительности действия напряжения

** Для ПА показатели механических свойств приведены при О.В. воздуха 50-60 %.

$T_{xp}, ^\circ C$	$\sigma_T, p, \text{ МПа}$	$\sigma_p, \text{ МПа}$	$E_p, \text{ МПа}$	$E_D, \text{ МПа}$	$H_B, \text{ МПа}$	$a_6, \text{ и } \text{ кДж/м}^2$	$a_D, \text{ кДж/м}^2$
-45+ -120	6,8-13,7	6,8-14,7	—	—	14-25	Не разр.	Не разр.
-60+ -150	19-26	18-26	610-750	300	48-52	То же	От 2 до не разр.
-120+ -140	16	21,6-40	—	—	13	>	Не разр.
-65+ -100	5	11	—	—	—	>	—
-110+ -120	—	22,5-24,5	—	—	—	>	Не разр.
-8+ -15	27-35	29-40	1080-1540	490	40-70	>	5-8
-8+ -15	—	21,5-22,5	—	—	—	—	—
-60	14-23	13,7-27,4	—	—	88-108	9,8-19,6	—
—	—	13,7-18,6	2,1-2,8	—	—	Не разр.	18
-60	41-53	46-53	2450-4200	—	—	32-80	2
-60	38-55	40-46	3080-3500	—	140-150	18-28	1,4-1,6
-40	35-42	30-42	2000-2800	—	100-130	55	3-4,5
-40	—	34-45	1820-2660	—	—	—	9-25
-40+ -60	70-76	60-70	2800-3800	—	160-170	20-24	1,9-2,3
-60	—	26,5	—	—	160-190	16-24	—
-40	—	40	—	—	160-170	16-20	—
-40	—	50	—	—	170	13-25	—
-20+ -50	—	30-75	1300-2100	—	30-70	30-70	—
—	—	20-40	1600-2800	—	32-55	40-100	—
—	—	25-30	1800	—	60	6	—
-60	51-65	40-66	2660-3290	—	130-180	18	—
-60	58-67	45-65	2900-3570	—	100-130	15-18	—
-30	—	10-27	70-2450	—	—	—	—
-190+ -270	7-46	34-49	981-1580	—	59-79	Не разр.	14,5
—	—	38-55	—	—	80-110	140	—
-65	55-65	55-77	1400-1600	800	90	Не разр.	12-35
-60	40-60	50-75	950-1700	580	70-84	То же	От 14 до не разр.
—	50-55	50-65	1200-1500	—	80	>	16
—	52-61	—	—	—	—	>	—
-70	34	53-60	—	570	—	>	—
-80+ -90	36-40	60-62	1100	680	70-80	>	13-61
-130	55	50-70	2200-2300	1850	103-110	>	20-35
-60	55-65	45-60	2400-2660	2200	97	30-50	20
-40	56-70,5	56-75	2200-3200	1350	110-160	50-140	5-10
-60	45-60	35-52	2500-2700	1400	110-145	Не разр.	2,5-7
—	—	73-81	—	—	150	То же	3-4
-100+ -101	60-82	55-60	2480	2300	100-120	Не разр.	6-7
—	84	84	2440	2320	—	—	—
-200	105-106	112	1750-1800	—	200-300	Не разр.	15-25
-60	—	45-50	—	—	80-95	50-100	—
-100	150	140-150	4000-4400	—	280-290	75	6-9
-200	56-91	100-120	3500-4900	—	180-280	40-60	—
-250	—	70	—	—	220	10-36	—
-60	190-195	60-80	4900	—	190	10-35	—
—	—	30-60	—	—	250-300	3-7	—
—	—	30-60	—	—	250-500	4-8	—
—	—	30-55	—	—	150-200	2-10	—
—	—	80-120	—	—	—	—	—
—	—	10-70	—	—	100-400	2-80	—
—	—	100	4000-6000	—	250-300	37	—
—	—	До 450	До 35000	—	—	50-100	—

1000 ч;

Таблица 3.4. Фрикционные, диэлектрические, оптические свойства, самозатухаемо

Пластмасса	$K_{тр}$	$E_{пр}$, кВ/мм при $h = 3$ мм	ρ_D , Ом·м	ρ_s , Ом
Полиэтилен низкой плотности	0,58	17-23	$(0,1-1) \cdot 10^{15}$	$10^{14}-10^{15}$
Полиэтилен высокой плотности	0,3-0,35	18-20	$(0,1-1) \cdot 10^{15}$	—
Сополимер этилена с пропиленом	—	—	10^{15}	—
Сополимер этилена с винил-ацетатом	—	—	—	—
Сополимер этилена с α -бутиленом	—	—	—	—
Полипропилен	—	20-23	$10^{15}-10^{15}$	$4 \cdot 10^{15}-10^{17}$
Блоксополимер пропилена с этиленом	—	—	—	—
Поли-4-метилпентен-1	—	—	10^{14}	10^{15}
Поливинилхлорид пластифицированный	—	12-20	$0,17 \cdot 10^{11}$	10^{14}
Поливинилхлорид непластифицированный	0,6	14-20	$10^{12}-10^{16}$	10^{14}
Полистирол	0,46	20-24	$(0,1-1) \cdot 10^{15}$	10^{16}
Сополимер стирола с каучуком	0,5	—	—	—
АБС-пластики	0,5	—	—	—
Сополимер стирола с нитрилом акриловой кислоты	—	16	$(0,1-5) \cdot 10^{14}$	$10^{14}-10^{16}$
Сополимер стирола с α -метилстиролом	—	20-24	10^{14}	10^{16}
Сополимер стирола с метилметакрилатом	—	20	10^{12}	10^{14}
Сополимер стирола с метилметакрилатом и нитрилом акриловой кислоты	—	20	10^{12}	10^{14}
Ацетоцеллюлозный этрол	—	—	10^8-10^{11}	$10^{12}-10^{13}$
Ацетобутарцеллюлозный этрол	—	—	10^9-10^{14}	—
Нитроцеллюлозный этрол	—	—	10^8-10^{10}	$10^{10}-10^{12}$
Полямилметакрилат	0,54	16-22	10^{16}	10^{16}
Сополимер метилметакрилата	—	18-22	10^{14}	—
Полиуретан	—	13-18	$6 \cdot 10^7-10^{11}$	10^8-10^{14}
Фторопласты	0,02-0,4	16-20	$(0,1-1) \cdot 10^{15}$	—
Пентапласт	0,14	—	$0,2 \cdot 10^{15}$	$(0,1-0,85) \cdot 10^{14}$
Полиамид 66 **	0,39	—	$10^{16}-10^{12}$	10^{16}
Полиамид 6 **	0,15-0,25	—	$0,4 \cdot 10^8-10^{11}$	$10^{16}-10^{12}$
Полиамид 610 **	0,26-0,32	—	$(0,1-1) \cdot 10^{11}$	10^{16}
Полиамид 612 **	—	—	—	—
Полиамид 11 **	—	—	10^{16}	—
Полиамид 12 **	—	—	$(0,78-3) \cdot 10^{12}$	$0,2 \cdot 10^{15}$
Поликарбонат	0,28-0,35	15-18	$10^{12}-10^{15}$	$10^{12}-10^{15}$
Полифениленоксид	0,45-0,55	16-22	$(0,5-1) \cdot 10^{15}$	$(0,5-10) \cdot 10^{14}$
Сополимеры формальдегида	0,35	—	10^{15}	$0,5 \cdot 10^{15}$
Полибутилентерефталат	0,25-0,37	16-17	$(0,1-1) \cdot 10^{15}$	$10^{15}-10^{17}$
Полиэтилентерефталат	0,1-0,15	16-22	$0,1-1 \cdot 10^{15}$	$0,3 \cdot 10^{15}$
Полисульфон	0,13-0,18	17	$0,5 \cdot 10^{15}$	$0,3 \cdot 10^{17}$
Полиэфирсульфон	0,5	16	$(0,1-1) \cdot 10^{16}$	—
Полиарилат	0,3-0,4	15-16	$(0,1-1) \cdot 10^{15}$	—
Полиэфиримид	—	—	$0,67 \cdot 10^{16}$	—
Полиалканнамид	0,46-0,66	—	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	$10^{15}-10^{16}$
Фенилон	0,35-0,4	—	$(0,1-1) \cdot 10^{13}$	10^{14}
Полинимид	—	12-22	$10^{15}-10^{15}$	—
Полибензоксазол	0,4-0,5	—	10^{12}	10^{15}
Полюксадиазол	0,5-0,55	—	$(0,1-0,82) \cdot 10^{14}$	$0,7 \cdot 10^{16}$
Полиамидимид	—	15-24	$(0,1-1) \cdot 10^{15}$	$0,39 \cdot 10^{15}$
Фенопласты	0,3	16-18 **	10^9-10^{12}	$10^{12}-10^{15}$
Аминопласты	—	2-20 **	10^9-10^{12}	$10^{10}-10^{15}$
Композиции на основе ненасыщенных полиэфиров	—	10-12 **	10^{11}	10^{12}
Композиции на основе эпоксидной смолы	—	13-20 **	$10^{14}-10^{15}$	$10^{12}-10^{13}$

сть, водопоглощение пластмасс

$\epsilon_{пр}$ при 10^6 Гц	$tg \delta$ при 10^6 Гц	ДС, с	Самозатухаемость по UL-94 *	$K_{св}$, %	B_{24} , %
2,2-2,3	0,0002-0,0003	102	—	—	0,01
2,3-2,4	0,0002-0,0007	102	—	—	0,01
2,4	0,0002-0,0005	—	—	—	—
2,3-2,7	0,001-0,04	—	—	—	—
2,4	0,0002-0,0005	—	—	—	—
—	0,0003-0,0005	90-183	HB	—	0,01-0,03
2,2-2,4	0,0003-0,0005	—	—	—	0,01-0,09
2-2,2	0,0002-0,0004	—	HB	84-90	0,01
—	—	—	—	—	0,8-1,0
3,1-3,5	0,015-0,025	—	—	—	—
2,6-2,8	0,0004-0,0009	70-122	HB	80-90	0,07
—	—	—	—	—	0,001-0,05
—	—	—	HB	—	—
2,8	0,007-0,009	—	HB	75-86	—
2,6	0,0004	—	—	—	—
2,7-3,2	0,022	—	—	90-92	—
2,9-3,2	0,022	—	—	84-88	0,28
3-7	0,01-0,1	—	—	—	1,5-2,0
3,2-6	0,02-0,05	—	—	—	0,8-1,5
6,2	0,07-0,1	—	—	—	0,8
2,2-3,2	0,02-0,03	не проводит	HB	88-92	0,2-0,4
—	0,018	—	HB	86-90	—
4,2-7	0,034-0,1	—	—	—	0,7-0,9
2,3-2,9	0,015-0,02	—	—	—	0-0,01
2,8-3,1	0,01-0,012	—	—	—	0,01
3,2-4,6	0,08-0,2	107-123	V2	—	1,3-2,8
3,7-7	0,08-0,3	100-121	HB	—	2-2,8
3,2-3,8	0,075-0,18	—	HB	—	1-1,5
4	0,03-0,04	121	V2	—	0,4
—	—	122-125	V2	—	—
3,3	0,04	120-122	HB	—	0,19-0,25
2,5-3,1	0,007-0,011	110-120	V2	87-90	0,15-0,2
2-2,64	0,0009	75-96	HB	—	0,08
3,4-3,7	0,005-0,01	200-240	—	—	0,2-0,25
2,8-3,3	0,012-0,023	130-190	HB	—	0,07-0,1
3,2-4	0,01-0,02	150	HB	—	0,1
3,03	0,0034-0,005	122	—	80	—
3,5	0,006	20-120	V0	72-74	0,4-0,43
3-3,5	0,015-0,02	125-129	—	—	—
—	—	126	V0	—	—
2,65	0,002-0,004	—	—	—	—
5,5	0,02	—	—	—	—
3,4-3,9	—	136-230	V0	—	—
3,3-3,5	0,002-0,0035	—	—	—	—
3,7	0,008-0,01	—	—	—	0,1-0,14
3,5-3,7	0,02	125	—	—	0,28
6-8	0,6-0,01	—	—	—	—
5-7	0,02-0,03	—	—	—	—
4-5	0,02	—	—	—	—
5-6	0,01-0,03	—	—	—	—

Пластмасса	$K_{тр}$	$E_{пр}$, кВ/мм при $h = 3$ мм	ρ_D , Ом·м	ρ_g , Ом
Пресс-материалы на основе кремнеорганических смол	—	3—12 **	10^8 — 10^{12}	10^9 — 10^{14}
Текстолит	—	2—5 **	10^{10} — 10^{12}	10^{10} — 10^{12}
Стеклотекстолит	—	7—20 **	10^{10} — 10^{13}	10^{11} — 10^{13}

* Обозначение самозатухаемости по UL-94 дано в табл. 6.25.

** Для ПА показатели диэлектрических свойств приведены при О.В. воздуха 50—60

** При $h = 4$ мм.

Таблица 3.5. Режимы переработки пластмасс

I — литье под давлением; II — экструзия; III — прессование

Пластмасса	Метод переработки	Температура, °С		Удельное давление, МПа
		расплава	формы или формующего инструмента	
Полиэтилен низкой плотности	I	200±10 (160—260)	45±5 (20—60)	90±10 (60—120)
	II (трубы напорные для контакта с пищевыми продуктами, листы)	160—220	40—60	0,05—0,15
	II (трубы безнапорные, профили)	140—170	40—60	0,02—0,15
	II (изоляция, защитные покрытия)	150—220		
	II (покрытие бумаги, ткани)	150—170		
	III	130—170		3—7
Полиэтилен высокой плотности	I	230±10 (180—280)	50±5 (30—80)	90±10 (70—120)
	II (трубы)	170—220	40—80	0,1—1
	II (пленка, профили)	160—200	То же	
	II (изоляция, покрытие)	220—300	То же	
Сополимер этилена с пропиленом	III	180—210		7—10
	I	210—260		20—140
	II	175—235		
Сополимер этилена с винилацетатом	III	165—210		1—10
	I	140—160		25—100
	II	125—150		
Полипропилен	III	120—140		1—10
	I	230±10 (190—270)	60±5 (40—90)	100—120
	II	180—220		
	III	170—180		10
Блоксополимер пропилена с этиленом	I	170—235		100—140
	II	170—230		
Полиметилпентен	I	240—280		100—140
	II	240—270		
	III	240—250		

$\epsilon_{пр}$ при 10^6 Гц	$tg \delta$ при 10^6 Гц	ДС, с	Самозатухаемость по UL-94 *	$K_{св}$, %	$V_{зд}$, %
0,3—6	0,3—0,002	—	—	—	—
4,7—5,7 5	0,02—0,08 0,05	—	—	—	—

%:

Продолжение табл. 3.5

Пластмасса	Метод переработки	Температура, °С		Удельное давление, МПа
		расплава	формы или формующего инструмента	
Поливинилхлорид пластифицированный	I	190—230		50—70
	II	180—210		
Полистирол	I	200±10 (160—270)	50±5 (40—70)	100±10 (80—120)
	II (для ПСМ, ПСМД)	170—200	40—60	0,05—0,5
	II (для ПСЭ-1)	190—230	То же	То же
	III (для ПСМ, ПСМ)	160—180		20—25
	III (для ПСЭ-1, ПСЭ-2)	160—190		20—30
АБС-пластики	I	220±10 (180—260)	75±5 (70—90)	120±10 (90—170)
	II	180—230		
	III	170—200		30—35
Этролы	I	170—220		80—120
	II	140—180		30—40
Полиметилметакрилат	I	210±5 (185—230)	60±5 (40—80)	130±10 (100—160)
	II	185—215	40—60	
Пентапласт	III	180—200		25—35
	I	200—235		100—140
	II	200—220		
Полиамид 66	III	170—220		10—20
	I	275±5 (265—285)	80±5 (60—110)	120±10 (80—150)
	II	200—220		
Полиамид 6	I	255±5 (235—270)	65±5 (60—90)	110±10 (80—140)
	II	250±5	65±5	110±10
Полиамид 610	I	230—270	(50—90)	(80—140)
	II	260±5	65±5	100±10
Полиамид 12	I	(220—285)	(30—100)	(80—140)
	II	210—220	20—60	0,02—0,1
	III	275±5 (250—290)	95±5 (70—120)	120±10 (90—170)
Поликарбонат	I (для ПК-2, ПК-3)	275±5 (250—290)	95±5 (70—120)	120±10 (90—170)
	I (для ПК-6)	275±10	95±5	120±10

Пластмасса	Метод переработки	Температура, °C		Удельное давление, МПа
		расплава	формы или формующего инструмента	
Полиформальдегид	I (для ПК-6)	(250—320)	(70—120)	(90—170)
	II	240—290	70—90	0,05—1
Сополимеры формальдегида	I	210±5 (200—220)	80±5 (60—120)	120±10 (80—160)
	II	185±5 (175—220)	80±5 (60—110)	120±10 (80—160)
Полибутилен-терефталат	I	250±5 (235—270)	75±5 (60—110)	120±10 (80—140)
	II	260—270	150±5 (140—160)	110±10 (70—150)
Полисульфон	I	310±5 (280—340)	130±5 (90—150)	130±10 (100—170)
Фенилон	III	300—320		50—60
Полиимид	III	380—420		3—20

Примечания: 1. Марки полимеров для переработки литьем под давлением экструзией и прессованием приведены в Приложении 1.
2. Для литья под давлением указаны оптимальные параметры формования (с допустимыми отклонениями), при которых изделия получают качественными по показателям точности, прочностным и деформационным свойствам, внешнему виду, ниже в скобках — режимы формования полимеров, при которых они термостабильны.

Таблица 3.6. Условия предварительной сушки или подогрева пластмасс

Пластмасса	Влажность *, %	Температура, °C	Продолжительность, ч	Толщина слоя, см
Полиэтилен низкой плотности	≤0,04	75±5 **	0,5—1	1—3
Полиэтилен высокой плотности	≤0,04	85±5 **	0,5—1	1—3
Сополимер этилена с пропиленом	≤0,04	85±5 **	0,5—1	1—3
Полипропилен	≤0,04	80—100 **	0,5—1	1—3
Блоксополимер пропилена с этиленом	≤0,04	80—100 **	0,5—1	1—3
Поли-4-метилпентен-1	≤0,04	90±5 **	0,5—1	1—3
Полистирол	≤0,05	75±5 **	1—2	1—3
Полиметилметакрилат	≤0,04	90±5 **	0,5—1	1—3
Пентапласт	≤0,04	95±5 **	0,5—1	1—3
Полиамид 66	0,14—0,2	95±5 3*	5—12 4*	1—2,5
Полиамид 6	0,14—0,2	90±5 3*	5—12 4*	1—2,5
Полиамид 610	0,14—0,2	85±5 3*	3—8 4*	1—2,5

Пластмасса	Влажность *, %	Температура, °C	Продолжительность, ч	Толщина слоя, см
Полиамид 12	0,07—0,11	85±5 3*	3—8 4*	1—2,5
Поликарбонат	≤0,015	115±5 3*	6—18 4*	1—2,5
Полиформальдегид и сополимеры формальдегида	≤0,2 5*	75±5 **	3—5	1—3
Полибутилентерефталат	≤0,015	120±5 3*	6—8 4*	1—2,5
Полиэтилентерефталат	≤0,015	120±5 3*	6—8 4*	1—2,5
Полисульфон	≤0,02	115±5 3*	12—20 4*	1—2,5

* Допустимая влажность пластмассы перед переработкой, при которой: а) не протекают заметные декструкция и структурирование полимера; б) физико-механические свойства пластмассы в образцах соответствуют требованиям нормативно-технической документации; в) изделия не имеют макродефектов, обусловленных повышенной влажностью.

** Сушка при атмосферном давлении.

*** Сушка под вакуумом при остаточном давлении 0,67—1,3 кПа.

**** Продолжительность сушки зависит от начальной влажности.

***** Содержание влаги и летучих веществ.

температуре приведены в табл. 3.2—3.4. Эти сведения используют при подборе пластмасс по методу аналогий, они могут быть полезны также при выборе пластмасс количественным методом для качественной проверки результатов выбора. Для оценки технического уровня существующего на предприятии перерабатывающего и вспомогательного оборудования с целью проверки возможности получения на нем изделий из выбранной пластмассы даны режимы переработки и условия подготовки пластмассы к переработке (табл. 3.5, 3.6).

Изменение свойств пластмасс в результате модификации при создании различных композиционных материалов на их основе и рекомендации по их применению приведены в гл. 4.

3.3. СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТМАСС. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Пластмассы в настоящее время становятся одним из основных видов промышленных материалов. В период до 2000 г. их производство получит еще большее развитие. В целом перспективу до 2000 г. и далее следует рассматривать как период существенного изменения соотношения объемов применения различных материалов, в котором доля применения пластмасс возрастет.

Применение пластмасс при правильной его организации характеризуется более высокими технико-экономическими показателями, например, более высокой производительностью труда при изготовлении деталей, меньшими энергозатратами, более благоприятным экологическим воздействием на окружающую среду по сравнению с применением других материалов.

Мировое производство пластмасс и синтетических смол характеризуется постоянным увеличением, которое по прогнозам будет сохраняться в будущем: в 1980 г. 6,1 млн. т, в 1990 г. 90 млн. т, в 1995 г. 115 млн. т и в 2000 г. 145 млн. т пластмасс.

Производство пластмасс будет перестраиваться в ориентации на более доступные, дешевые и перспективные по природным запасам виды природного сырья, такие как сырье растительного происхождения, природный газ, уголь, отходы сельского хозяйства. В общем выпуске пластмасс большое значение будут иметь композиционные материалы с неполимерными наполнителями. Объем потребления нефти в производстве пластмасс сравнительно невысок. К тому же, технология получения пластмасс позволяет организовать их производство вблизи места добычи нефти. Эти факторы в еще большей степени повысят эффективность применения пластмасс по сравнению с другими материалами.

Эффективность использования пластмасс как сырья отчетливо проявится в настоящее время. Так, в период спада экономики в капиталистических странах прирост производства пластмасс продолжал превышать прирост общего валового продукта (в 1,5—3 раза по различным видам пластмасс). Эффективность применения пластмасс как сырья будет возрастать еще более по мере сокращения сроков амортизации различных изделий, основного и вспомогательного оборудования, куда входят детали из пластмасс; увеличения ассортимента изделий широкого потребления; сокращения сроков использования изделий широкого потребления в обиходе. В какой мере будут развиваться эти тенденции, в такой же мере потребление пластмасс как сырья будет иметь все большую эффективность и больший удельный вес.

Однако стимуляция роста потребления пластмасс только в результате сокращения сроков амортизации деталей и агрегатов постоянно проводиться не может. Это связано с тем, что по прогнозам в будущем столетии во всех странах в большей степени будет уделяться внимание рационализации потребления всех видов сырья и увеличению срока службы производимой продукции. Поэтому все большее значение будут приобретать более прочные и долговечные пластмассы, которые обеспечат более длительные сроки эксплуатации деталей. Кроме того, все большее значение будут иметь все виды вторичного сырья. Использование вторичного полимерного сырья — это большая сопутствующая проблема общей проблемы создания и применения полимерных материалов.

Структура производства пластмасс. Основные пластмассы, имеющие промышленное значение, перечислены в разделе 3.1. Общая структура производства конструкционных пластмасс и синтетических смол, сложившаяся в настоящее время в ряде стран, характеризуется следующими данными (в %):

Конструкционные пластмассы	53,5—62
термопласты	51—60
реактопласты	2—2,5

Синтетические смолы и пластмассы для волокон, покрытий и пр.	38—46,5
термопласты	31—35
реактопласты	7—11,5

Сравнительно медленные темпы изменения структуры позволяют ориентировочно считать, что она сохранится в общих чертах такой же и до 2000 г. Главная особенность структуры производства пластмасс — преобладание объема производства всех термопластов по сравнению с реактопластами. Объем производства реактопластов на основе феноло-формальдегидных и карбамидных смол для изготовления деталей от общего объема пластмасс составляет 2—2,5%, остальной объем составляют терморепактивные смолы для пропитки, компаунды, клеи, герметики и т. д.

Структура производства пластмасс в отдельных крупных регионах, таких как США, Япония, интересна тем, что дает материал для статистики и прогнозов, так как в незначительной степени зависит от экспортно-импортных поставок (практически все пластмассы в этих странах используются для удовлетворения внутренних нужд). Структура производства пластмасс в США и Японии приведена в табл. 3.8.

Крупнотоннажные материалы — полиолефины, поливинилхлорид, полистирольные пластики — составляют группу пластмасс общетехнического назначения (раздел 3.1). Их применяют главным образом для изготовления малонагруженных деталей, работающих при невысоких температурах, товаров хозяйственного обихода, различных видов тары и упаковки, изделий культурно-бытового назначения, спортивного инвентаря, пленок, строительных деталей, изделий санитарно-технического назначения, трубопроводов различного назначения, шлангов, листов, покрытия кабеля и др. Сферы потребления этих материалов настолько емки, что еще достаточно далеки от насыщения, поэтому сбыт этих материалов в ближайшие десятилетия будет достаточно стабильным. Их применение в новых сферах не требует существенных капитальных вложений и значительного изменения существующего уровня техники в сфере их применения.

Из приведенных в табл. 3.8 данных видно, что в общем объеме производства пластмасс основной объем составляют полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирольные пластики. Эти пластмассы останутся крупнотоннажными и в ближайшие десятилетия, и объем их производства будет составлять 70—85% от объема производства всех термопластов (табл. 3.7).

Характерная тенденция структуры мирового производства пластмасс — непрерывное увеличение по объему производства во всех странах пластмасс группы крупнотоннажных: полиэтиленов, полипропилена, поливинилхлорида, полистирольных пластиков. Однако это увеличение в предстоящие десятилетия стабилизируется и к 2000 году объем производства крупнотоннажных пла-

стиков от объема термопластов составит примерно 70—85% в мировом производстве и в производстве экономически развитых стран. Внутри группы крупнотоннажных пластмасс также сложилось определенное соотношение объемов производства отдельных пластмасс.

В настоящее время основной объем производства пластмасс приходится на следующие регионы мира: США, Западная Европа, Япония.

Различия в структуре объемов производства отдельных полимеров и материалов на их основе по мере увеличения объема производства пластмасс в этих регионах постепенно уменьшаются. В последние годы намечается тенденция увеличения производства крупнотоннажных пластмасс в нефтедобывающих странах.

С 60-х годов наряду с производством крупнотоннажных пластмасс стало развиваться производство пластмасс инженерно-технического назначения (см. раздел 3.1). Они успешно конкурируют с металлами и другими дефицитными материалами, так как характеризуются по сравнению с другими термопластами более высокими прочностными свойствами, теплостойкостью, меньшей деформируемостью под действием нагрузок. Эти материалы работают при более высоких температурах, характеризуются хорошими антифрикционными свойствами, на их основе создают многие композиционные материалы, в том числе с повышенной огнестойкостью (гл. 4). Их применяют главным образом для изготовления деталей, которые ранее получали из алюминия и цветных металлов. Стоимость таких деталей из пластмасс примерно на 20% меньше стоимости деталей из алюминия и на 45% меньше стоимости деталей из цинка.

Инженерно-технические пластмассы существенно повышают эффективность ведущих отраслей народного хозяйства: электротехники, электроники, приборостроения, средств связи, машиностроения, автомобилестроения, средств транспорта, так как снижается стоимость материалов, используемых для получения деталей, энергетические затраты и трудоемкость изготовления деталей, увеличивается надежность машин и агрегатов от снижения массы и, следовательно, снижаются энергозатраты на эксплуатацию облегченных конструкций по сравнению с традиционными материалами.

Основное производство конструкционных пластмасс инженерно-технического назначения сосредоточено в трех регионах: США, Западной Европе и Японии. Производство конструкционных пластмасс инженерно-технического назначения в настоящее время имеет тенденцию концентрироваться в экономически развитых странах в фирмах, которые раньше выпускали крупнотоннажные пластики. Например, фирма «Дженерал электрик» (США) производит 25% мирового производства инженерно-технических пластиков, «Дюпон» (США) — 12%, «Байер» (ФРГ) — 12%, «Силанез» (США) — 13%.

Таблица 3.7. Объем и структура производства крупнотоннажных пластмасс

В числителе — объем выпуска пластмассы, тыс. т, в знаменателе — доля ее выпуска от общего объема производства пластмасс, %

Пластмассы	США			Япония			ФРГ			
	1983 г.	1985 г.	1995 г.	1985 г.	1995 г.	2000 г.	1985 г.	1995 г.	2000 г.	
	тыс. т	%	%	тыс. т	%	%	тыс. т	%	%	
Полиэтилен	6226 39	6800 37,6	12 000 40,5	15 000 44	1950 29,4	3000 31	3400 30,2	1660 31,6	2320 30,7	2650 31
Полипропилен	1965 12,4	2250 12,4	4150 14,0	5200 14,3	1100 16,5	1520 15,6	1740 15,5	380 7,25	590 7,8	680 7,6
Поливинилхлорид	3131 19,7	3200 17,7	4300 14,5	4850 13,3	1450 21,8	1880 19,3	2075 18,5	1250 23,7	1650 21,8	1850 21,8
Полстирольные пластики	2439 15,4	2750 15,2	4000 13,5	4650 12,8	1400 21	2130 22	2500 21,2	670 12,8	830 11	910 10,7
Итого, тыс. т	13 757	14 650	24 450	29 700	5990	8530	9715	3960	5390	6090
Всего термопластов, тыс. т	15 821	18 100	29 700	36 400	6650	9700	11 250	5250	7550	8500
Доля крупнотоннажных термопластов от общего объема производства термопластов, %	86	83	82,5	81,5	90	88	87	75	71	71,6
Доля термопластов от общего объема пластмасс, %	87	86	87	88	77	78	78	75	71	71,6

Таблица 3.8. Прогноз производства пластмасс в США и Японии

I — объем производства, тыс. т; II — числитель: доля от общего объема производства, %; знаменатель: для термопластов — доля от объема производства термопластов, для терморезактивных материалов — от объема производства терморезактивных материалов, %

Пластмасса	1985 г.		1990 г.		1995 г.		2000 г.	
	I	II	I	II	I	II	I	II
США								
Всего	21 000	—	27 000	—	34 000	—	41 500	—
Термопласты	18 100	86	23 400	85,3	29 700	86,5	36 400	87,5
Полиэтилены	6 800	$\frac{32,4}{37,6}$	9 500	$\frac{35,2}{40,6}$	12 000	$\frac{35,3}{40,4}$	15 000	$\frac{36,1}{41,2}$
Полипропилен	2 250	$\frac{10,7}{12,4}$	3 150	$\frac{11,7}{13,5}$	4 150	$\frac{12,2}{14}$	5 200	$\frac{12,5}{14,3}$
Поливинилхлорид	3 200	$\frac{15,2}{17,7}$	3 800	$\frac{14,1}{16,3}$	4 300	$\frac{12,7}{14,5}$	4 850	$\frac{11,7}{13,3}$
Полистиролы	2 100	$\frac{10}{11,6}$	2 500	$\frac{9,3}{10,7}$	2 900	$\frac{8,5}{9,8}$	3 300	$\frac{8}{9,1}$
Сополимеры стирола	650	$\frac{3,1}{3,6}$	850	$\frac{3,14}{3,65}$	1 100	$\frac{3,2}{3,7}$	1 350	$\frac{3,3}{3,7}$
Поливинилацетат	370	$\frac{1,8}{2,05}$	450	$\frac{1,67}{1,92}$	570	$\frac{1,68}{1,92}$	640	$\frac{1,54}{1,76}$
Полиакрилаты	300	$\frac{1,4}{1,66}$	390	$\frac{1,45}{1,67}$	500	$\frac{1,47}{1,68}$	630	$\frac{1,52}{1,73}$
Полиамиды	200	$\frac{0,95}{1,1}$	270	$\frac{1}{1,17}$	350	$\frac{1,03}{1,18}$	450	$\frac{1,09}{1,24}$
Фторопласты	12	$\frac{0,057}{0,066}$	15	$\frac{0,055}{0,064}$	19	$\frac{0,056}{0,064}$	24	$\frac{0,058}{0,066}$
Поликарбонат	160	$\frac{0,76}{0,89}$	230	$\frac{0,85}{0,985}$	320	$\frac{0,94}{1,08}$	430	$\frac{1,04}{1,18}$
Полифениленоксид	126	$\frac{0,6}{0,7}$	200	$\frac{0,74}{0,856}$	300	$\frac{0,88}{1,01}$	450	$\frac{1,09}{1,24}$
Полифениленсульфид	15	$\frac{0,071}{0,083}$	30	$\frac{0,11}{0,12}$	60	$\frac{0,177}{0,2}$	100	$\frac{0,241}{0,274}$
Полисульфон	20	$\frac{0,095}{0,11}$	40	$\frac{0,148}{0,178}$	70	$\frac{0,206}{0,236}$	110	$\frac{0,265}{0,3}$
Полиалкилентерефталаты	35	$\frac{0,167}{0,19}$	—	—	159	$\frac{0,467}{0,535}$	—	—
Этролы	52	$\frac{0,25}{0,28}$	70	$\frac{0,26}{0,3}$	90	$\frac{0,265}{0,303}$	110	$\frac{0,265}{0,3}$

Продолжение табл. 3.8

Пластмасса	1985 г.		1990 г.		1995 г.		2000 г.	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Терморезактивные материалы	2 900	14	3 600	14,7	4 300	13,5	5 100	12,5
Феноло-формальдегидные	800	$\frac{3,8}{27,6}$	1 000	$\frac{3,7}{27,8}$	1 150	$\frac{3,4}{26,8}$	1 300	$\frac{3}{25,5}$
Карбамидные	750	$\frac{3,6}{25,8}$	900	$\frac{3,3}{25}$	1 050	$\frac{3,1}{24,4}$	1 200	$\frac{2,9}{23,5}$
Алкидные	350	$\frac{1,67}{12,1}$	400	$\frac{1,48}{11,1}$	450	$\frac{1,32}{10,5}$	500	$\frac{1,2}{9,8}$
Ненасыщенные полиэферы	630	$\frac{3}{21,7}$	810	$\frac{3}{22,5}$	1 020	$\frac{3}{23,7}$	1 270	$\frac{3,06}{24,9}$
Эпоксидные смолы	200	$\frac{0,95}{6,9}$	260	$\frac{0,96}{7,2}$	330	$\frac{0,97}{7,7}$	410	$\frac{0,99}{8}$
Силиконовые	10	$\frac{0,048}{0,35}$	14	$\frac{0,052}{0,39}$	19	$\frac{0,056}{0,44}$	25	$\frac{0,06}{0,49}$
Пенополиуретаны	1 000	—	1 400	—	1 900	—	2 500	—
Япония								
Всего	8 600	—	10 500	—	12 500	—	14 400	—
Термопласты	6 650	78	8 120	77	9 700	77,5	11 200	78
Полиэтилены	1 950	$\frac{22,7}{29,3}$	2 490	$\frac{23,7}{30,7}$	3 000	$\frac{24}{30,9}$	3 400	$\frac{23,6}{30,4}$
Полипропилен	1 160	$\frac{13,5}{17,4}$	1 310	$\frac{12,5}{16,1}$	1 520	$\frac{12,2}{15,7}$	1 740	$\frac{12,1}{15,5}$
Поливинилхлорид	1 450	$\frac{16,9}{21,8}$	1 600	$\frac{15,2}{19,7}$	1 880	$\frac{15}{19,4}$	2 075	$\frac{14,4}{18,5}$
Полистирол и сополимеры стирола	1 400	$\frac{16,3}{21}$	1 750	$\frac{16,7}{21,5}$	2 130	$\frac{17}{22}$	2 500	$\frac{17,4}{22,3}$
Полиметилметакрилат	130	$\frac{1,5}{1,95}$	170	$\frac{1,62}{2,09}$	210	$\frac{1,68}{2,16}$	250	$\frac{1,74}{2,23}$
Полиамиды	80	$\frac{0,93}{1,2}$	120	$\frac{1,14}{1,48}$	155	$\frac{1,24}{1,6}$	190	$\frac{1,32}{1,7}$
Поликарбонат	45	$\frac{0,52}{0,68}$	65	$\frac{0,62}{0,8}$	90	$\frac{0,72}{0,98}$	120	$\frac{0,83}{1,07}$
Терморезактивные материалы	1 950	22	2 380	23	2 800	22,3	3 150	22
Феноло-формальдегидные	320	$\frac{3,7}{16,4}$	385	$\frac{3,7}{16,2}$	460	$\frac{3,7}{16,4}$	530	$\frac{3,7}{16,8}$

Продолжение табл. 3.8

Пластмасса	1985 г.		1990 г.		1995 г.		2000 г.	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Карбамидные	800	$\frac{9,3}{41}$	1 060	$\frac{10,1}{44,5}$	1 090	$\frac{8,7}{39}$	1 200	$\frac{8,3}{38}$
Ненасыщенные полиэфирсы	220	$\frac{2,6}{11,3}$	270	$\frac{2,6}{11,3}$	325	$\frac{2,6}{11,6}$	380	$\frac{2,6}{12,1}$
Эпоксидные смолы	70	$\frac{0,81}{3,6}$	100	$\frac{0,95}{4,2}$	140	$\frac{1,1}{5}$	180	$\frac{1,25}{5,7}$
Пенополиуретаны	250	—	300	—	355	—	405	—

Производство крупнотоннажных пластмасс в целом характеризуется высокими темпами роста — в 1980—1985 гг. в среднем 5—6% в год; ожидается, что до 2000 г. рост объема выпуска будет составлять в среднем 4,5—5% в год. Производство пластмасс инженерно-технического назначения развивается еще более быстрыми темпами. В 1980—1985 гг. годовой прирост объема их выпуска составлял 7—10%, к 2000 г. он составит в среднем не менее 5—9%. Приведенные темпы роста объема производства конструкционных пластмасс инженерно-технического назначения усреднены и могут существенно меняться, так, в течение 1975—1985 гг. прирост

Таблица 3.9. Потребление основных видов пластмасс инженерно-технического назначения в различных регионах мира в 1983 г.

В числителе — объем потребления пластмассы, тыс. т, в знаменателе — доля от общего объема потребления пластмасс инженерно-технического назначения, %

Регион	Полиамиды	Поликарбонат	Полифениленоксид	Полиалкилентерефталаты	Полиформальдегид и сополимеры формальдегида	Итого
Западная Европа	200	75	59	19	43	396
	$\frac{50,5}{100}$	$\frac{19}{100}$	$\frac{14,9}{100}$	$\frac{4,8}{100}$	$\frac{10,9}{100}$	$\frac{100}{100}$
США	135	110	64	30	65	404
	$\frac{33,4}{100}$	$\frac{27,2}{100}$	$\frac{15,8}{100}$	$\frac{7,4}{100}$	$\frac{16,1}{100}$	$\frac{100}{100}$
Япония	108	37	57	25	36	263
	$\frac{41}{100}$	$\frac{14,1}{100}$	$\frac{21,7}{100}$	$\frac{9,5}{100}$	$\frac{13,7}{100}$	$\frac{100}{100}$
Канада, Южная Америка	57	28	26	9	17	137
	$\frac{41,6}{100}$	$\frac{20,4}{100}$	$\frac{19}{100}$	$\frac{6,6}{100}$	$\frac{12,4}{100}$	$\frac{100}{100}$
Итого:	500	250	206	83	161*	1200
	$\frac{42,4}{100}$	$\frac{21,2}{100}$	$\frac{15,7}{100}$	$\frac{7}{100}$	$\frac{13,6}{100}$	$\frac{100}{100}$

* По другим сведениям потребление составляет 180—190 тыс. т, а общие мощности по производству до 270 тыс. т.

производства отдельных пластмасс инженерно-технического назначения составлял 15—20% и удерживается на уровне вышеприведенных средних цифр. Предполагается, что в капиталистических странах Западной Европы вплоть до 2000 г. рост потребления конструкционных пластмасс инженерно-технического назначения будет в 3—4 раза превышать рост экономики в целом.

Прогноз показывает, что к 2000 г. объем производства конструкционных пластмасс инженерно-технического назначения в экономически развитых странах будет составлять не менее 5—9% от общего объема производства термопластов. В 70-е годы их производство составляло не более 1—1,5%, в 1983 г. объем их мирового потребления превысил 1200 тыс. т (табл. 3.9), а в 1984 г. составил 1350 тыс. т. Ожидается, что к 1988 г. их потребление будет на уровне 1,5 млн. т и к 2000 г. составит 4 млн. т.

Примерное современное соотношение объемов производства отдельных видов конструкционных пластмасс инженерно-технического назначения видно из данных по объему их производства от общего объема производства пластмасс инженерно-технического назначения (в %), приведенных ниже:

Полиамиды	35—50
Поликарбонат	14—30
Полифениленоксид	14—19
Полиформальдегид и сополимеры формальдегида	6—17
Полиалкилентерефталаты (ПБТФ, ПЭТФ)	6—10
Полисulfон	1—4
Прочие пластмассы (полиарилаты, полифениленсульфид и др.)	1—3

В настоящее время производство всех пластмасс, входящих в эту группу, интенсивно развивается, поэтому приведенные данные в ближайшие десятилетия могут существенно измениться.

Большой прогресс в ближайшем будущем намечается в создании полимерных смесей термопластов. Так, в США их производство в 1982 г. составило 1 млн. т, а в 1987 г. ожидается выпуск 2 млн. т этих материалов.

Многие полимеры перспективны для создания на их основе композиционных материалов с армирующими наполнителями (гл. 4). К основным полимерам, на основе которых создают эти материалы, относятся полиамиды, полиалкилентерефталаты (полибутилентерефталат, полиэтилентерефталат), полисульфон, полифениленоксид, поликарбонат, сополимеры формальдегида, полипропилен (табл. 3.10). Дальнейшее увеличение производства инженерно-технических пластиков приведет к росту объема композиционных материалов с армирующими наполнителями. Средние данные по выпуску композиционных материалов с армирующими наполнителями в % от объема выпуска пластмассы приведены ниже:

Полиамиды	30—40
в том числе полиамид 66	33—40

Полиамид 6	20—35
Полиамид 11 и 12	5—7
Полиалкилтерефталаты (ПБТФ, ПЭТФ)	70—90
Поликарбонат	7—15
Полиформальдегид и сополимеры формальдегида	5—7
Полипропилен	1,5—2
Полистирольные пластики	2

Примерная структура применения отдельных пластмасс общетехнического и инженерно-технического назначения в основных отраслях приведена в табл. 3.11. Области применения условно разбиты на три группы. Все пластмассы используют практически во всех отраслях. Основное различие между применением пластмасс общетехнического и инженерно-технического назначения состоит в том, что последние в меньшей степени используются в областях применения, относящихся к группе I. Однако это различие, очевидно, носит временный характер, связанный с более высокой стоимостью пластмасс инженерно-технического назначения и их большой дефицитностью.

В областях, относящихся к группе II, используют практически все пластмассы, но пластмассы общетехнического назначения используют для изготовления ненагруженных или малонагруженных изделий, не подвергающихся горячей стерилизации, деталей кожухов, тентов, поддерживающих элементов и других, а пластмассы инженерно-технического назначения — для изготовления силовых деталей, посуды и медицинских изделий, подлежащих горячей стерилизации, деталей домашних механизмов и приборов, требующих жесткости, размерной стабильности, нагруженных кожухов и корпусов. Детали из этих пластмасс имеют лучший товарный вид.

До 80% и более выпускаемого объема пластмасс инженерно-технического назначения применяется для изготовления изделий группы III. Эти пластмассы применяют главным образом для изготовления деталей, которые ранее получали из цветных металлов, стали. При этом детали из пластмасс инженерно-технического

Таблица 3.10. Объем производства композиционных материалов с армирующими наполнителями в США, тыс. т

Термопласт	1978 г.	1980 г.	1982 г.	1983 г. *
Полиамиды	19	30	40	48/35—40
Поликарбонат	5	7	7	8/7,3—15
Полиалкилтерефталаты (ПБТФ, ПЭТФ)	22	19	23	28/80—93
Полипропилен	34	30	28	32/1,7
Полистирольные пластики	14	12	11	13/2
Прочие	9	11	10	11/—
Всего	103	109	119	140

* В знаменателе — доля от общего объема производства пластмассы.

Таблица 3.11. Структура применения пластмасс по областям (% от общего выпуска пластмассы)

№ группы	Область применения	Средняя доля применения от объема применения крупноназначных пластмасс, % *										Средняя доля применения от объема применения пластмасс инженерно-технического назначения, % **		
		ПЭВП	ПЭНП	ПП	ПС	АВС	ПВХ	ПА	ПК	ПБТФ	ПФО		ПСФ	ПФ, СФ
I	Упаковка Игрушки Мебель	50	50	17	39	3	13	7	3	—	—	—	—	3,5
		2	2	4	6	—	2	3	—	—	—	—	—	—
		—	—	1	2	1	4	3	—	—	—	—	—	1,2
II	Предметы обихода, культурно-бытового назначения, для от- дыха, медицина	8	6	6	18	8	1	10	5	5	4	20	9	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
III	Строительство Транспорт Электротехника Приборы Машиностроение Прочие	12	3	1	9	17	50	3	5	5	4	25	15,2	
		—	—	15	3	17	6	29	12	25	14	20	17,7	
		3	5	1	1	7	8	13	16	36	17	5	14,6	
		—	—	3	9	20	1	6	15	20	55	3	14,8	
		—	—	—	—	9	—	10	5	—	3	10	16	11,7
		25	34	52**	13	18	12	19	7	9	3	9	—	—

* Перечисленные крупноназначные пластмассы составляют 82,5 % от общего объема выпуска термопластов.

** Перечисленные пластмассы инженерно-технического назначения составляют ~2,5 % от общего объема выпуска термопластов

** 20—25 % используется для изготовления нитей и волокон.

*** Большое значение объясняется тем, что для пластмасс этой группы не учтены все области применения

назначения не уступают деталям из традиционных материалов по прочности, надежности, стабильности размеров и пр.

Структура переработки пластмасс. Возможность высокопроизводительной переработки на серийном оборудовании — один из главных факторов, который наряду с эксплуатационными свойствами определяет темпы наращивания применения каждого серийного пластика.

Общая структура распределения пластмасс и синтетических смол по основным направлениям применения связана с общей структурой распределения их объемов по методам переработки (схема 3.2). Анализ данных по объемам переработки пластмасс различными методами в течение длительного периода указывает на стабильность общих соотношений. Анализ структуры распределения пластмасс по методам переработки позволяет указать возможные темпы наращивания потребления отдельных пластмасс в связи с развитием конкретных методов переработки.

Увеличение производства пластмасс инженерно-технического назначения в ближайшие 10—15 лет вызовет некоторую перестройку структуры переработки пластмасс и совершенствование качества оборудования.

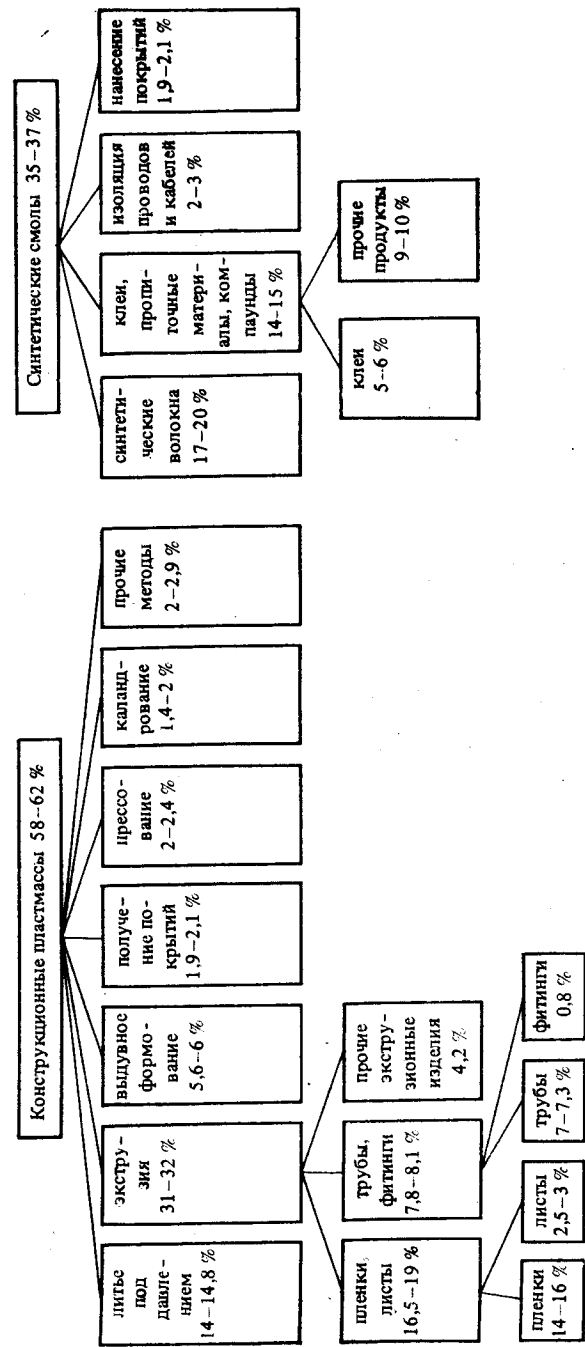
Для термопластов общетехнического назначения сложилась достаточно устойчивая структура производства изделий (переработки). Эта структура мало меняется в течение десятилетий. Литьем под давлением перерабатывается до 16% объема выпуска этих термопластов, экструзией 32% и примерно 52% — остальными способами. Для пластмасс инженерно-технического назначения структура переработки иная: литьем под давлением перерабатывается до 65—90%, экструзией до 20% и остальными способами 12—14% объема их выпуска (табл. 3.12). Таким образом, доля изделий из пластмасс инженерно-технического назначения составляет не более 12% от общего выпуска изделий, получаемых в настоящее время литьем под давлением.

Однако если объем производства пластмасс инженерно-технического назначения увеличится до 5%, то литьевые детали из этих пластмасс составят 20—22% от их общего выпуска (с учетом увеличения объемов производства других пластмасс).

Увеличение объемов переработки пластмасс инженерно-технического назначения потребует использования перерабатывающего оборудования с более высокими техническими показателями и уровнем управления, вызовет широкое внедрение машин с числовым программным управлением и создание машин с повышенной жесткостью конструкции для изготовления деталей прецизионного назначения. Расширение применения композиционных материалов с армирующими наполнителями потребует создания машин с упрочненными рабочими узлами.

Для увеличения объемов переработки конструкционных пластмасс нужна новая организация всего производства цехов по переработке, например, использование непрерывных сушильных уста-

Схема 3.2. Примерная структура потребления конструкционных пластмасс и синтетических смол по методам переработки (в % от общего объема выпуска пластмасс) *



* С учетом экспорта переработанных конструкционных пластмасс и синтетических смол, который составляет 3,5—4,5 %.

Таблица 3.12. Примерное распределение пластмасс по методам переработки (в % от общего объема выпуска пластмасс)

+ может применяться, — практически не применяется

Пластмасса	Литье под давлением	Экструзия				Выдавание	Получение покрытий	Прессование	Другие методы
		общий объем	трубы, фитинги	пленки, листы, профильные изделия	изоляция проводов				
Полиэтилен высокой плотности	25—30	25	10	5—6	2—3	37,5	—	+	Центробежное формование — 1 % Центробежное формование — 3,5—4 % Получение волокон — 26—35 %, возможна переработка центробежным формованием Получение вспененных изделий — 20 %, возможна переработка центробежным формованием, получение клея, лаков, компаундов, волокон
	7—10	65—70	1,5	58—60	3,5	0,6	—	+	
Полиэтилен низкой плотности	27—50	10—15	1,0	8—10	1,5	2,5	+	+	Получение волокон — 26—35 %, возможна переработка центробежным формованием Получение вспененных изделий — 20 %, возможна переработка центробежным формованием, получение клея, лаков, компаундов, волокон
	43—55	32	—	—	—	2,5	—	+	
АБС-пластики	50	43	13	30	—	—	—	—	Каладрование — 12 %, возможна переработка центробежным формованием, получение клея, лака, компаундов, волокон Возможно получение волокон Возможно получение лаков, лаков, компаундов То же
	80	20	35	8—10	6—7	2	—	+	
Поливинилхлорид	4—5	55	—	—	—	—	—	—	Каладрование — 12 %, возможна переработка центробежным формованием, получение клея, лака, компаундов, волокон Возможно получение волокон Возможно получение лаков, лаков, компаундов То же
	38	62	10	17,5	5	—	—	—	
Этролы	58	32	—	—	—	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	70—85	15	3	5	3	—	—	—	
Полиамид 66	70	22	3	12	7	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	90	6	2	2	5	—	—	—	
Полиамид 610	50—60	30	20	2	—	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	60	35	—	30	—	5	—	—	
Поликарбонат	90	10	4	—	—	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	90	10	2	2	2	62	—	—	
Полиформальдегид и сополимеры формальдегида	90	10	—	—	—	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	3	35	—	30	—	—	—	—	
Полиэтилентерефталат	100	—	—	—	—	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	90—95	5—10	2	5	—	—	—	—	
Полисульфон	80—90	15	—	19	—	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	10	—	—	—	—	—	—	—	
Феноласты и аминапласты	100	—	—	—	—	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	90—95	5—10	2	5	—	—	—	—	
Полиуретаны	80—90	15	—	19	—	—	—	—	Получение порошковых покрытий — 3 % Получение волокон Каладрование Получение волокон То же
	10	—	—	—	—	—	—	—	

Новок, автоматической подачи материала в герметичные бункеры пневмотранспортом. Большое значение приобретет рациональное конструирование оснастки, как один из наиболее важных элементов повышения производительности переработки, качества и стабильности свойств и размеров деталей, экономии сырья и т. д. В технике переработки экструзией потребуются создание для поликарбоната, полисульфона крупногабаритных листовальных агрегатов с высокими производительностью и мощностью для получения листов толщиной до 20—25 мм. Нужны будут агрегаты для получения фигурных двухслойных листов для парниковых покрытий и строительных перегородок, кабельные агрегаты для нанесения сверхтонких покрытий изоляции.

Увеличение объемов переработки пластмасс инженерно-технического назначения повлечет за собой расширение применения машин для получения многослойных пленочных и листовых материалов. Потребуется создание специальных агрегатов для получения стержней, труб из поликарбоната, полисульфона и других прочных пластмасс, особенно для производства тонких эластичных и сверхпрочных гибких шлангов.

В связи с развитием производства пластмасс инженерно-технического назначения большая перспектива открывается в создании сверхпрочных и облегченных материалов сэндвичевой конструкции, которые будут включать как полимерные, так и тонкие металлические и другие подложки и элементы. Это направление наряду с получением листовых полимерных материалов с изотропными наполнителями, предназначенных для штамповки, займет существенное место в сфере потребления. Для эффективной переработки пластмасс этими способами потребуется улучшение их качества, и в первую очередь их перерабатываемости. Это достигается получением базовых марок с узкими допусками показателей технологических свойств.

Глава 4

МАРОЧНЫЙ АССОРТИМЕНТ ПЛАСТМАСС

В настоящее время в мире производится несколько тысяч марок пластмасс.

Основой марочного ассортимента полимеров являются базовые марки, различающиеся вязкостью. На основе базовых марок полимеров получают композиционные материалы, которые в зависимости от цели их разработки можно разделить на две большие группы. К первой относятся марки с улучшенными технологическими свойствами, применение которых облегчает и интенсифицирует процессы переработки полимеров, обеспечивает получение сложных по конфигурации изделий. Ко второй группе относятся марки с улучшенными эксплуатационными свойствами, ко-

торые имеют по сравнению с базовыми более высокие показатели эксплуатационных свойств — одного или нескольких. Применение этих марок расширяет эксплуатационные возможности полимеров.

4.1. БАЗОВЫЕ МАРКИ

4.1.1. Назначение и эффективность применения

Каждый полимер перерабатывается разными методами в различные характерные группы изделий, существенно отличающиеся по конфигурации и размерам (схема 4.1).

Назначение базовых марок — обеспечить рациональную переработку полимера разными методами в разнообразные по конфигурации и размерам изделия на стандартном оборудовании с использованием оптимальных технологических режимов формования.

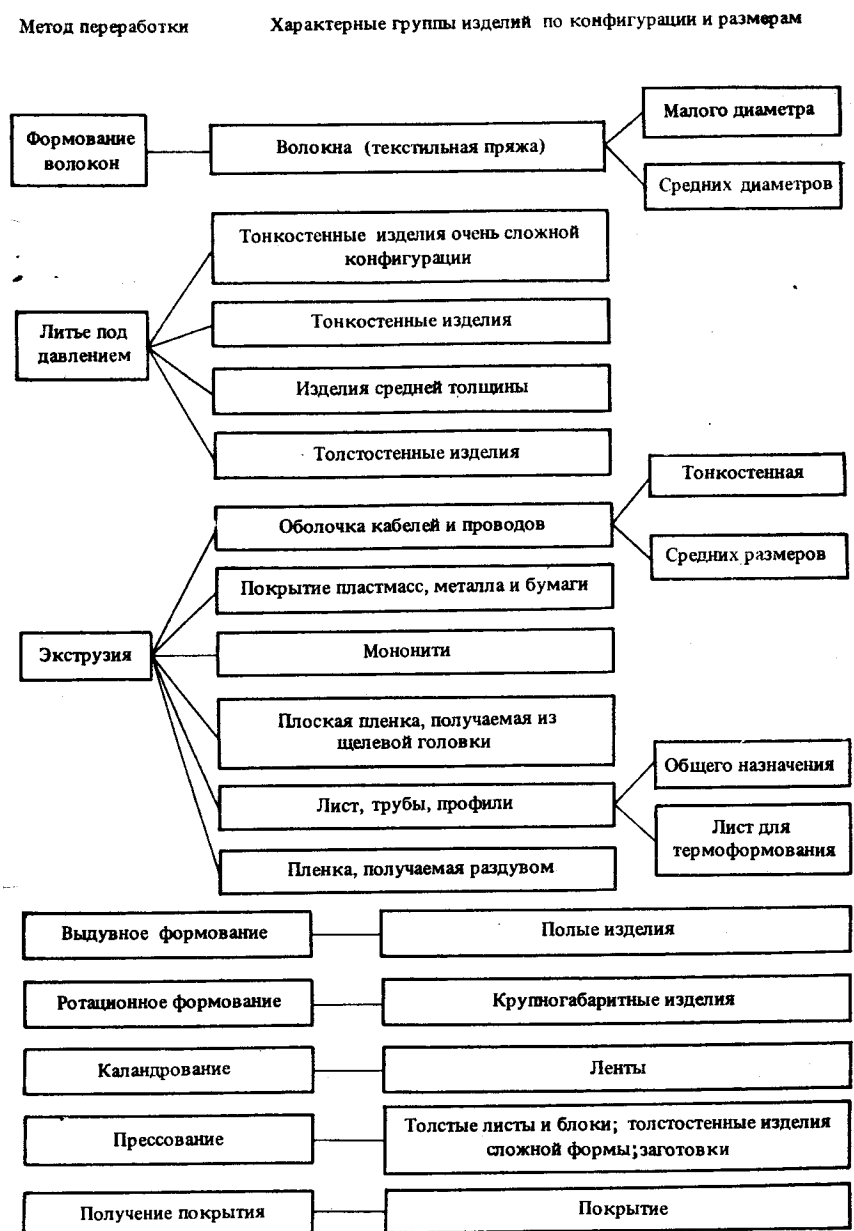
Базовые марки в зависимости от метода переработки делят на следующие группы: для формования волокон, для литья под давлением — литьевые, для экструзии — экструзионные, для пресования и др. (схема 4.2). Марки, предназначенные для разных методов переработки, различаются по вязкости расплава полимера, так как гидродинамика процессов формования каждого метода переработки требует определенной вязкости.

Группа марок, предназначенных для одного метода переработки, включает марки, предназначенные для получения изделий разных характерных групп (см. схему 4.1, табл. 4.1). Они также различаются по вязкости, так как гидродинамика процессов формования изделий, различающихся по конфигурации и размерам, требует разного уровня вязкости. Например, для получения литьем под давлением тонкостенных изделий очень сложной конфигурации нужна очень низковязкая марка полимера, для тонкостенных — низковязкая, для изделий средней толщины — средневязкая, для толстостенных изделий — высоковязкая марка.

Повышение вязкости расплава при переходе от одной марки к другой — от низковязкой к более высоковязкой — достигается главным образом повышением молекулярной массы полимера.

Каждая литьевая марка с более высокой вязкостью (молекулярной массой) имеет и более высокие показатели отдельных эксплуатационных свойств, например, ударной вязкости, прочности при действии кратковременной и циклической нагрузки, жесткости, относительного удлинения, температуры хрупкости, стойкости к растрескиванию (рис. 4.1). Объясняется это тем, что литьевые марки имеют молекулярные массы в интервале $M_1—M_2$, в котором с увеличением молекулярной массы улучшаются эксплуатационные свойства полимера. Более высоковязкие марки полимера имеют лучшие показатели эксплуатационных свойств и их можно применять для изготовления более ответственных из-

Схема 4.1. Методы переработки и характерные группы изделий



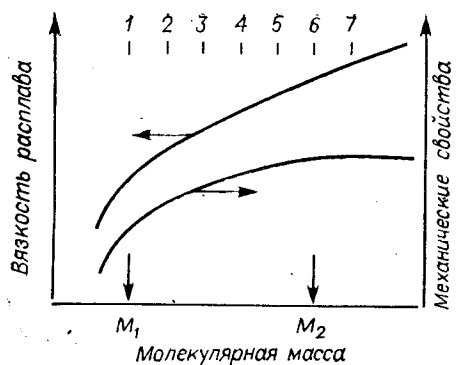


Рис. 4.1. Зависимость вязкости расплава и механических свойств от молекулярной массы полимера. Номера марок даны в соответствии со схемой 4.2.

делий, к которым предъявляют повышенные требования по эксплуатационным свойствам. Например, из высоковязкой марки ПА 12 можно получать литые изделия с высокой ударной прочностью, а из очень высоковязкой марки — изделия с особо высокой ударной прочностью (см.

табл. 4.1). Для многих полимеров (ПЭ, ПА, ПК, ПБТФ) повышение молекулярной массы особенно большое влияние оказывает на увеличение ударной прочности. Поэтому в классификацию марок с улучшенными эксплуатационными свойствами (см. раздел

Схема 4.2. Распределение базовых марок полимера по методам переработки в зависимости от вязкости

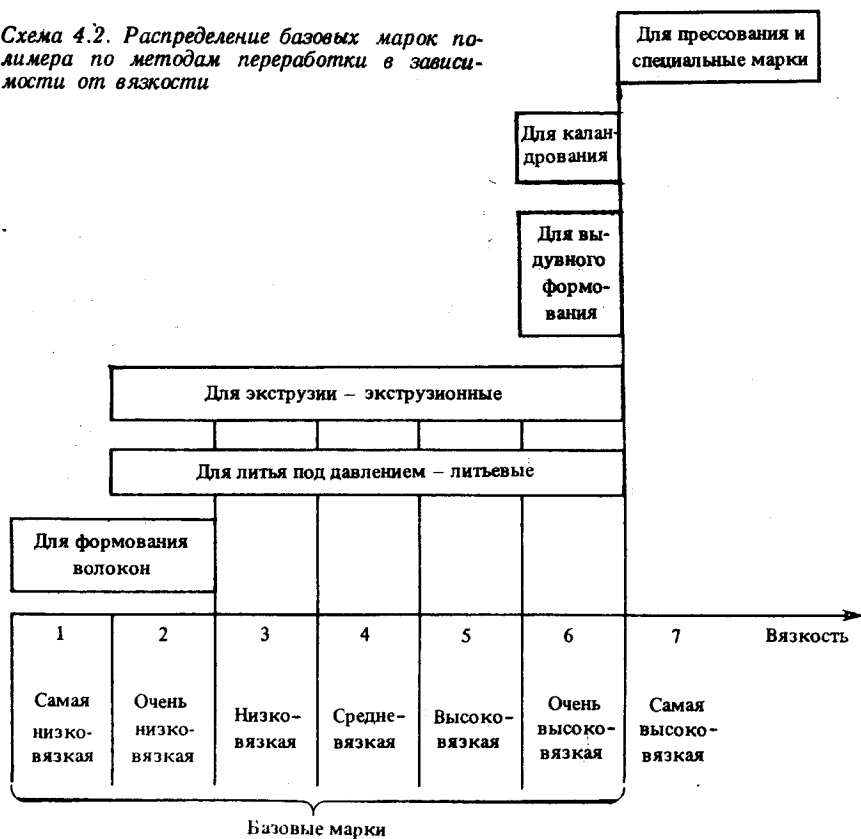


Таблица 4.1. Распределение базовых марок полимера по методам переработки и характерным группам изделий

Методы переработки	Базовые марки						
	1 самая низковязкая	2 очень низковязкая	3 низковязкая	4 средневязкая	5 высоковязкая	6 очень высоковязкая	7 самая высоковязкая
Формование волокон	Волокна малого диаметра	Волокна средних размеров	Тонкостенные изделия	Изделия средней толщины общего назначения	Толстостенные изделия с высокой ударной прочностью	Толстостенные изделия с особо высокой ударной прочностью	—
Литье под давлением	—	Тонкостенные изделия очень сложной конфигурации	Покрытие	Плоская пленка, получаемая из шелевой го-ловки	Листы, трубы, профильные изделия, монолит общего назначения; оболочка кабелей и проводов средних размеров	Пленка, полу-чаемая разду-вом; листы для термоформова-ния; напорные трубы, профили-руемые изделия повышенной прочности	Толстые листы и блоки, тол-стостенные изде-лия сложной формы, заготовки
Экструзия	—	Тонкостенная оболочка кабелей и проводов	Покрытие	Плоская пленка, получаемая из шелевой го-ловки	Листы, трубы, профильные изделия, монолит общего назначения; оболочка кабелей и проводов средних размеров	Полые изделия	—
Выдувное формование	—	—	—	—	—	Полые изделия	—
Каландрование	—	—	—	—	—	Ленты	—
Прессование	—	—	—	—	—	—	—
Получение покрытия	—	—	Покрытие	—	—	—	—

4.3.1) введен тип марки с повышенной ударной прочностью за счет увеличения молекулярной массы полимера $УП_{\text{мм}}$. Нижний предел интервала молекулярных масс, в котором создают базовые марки, ограничен молекулярной массой \bar{M}_1 , начиная с которой материал проявляет свойства высокомолекулярных соединений — имеет хорошие эксплуатационные свойства (см. рис. 4.1).

Справочные данные по базовым маркам полимеров, выпускаемым отечественной промышленностью и зарубежными фирмами, приведены в Приложениях 1, 2.

Эффективность применения базовых марок. При правильном подборе базовой марки в зависимости от метода переработки, конфигурации и размеров изделия, обеспечивается:

легкость формования полимера, так как вязкостные свойства полимера соответствуют параметрам применяемого перерабатывающего оборудования, конфигурации и размерам изделия;

возможность применения оптимальных технологических режимов формования для получения изделий, при которых изделия получают качественными по прочностным и деформационным свойствам, показателям точности, внешнему виду и другим эксплуатационным свойствам. При этом исключаются экстремальные режимы формования, например, завышенная температура полимера для повышения его текучести с целью улучшения заполнения литейной формы (завышенная температура может привести к деструкции полимера и получению бракованных изделий);

экономия полимеров, так как возможность применения оптимальных режимов формования исключает режимы, при которых происходит переуплотнение полимера в процессе формования, например, режимы с повышенным давлением литья, которые применяют для обеспечения заполнения полимером формы в случае, если вязкость полимера не соответствует размерам получаемого изделия;

сокращение времени на отработку технологических режимов формования непосредственно на перерабатывающем оборудовании и экономия полимера на отработку режимов, так как если обеспечен правильный подбор базовой марки полимера, можно применять рекомендуемые оптимальные режимы формования;

стабильность процесса переработки (исключается переналадка технологических режимов формования) и стабильность свойств получаемых изделий, т. к. базовые марки имеют узкие допустимые разбросы по вязкости (молекулярной массе);

максимальная реализация эксплуатационных свойств полимера в изделиях, так как последующая литейная марка имеет большую вязкость (молекулярную массу) и более высокие эксплуатационные свойства и может применяться для изготовления более ответственных изделий;

возможность переработки полимера на машинах с системами автоматического управления, так как марки имеют узкие допустимые разбросы по вязкости, в пределах которых колебания вяз-

кости могут компенсироваться в процессе формования регулированием основных параметров формования (например, давления) с помощью систем автоматического управления.

Минимизация числа базовых марок полимера по вязкости производится для создания рационального ассортимента марок, так как по объему выпуска марки должны быть крупнотоннажными, но при этом обеспечивать получение изделий разными методами переработки и всего характерного ассортимента.

Минимизация общего числа базовых марок достигается в два этапа. На первом минимизируют число марок, предназначенных для каждого метода переработки. Это достигается тем, что изделия всего характерного ассортимента каждого метода переработки формируют в группы подобных изделий таким образом, что для их изготовления можно применять одну марку полимера по вязкости.

На втором этапе минимизации вязкостные параметры марок, предназначенных для переработки разными методами и в различные характерные группы изделий, корректируют таким образом, что для получения различных характерных групп изделий, относящихся к разным методам переработки, можно применять одну марку полимера по вязкости (см. табл. 4.1). Например, для формования волокон общего назначения, литья под давлением тонкостенных изделий очень сложной конфигурации, получения экструзированной тонкостенной оболочки кабелей и проводов можно применять одну марку полимера по вязкости. При таком рациональном подходе 5—7 базовых марок полимера по вязкости обеспечивают его переработку разными методами и изделия различных характерных групп.

4.1.2. Выбор базовых марок для литья под давлением

В табл. 4.1 даны лишь общие рекомендации по применению базовых марок полимеров для изготовления литейных изделий. Конкретные рекомендации должны учитывать размеры изделий и параметры применяемого перерабатывающего оборудования.

Литьем под давлением получают широкий ассортимент изделий по размерам, которые можно характеризовать толщиной h и отношением длины к толщине L/h . Каждый типоразмер литейной машины характеризуется объемом впрыска за цикл v (объем отливки), давлением литья $P_{\text{л}}$, объемной скоростью впрыска Q и другими параметрами и кроме того определенным ассортиментом получаемых изделий по толщине h (схема 4.3). На литейных машинах с малым объемом впрыска v получают изделия с меньшей толщиной, чем на литейных машинах с большим v . Для каждого типоразмера литейной машины можно выделить также характерный ассортимент изделий по отношению длины к толщине L/h (табл. 4.2).

Литейные изделия характерного ассортимента для всей гаммы литейных машин (включая все типоразмеры машин) унифицируют

Таблица 4.4. Рекомендации по выбору марок полимеров (ПТР) для разных групп изделий

Поликарбонат

I. Группы изделий по толщине h (в мм)

$v, \text{см}^3$	Группа по h			
	1	2	3	4
16	0,9—1,0	1,01—1,2	1,21—1,4	>1,4
32	1,0—1,1	1,11—1,3	1,31—1,6	>1,6
63	1,2—1,3	1,31—1,5	1,51—1,8	>1,8
125	1,4—1,5	1,51—1,8	1,81—2,1	>2,1
250	1,6—1,8	1,81—2,1	2,11—2,5	>2,5
500	1,8—2,1	2,11—2,5	2,51—2,9	>2,9
1000	2,1—2,5	2,51—3,0	3,01—3,5	>3,5

II. Группы изделий по отношению L/h

$v, \text{см}^3$	1-я группа по h						
	1	2	3	4	5	6	7
16	140—96	95—67	66—46	45—32	31—22	21—15	<15
32	165—114	113—79	78—54	53—38	37—26	25—17	<17
63	180—124	123—86	85—59	58—41	40—29	28—19	<19
125	205—141	140—98	97—67	66—47	46—32	31—22	<22
250	240—166	165—114	113—79	78—55	54—38	37—26	<26
500	280—193	192—133	132—92	91—64	63—44	43—30	<30
1000	315—217	216—150	149—103	102—71	70—49	48—34	<34

$v, \text{см}^3$	2-я группа по h					
	1	2	3	4	5	6
16	124—86	85—59	58—41	40—29	28—19	<19
32	149—103	102—71	70—49	48—34	33—23	<23
63	168—116	115—80	79—55	54—38	37—26	<26
125	191—132	131—91	90—63	62—44	43—30	<30
250	211—146	145—100	99—69	68—48	47—33	<33
500	238—164	163—113	112—78	77—54	53—37	<37
1000	264—182	181—126	125—86	85—60	59—40	<40

$v, \text{см}^3$	3-я группа по h					4-я группа по h			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
16	103—71	70—49	48—34	33—23	<23	88—61	60—42	41—29	<29
32	126—87	86—60	59—41	40—28	<28	103—71	70—49	48—34	<34
63	145—100	99—69	68—48	47—33	<33	121—84	83—58	57—40	<40
125	160—110	109—76	75—52	51—36	<36	137—95	94—65	64—44	<44
250	181—125	124—86	85—59	58—40	<40	152—105	104—73	72—50	<50
500	200—138	137—95	94—65	64—45	<45	172—119	118—82	81—56	<56
1000	220—152	151—105	104—72	71—50	<50	188—130	129—90	89—62	<62

Продолжение табл. 4.4

III. Группа по ПТР в зависимости от группы изделий по h и L/h

Группа по h	1	2	3	4
Группа по L/h	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4
Группа по ПТР	— — — 1 2 3 4	— — 1 2 3 4	— 1 2 3 4	1 2 3 4

IV. Интервалы ПТР ($T = 280^\circ\text{C}$, $P = 21,19\text{H}$)

Группа по ПТР	1	2	3	4
ПТР	27—16,4	16,3—9,9	9,8—5,9	5,8—3,5

Полиамид 12

I. Группы изделий по толщине h (в мм)

$v, \text{см}^3$	Группа по h			$v, \text{см}^3$	Группа по h		
	1	2	3		1	2	3
16	0,9—1,0	1,01—1,3	>1,3	250	1,6—1,9	1,91—2,3	>2,3
32	1,0—1,2	1,21—1,5	>1,5	500	1,8—2,2	2,21—2,7	>2,7
63	1,2—1,4	1,41—1,7	>1,7	1000	2,1—2,7	2,71—3,3	>3,3
125	1,4—1,6	1,61—1,9	>1,9				

II. Группы изделий по отношению L/h

$v, \text{см}^3$	1-я группа по h			
	1	2	3	4
16	140—88	87—55	54—34	<34
32	165—103	102—64	63—40	<40
63	180—113	112—70	69—44	<44
125	205—129	128—80	79—50	<50
250	240—150	149—94	93—59	<59
500	280—175	174—109	108—68	<68
1000	315—197	169—123	122—77	<77

$v, \text{см}^3$	2-я группа по h			3-я группа по h	
	1	2	3	1	2
16	124—78	77—48	<48	95—60	<60
32	137—86	85—53	<53	109—69	<69
63	156—98	97—60	<60	128—81	<81
125	180—113	112—70	<70	150—95	<95
250	200—125	124—78	<78	165—104	<104
500	227—142	141—89	<89	185—116	<116
1000	244—153	152—95	<95	200—125	<125

Продолжение табл. 4.4

III. Группы по ПТР в зависимости от группы изделий по h и L/h

Группа по h	1	2	3
Группа по L/h	1 2 3 4	1 2 3	1 2
Группа по ПТР	- 1 2 3	1 2 3	2 3

IV. Интервалы по ПТР ($T = 235^\circ\text{C}$, $P = 21,19\text{H}$)

Группа по ПТР	1	2	3
ПТР	14,0—6,3	6,2—2,8	2,7—1,2

Полиамид-610

I. Группы изделий по толщине h (в мм)

v , см ³	Группа по h			v , см ³	Группа по h		
	1	2	3		1	2	3
16	0,9—1,0	1,01—1,3	>1,3	250	1,6—1,9	1,91—2,3	>2,3
32	1,0—1,2	1,21—1,5	>1,5	500	1,8—2,2	2,21—2,7	>2,7
63	1,2—1,4	1,41—1,7	>1,7	1000	2,1—2,6	2,61—3,2	>3,2
125	1,4—1,6	1,61—1,9	>1,9				

II. Группы изделий по отношению L/h

v , см ³	1-я группа по h						
	1	2	3	4	5		
16	140—91	90—58	57—38	37—24	<24		
32	165—107	106—68	67—44	43—28	<28		
63	180—116	115—75	74—49	48—31	<31		
125	205—133	132—85	84—55	54—35	<35		
250	240—155	154—100	99—65	64—42	<42		
500	280—181	180—116	115—75	74—48	<48		
1000	315—203	202—130	129—84	84—54	<54		
v , см ³	2-я группа по h				3-я группа по h		
	1	2	3	4	1	2	3
16	124—80	79—51	50—33	<33	95—62	61—40	<40
32	137—89	88—57	56—37	<37	109—71	70—45	<45
63	156—101	100—65	64—42	<42	128—83	82—53	<53
125	180—116	115—75	74—48	<48	150—98	97—63	<63
250	200—130	129—83	82—53	<53	165—107	106—69	<69
500	227—147	146—95	94—61	<61	185—120	119—77	<77
1000	254—164	163—105	104—68	<68	206—133	132—85	<85

Продолжение табл. 4.4

III. Группы по ПТР в зависимости от группы изделий по h и L/h

Группа по h	1	2	3
Группа по L/h	1 2 3 4 5	1 2 3 4	1 2 3
Группа по ПТР	-- 1 2 3	- 1 2 3	1 2 3

IV. Интервалы по ПТР ($T = 235^\circ\text{C}$, $P = 21,19\text{H}$)

Группа по ПТР	1	2	3
ПТР	14—6,8	6,7—3,2	3,1—1,5

Полиамид 6

I. Группы изделий по толщине h (в мм)

v , см ³	Группа по h			v , см ³	Группа по h		
	1	2	3		1	2	3
16	0,9—1,1	1,11—1,3	>1,3	250	1,6—1,9	1,91—2,4	>2,4
32	1,0—1,2	1,21—1,5	>1,5	500	1,8—2,3	2,31—2,8	>2,8
63	1,2—1,4	1,41—1,7	>1,7	1000	2,1—2,7	2,71—3,4	>3,4
125	1,4—1,6	1,61—2,0	>2,0				

II. Группы изделий по отношению L/h

v , см ³	1-я группа по h				
	1	2	3	4	
16	140—85	84—51	50—30	<30	
32	165—100	99—60	59—36	<36	
63	180—109	108—66	65—40	<40	
125	205—125	124—75	74—45	<45	
250	240—146	145—88	87—53	<53	
500	280—170	169—103	102—62	<62	
1000	315—191	190—115	114—70	<70	
v , см ³	2-я группа по h			3-я группа по h	
	1	2	3	1	2
16	113—69	68—41	<41	95—58	<58
32	137—83	82—50	<50	109—67	<67
63	156—95	94—57	<57	128—78	<78
125	180—109	108—66	<66	143—87	<87
250	200—122	121—73	<73	158—96	<96
500	217—132	131—80	<80	179—109	<109
1000	244—149	148—90	<90	194—118	<118

Продолжение табл. 4.4

III. Группы по ПТР в зависимости от группы изделий по h и L/h

Группа по h	1	2	3
Группа по L/h	1 2 3 4	1 2 3	1 2
Группа по ПТР	— 1 2 3	1 2 3	2 3

IV. Интервалы по ПТР ($T = 235^\circ\text{C}$, $P = 11,77 \text{ Н}$)

Группа по ПТР	1	2	3
ПТР	22,0—11,5	11,4—5,9	5,8—3,0

Сополимеры формальдегида (СТД и СФД)

I. Группы изделий по толщине h (в мм)

u , см ³	Группа по h					
	1	2	3	4	5	
16	0,9—1,0	1,01—1,1	1,11—1,3	1,31—1,5		>1,5
32	1,0—1,1	1,11—1,3	1,31—1,5	1,51—1,7		>1,7
63	1,2—1,3	1,31—1,5	1,51—1,7	1,71—1,9		>1,9
125	1,4—1,5	1,51—1,7	1,71—1,9	1,91—2,2		>2,2
250	1,6—1,8	1,81—2,0	2,01—2,3	2,31—2,7		>2,7
500	1,8—2,1	2,11—2,4	2,41—2,7	2,71—3,1		>3,1
1000	2,1—2,4	2,41—2,8	2,81—3,3	3,31—3,8		>3,8

II. Группы изделий по отношению L/h

u , см ³	1-я группа по h							
	1	2	3	4	5	6	7	
16	140—103	102—75	74—55	54—40	39—29	28—21		<21
32	165—121	120—88	87—65	64—47	46—34	33—25		<25
63	180—132	131—96	95—70	69—50	49—36	35—26		<26
125	205—150	149—110	109—80	79—58	57—42	41—30		<30
250	240—176	175—128	127—94	93—68	67—50	49—36		<36
500	280—205	204—150	149—109	108—80	79—58	57—42		<42
1000	315—230	229—168	167—123	122—90	89—65	64—47		<47

u , см ³	2-я группа по h						
	1	2	3	4	5	6	
16	124—91	90—66	65—49	48—35	34—25		<25
32	149—109	108—80	79—58	57—42	41—31		<31
63	168—123	122—90	89—66	65—47	46—34		<34
125	191—140	139—102	101—75	74—54	53—40		<40
250	211—155	154—113	112—83	82—60	59—44		<44
500	238—174	173—127	126—93	92—67	66—50		<50
1000	275—201	200—147	146—107	106—78	77—57		<57

Продолжение табл. 4.4

u , см ³	3-я группа по h				
	1	2	3	4	5
16	113—83	82—61	60—44	43—32	<32
32	126—93	92—68	67—49	48—35	<35
63	145—106	105—78	77—57	56—40	<40
125	169—124	123—90	89—66	65—48	<48
250	190—139	138—102	101—74	73—54	<54
500	208—153	152—112	111—82	81—60	<60
1000	235—172	171—126	125—92	91—67	<67

u , см ³	4-я группа по h				5-я группа		
	1	2	3	4	1	2	3
16	96—70	69—49	48—38	<38	83—61	60—45	<45
32	109—80	79—59	58—43	<43	98—71	70—52	<52
63	128—94	93—69	68—50	<50	115—84	83—62	<62
125	151—111	110—79	78—59	<59	130—96	95—70	<70
250	165—121	120—89	88—65	<65	141—103	102—75	<75
500	185—136	135—99	98—73	<73	161—118	117—86	<86
1000	200—146	145—107	106—78	<78	174—127	126—93	<93

III. Марки полимера в зависимости от группы изделий по h и L/h

Для СТД цифра 1 обозначает марку СТД-Б, 2 — СТД-В, 3 — СТД-А, 4 — СТД-Д и 5 — СТД-Г; для СФД цифра 1 обозначает марку СФД-Б, 2 — СФД-В, 3 — СФД-А и 4 — СФД-Д (Приложение 1)

Группа по h	1	2	3	4	5
Группа по L/h	1 2 3 4 5 6 7	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4	1 2 3
Марка СТД	— 1 2 3 4 5	— 1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	2 3 4 5	3 4 5
Марка СФД	— — — 1 2 3 4	— — 1 2 3 4	— 1 2 3 4	1 2 3 4	2 3 4

1. Определяют толщину изделия h . Изделие может иметь разную толщину по длине. Такое изделие заменяют эквивалентным равнотолщинным изделием с толщиной h_0 и длиной L , равной длине изделия. Толщину h_0 рассчитывают по формуле

$$h_0 = \frac{\sum h_i L_i}{\sum L_i}$$

где h_i и L_i — толщина и длина отдельных (различающихся по толщине) участков изделия.

В зависимости от толщины изделия h (или h_0) и выбранного для изготовления изделий типоразмера литьевой машины по схеме 4.3 определяют номер группы, к которой относится изделие по толщине h .

2. Определяют отношение длины изделия к толщине L/h или L/h_0 . В зависимости от отношения L/h или L/h_0 и выбранного для

изготовления изделий типоразмера литьевой машины определяют номер группы, к которой изделие относится по отношению L/h (табл. 4.2).

3. Зная номера групп, к которым относится изделие по толщине h и по отношению L/h , подбирают по табл. 4.3 литьевую марку полимера (значение ПТР), которую можно применять для изготовления изделия.

Рекомендации по выбору марок полимеров для изготовления литьевых изделий в зависимости от их размеров и выбранного типоразмера литьевой машины приведены в табл. 4.4. Они даны для полимеров, которые имеют сравнительно узкие температурные интервалы переработки и поэтому их вязкостные параметры трудно регулировать изменением температуры. Для тех полимеров, которые в настоящее время не выпускаются в марочном ассортименте с достаточно узкими интервалами вязкости, вместо рекомендаций по маркам даны таковые по интервалам ПТР.

4.2. МАРКИ ПЛАСТМАСС С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Применение марок пластмасс с улучшенными технологическими свойствами обеспечивает получение сложных по конфигурации изделий, интенсификацию технологических процессов переработки и повышение качества изделий.

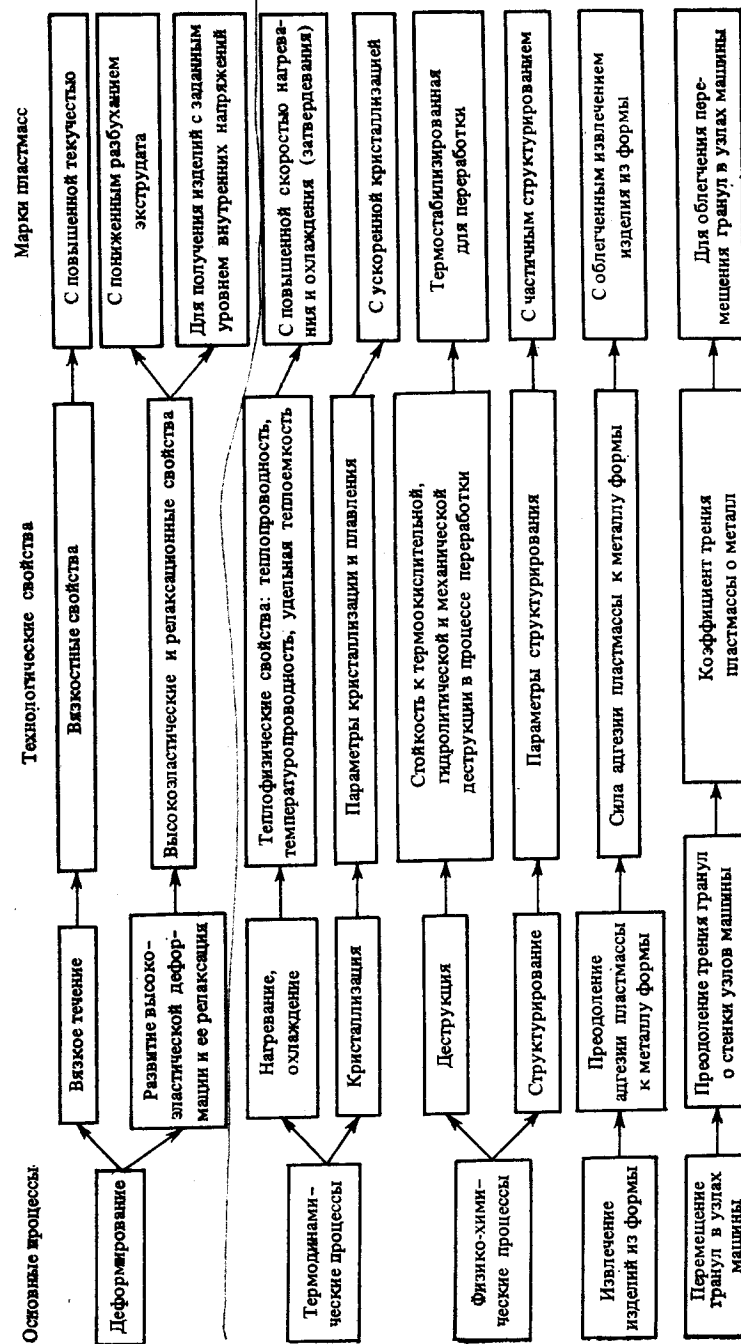
4.2.1. Назначение

На различных стадиях переработки полимеров одновременно или последовательно протекают различные физические и физико-химические процессы (схема 4.4). Для улучшения условий проведения этих процессов и интенсификации переработки создают марки пластмасс с улучшенными технологическими свойствами. Например, при извлечении литьевых изделий из формы выталкиватель преодолевает адгезию полимера к металлу формы. При формовании крупногабаритных изделий сложной конфигурации сила адгезии велика и поэтому выталкивание изделия из формы затруднено или невозможно. Для устранения этого недостатка — уменьшения адгезии полимера к металлу формы — создают марку пластмассы, характеризующуюся облегченным извлечением изделий из формы. Обычно этого достигают введением смазки.

Назначение различных типов марок пластмасс с улучшенными технологическими свойствами указано в табл. 4.5, а рекомендации по их применению для различных изделий даны в табл. 4.6.

Многофункциональное назначение имеют марки со смазками. По механизму действия на композицию смазки можно классифицировать на внутренние, внешние и внутренне-внешние. Внутренние смазки хорошо совмещаются с полимером и, изменяя силы когезии между полимерными цепями, снижают его вязкость (текучесть уменьшается).

Схема 4.4. Основные процессы, протекающие при переработке, технологические свойства, определяющие эти процессы, и типы марок пластмасс с улучшенными технологическими свойствами



86 Таблица 4.5. Назначение различных типов марок пластмасс с улучшенными технологическими свойствами и способы получения композиции

Тип марки	Механизм действия вводимой добавки	Назначение	Способ получения
С облегченным извлечением изделий из формы	Снижает адгезию композиции к металлу формы	Формование крупногабаритных изделий сложной конфигурации, глубоких, с поднутрениями, резкими переходами по толщине, с арматурой и мелких изделий в многогнездных формах без выталкивателей	Введение внешней и (или) внутренне-внешней смазки
С повышенной текучестью	Снижает вязкость расплава композиции	Получение тонкостенных изделий сложной конфигурации, тонкостенной оболочки кабелей и проводов, тонкостенных покрытий, тонких мононитей, переработка труднотекучих полимеров (например, ПВХ)	Введение внутренней смазки (пластификатора) и (или) внутренне-внешней смазки
Термостабилизированная для переработки	Уменьшает деструкцию композиции в процессе переработки под действием температуры, влаги и механических воздействий	Для обеспечения стабильности процесса переработки и свойств получаемых изделий. Для интенсификации режимов формования	Введение термостабилизатора
С ускоренной кристаллизацией	Ускоряет кристаллизацию полимеров в процессе охлаждения при формовании	Для ускоренной переработки кристаллизующихся полимеров (короткий цикл переработки) с получением изделий однородной мелкокристаллической структуры	Введение структурообразователя

Продолжение табл. 4.5

Тип марки	Механизм действия вводимой добавки	Назначение	Способ получения
С повышенной скоростью нагрева и охлаждения (затвердевания)	Ускоряет нагревание и охлаждение композиции при формовании за счет улучшения теплопроводности	Для ускоренной переработки композиции	Введение наполнителя, повышающего теплопроводность композиции
С частичным структурированием	Вызывает структурирование (сшивку) композиции	Для получения крупногабаритных изделий с повышенной жесткостью (формульностью)	Введение сшивающего агента
С пониженным разбуханием экструдата	Уменьшает высокоэластическую деформацию, возникающую при формовании композиции	Для получения погонажных экструзионных изделий (мононитей, профилей, труб, листов и др.) стабильных размеров	Введение смазки, снижение молекулярно-массового распределения полимера
Для облегчения перемещения гранул в узлах машины	Снижает трение гранул о стенки узлов машины	Для переработки композиций с анизотропным наполнителем (например, углеродное волокно) на литьевых машинах поршневого типа (на машинах этого типа наполнитель меньше размалывается)	Введение смазки

Таблица 4.6. Рекомендации по применению различных типов марок пластмасс с улучшенными технологическими свойствами для различных изделий

1 — с облегченным извлечением изделий из формы, 2 — с повышенной текучестью, 3 — термостабилизированная для переработки, 4 — с ускоренной кристаллизацией, 5 — с повышенной скоростью нагревания и охлаждения (затвердевания), 6 — с частичным структурированием, 7 — для получения изделий с заданным уровнем внутренних напряжений.

Характеристика изделия	Тип марки
Тонкостенные сложной конфигурации	1, 2, 3, 7
Тонкостенные с точечным литником	2, 3
Тонкостенные с утолщениями	1, 2, 3, 5
С поднутрениями, резкими переходами по толщине, глубокие, с арматурой, мелкие, получаемые в многогнездных формах без выталкивателей	1
Крупногабаритные	1, 4, 5
Крупногабаритные с повышенной формоустойчивостью	6
Толстостенные	4, 5
С повышенными требованиями по стабильности размеров и свойств	1, 4, 7
Малогабаритные, получаемые на литьевых машинах с большим впрыском за цикл (объемом отливки)	1, 3

Внутренние смазки обычно имеют пониженную молекулярную массу и содержат полярные функциональные группы (сложную эфирную, гидроксильную, карбоксильную, амидную и др.). Внешние смазки, плохо совмещаясь с полимером, мигрируют на его поверхность и практически не изменяют вязкость и механические свойства полимера. Они обычно имеют большую молекулярную массу и относятся к классу неполярных соединений. Большинство смазок — внешне-внутренние, т. е. совмещают свойства как внешних, так и внутренних смазок. На то, какой является смазка — внешней или внутренней, влияют тип полимера (главным образом, химическое строение, полярность) и смазки (главным образом, химическое строение, полярность и молекулярная масса), концентрация смазки, метод ее введения (равномерность распределения в полимере). В полимеры обычно вводят небольшие количества (0,1—2 %) смазки, так как ее избыток может ухудшить эксплуатационные свойства композиции и производительность оборудования из-за возникновения эффекта проскальзывания.

Внутренние (или внутренне-внешние) смазки вводят главным образом для улучшения текучести композиции, а внешние (или внутренне-внешние) для облегчения извлечения изделий из формы (см. табл. 4.5).

Введение смазок различных типов дает многочисленные положительные эффекты:

Тип смазки *

Улучшение текучести композиции и снижение напряжений сдвига при переработке, что обеспечивает снижение внутренних напряжений в изделиях, повышение стабильности размеров изделий за счет

1, 2, 4

снижения внутренних напряжений
уменьшение коробления изделий за счет снижения внутренних напряжений
уменьшение утяжин изделий за счет снижения возникающих при формовании перепадов давлений
уменьшение растрескивания изделий за счет снижения внутренних напряжений
уменьшение механодеструкции композиции при переработке и в результате этого улучшение прозрачности, цвета и блеска поверхности изделий
уменьшение расхода энергии, повышение скорости течения при формовании
уменьшение прилипания композиции к формирующему и рабочему инструменту, что обеспечивает: 2, 3, 4
легкость извлечения изделий из формы и улучшение блеска поверхности изделий
предотвращение прилипания расплава к шнеку, формирующей головке, валкам
улучшение скольжения, уменьшение термодеструкции
уменьшение водопоглощения композиции 1, 2, 3, 4
Повышение стабильности расплава за счет уменьшения
дополноконденсации, дополимеризации, сшивки, гидроролитической деструкции
Улучшение дисперсности 1, 2, 4
пигментов и улучшение равномерности окраски изделий
наполнителей и повышение стабильности свойств изделий
Повышение ударной прочности композиции 1, 2, 4
Снижение статического электричества (предотвращает 2, 3, 4
слипание пленок)
Улучшение сыпучести композиции 2, 3, 4
Улучшение возможности нанесения печати 2, 3, 4

* 1 — внутренняя; 2 — внутренне-внешняя; 3 — внешняя; 4 — комплексная.

В качестве смазок применяют:

1. Сложные эфиры.

1.1. Сложные эфиры жирных кислот (одноосновных) и спиртов.
1.1.1. Сложные эфиры жирных кислот (одноосновных) и высокомолекулярных одноатомных спиртов (например, стеарилстеарата, стеарил-бегената).

1.1.2. Полные эфиры жирных кислот (одноосновных) и многоатомных спиртов (например, дистеарат этиленгликоля, тристеарат глицерина, тетрастеарат пентаэритрита).

1.1.3. Неполные эфиры жирных кислот (одноосновных) и многоатомных спиртов (например, моностеарат этиленгликоля, моно- или дистеарат глицерина, ди- или тристеарат пентаэритрита).

1.2. Сложные эфиры жирных кислот (одноосновных) и многоатомных фенолов: полные эфиры (например, дистеарат дифенилолпропана) и неполные эфиры (например, моностеарат дифенилолпропана).

102 Таблица 4.7. Эффективность применения марок пластмасс с улучшенными технологическими свойствами

Тип марки	Показатели эффективности применения			
	расширение областей применения полимеров	интенсификация технологических процессов переработки	получение качественной и стабильной продукции	экономия полимеров
Соблегченным извлечением изделий из формы	Расширяется ассортимент получаемых изделий	Обеспечивается возможность работы литьевых машин в автоматическом режиме, снижается трудоемкость, обеспечивается возможность использования машин с ЧПУ и АСУТП	Исключается брак типа сколов, коробления, расщепления, возникающий при затрудненном извлечении изделий из формы, увеличивается выход годной продукции на 10—25 %	Экономия за счет снижения брака на 10—25 % и за счет снижения материалоемкости на 5—10 % в результате обеспечения возможности применения оптимальных режимов формования, исключая повышенные давления литья
С повышенной текучестью	Расширяется ассортимент получаемых изделий — обеспечивается возможность получения тонкостенных изделий	Повышается скорость течения при формовании, увеличивается производительность	Уменьшается брак за счет снижения коробления и усадки	Экономия за счет снижения брака до 10 %
Термостабилизированная для переработки		Исключается переналадка технологических режимов формования из-за нестабильности процесса в результате деструкции полимера	Обеспечивается качество и стабильность свойств получаемых изделий за счет уменьшения деструкции при переработке	Снижается брак до 10 %

Продолжение табл. 4.7.

Тип марки	Показатели эффективности применения			
	расширение областей применения полимеров	интенсификация технологических процессов переработки	получение качественной и стабильной продукции	экономия полимеров
С ускоренной кристаллизацией		Ускоряется цикл переработки до 10—15 %	Повышается стабильность свойств изделий при переменных технологических режимах формования	
С повышенной скоростью нагревания и охлаждения (затвердевания)		Ускоряется цикл переработки, повышается производительность до 10—25 %		
С частичным структурированием	Расширяется ассортимент получаемых изделий	Повышается производительность за счет извлечения изделий при более высоких температурах	Повышается формоустойчивость крупногабаритных изделий	Экономия за счет улучшения качества изделий и увеличения работоспособности на 10—15 %
С пониженным разбуханием экструдата		Обеспечивается возможность применения высоких скоростей экструзии	Обеспечивается стабильность размеров	Снижается брак до 10—15 %
Для облегчения перемещения гранул в узлах машины			Обеспечивается получение качественных изделий из композиций с анизотропным наполнителем	Снижается брак за счет бесперебойной работы пластикатора

1.3. Сложные эфиры двухосновных кислот и одноатомных спиртов (например, диоктилтерефталат).

2. Простые эфиры.

3. Воска — смесь преимущественно из эфиров высших ненасыщенных или насыщенных одноосновных (редко — двухосновных) карбоновых кислот с высокомолекулярными одноатомными (реже двухатомными) спиртами, а также всегда содержат свободные кислоты, спирты и часто углеводороды.

4. Углеводороды.

4.1. Парафины — предельные (насыщенные) углеводороды.

4.2. Низкомолекулярный полиэтилен.

5. Соли жирных кислот (например, стеараты кальция, цинка, бария, кадмия, натрия, лития, магния).

6. Амиды жирных кислот (например, так называемый стеарамидный воск).

7. Кремнеорганические жидкости.

7.1. Полиалкилсилоксановые (например, полиметилсилоксановые, полиэтилсилоксановые).

7.2. Полиметилфенилсилоксановые.

7.3. Производные силоксанов.

8. Другие соединения (жирные кислоты, высокомолекулярные спирты и прочие).

Перечень марок пластмасс с улучшенными технологическими свойствами, выпускаемых в промышленности, дан в Приложении 3.

4.2.2. Эффективность применения

Эффективность применения марок пластмасс с улучшенными технологическими свойствами показана в табл. 4.7.

4.3. МАРКИ ПЛАСТМАСС С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Базовые марки полимеров имеют ограниченные диапазоны эксплуатационных свойств. Для расширения эксплуатационных возможностей полимеров — обеспечения работоспособности в более тяжелых условиях эксплуатации (при действии повышенных механических и термических нагрузок, в условиях трения, при действии огня и др.) делают композиционные марки с улучшенными эксплуатационными свойствами. Эти марки расширяют диапазоны эксплуатационных свойств полимеров и в результате этого расширяют области их применения.

4.3.1. Назначение, классификация

Условия эксплуатации изделий разнообразны (схема 4.5). Назначение марок пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами — обеспечить или улучшить работоспособность пласт-

Схема 4.5. Основные условия эксплуатации пластмасс в изделиях и типы марок пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами



массы в заданных условиях эксплуатации, т. е. продлить срок службы пластмассы и обеспечить работоспособность при более жестких условиях эксплуатации (повышенная нагрузка, повышенная или пониженная температура, повышенное требование к антифрикционным, оптическим свойствам и пр.).

Требования к работоспособности пластмасс при разных условиях эксплуатации могут быть детализированы. Например, требования к работоспособности при действии механической нагрузки можно детализировать так: повышенная механическая прочность при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба, сжатия, повышенная жесткость или наоборот повышенная эластичность, повышенное сопротивление ползучести при действии длительной статической нагрузки, повышенная усталостная прочность при действии циклической нагрузки, повышенная твердость или повышенная ударная прочность. При действии термической нагрузки требования к работоспособности можно детализировать следующим образом: повышенная теплостойкость, повышенная морозостойкость. Аналогично можно детализировать требования к работоспособности полимеров при других условиях эксплуатации.

Классификация типов марок пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами и их обозначения приведены ниже.

1. С улучшенными механическими свойствами

1.1. Наполненные

С повышенной прочностью при разрыве и изгибе, пониженной ползучестью, повышенными усталостной прочностью, жесткостью и твердостью (прочность при сжатии может быть выше или ниже по сравнению с ненаполненным полимером) — с *анизотропным (армирующим) наполнителем*, стекловолокном НС; стекловолокном коротким НС_к; стекловолокном с повышенным усиливающим эффектом НС_у; углеродным волокном НУ_в; борным волокном НБ_в.

С повышенными жесткостью и твердостью (прочность при разрыве и изгибе может быть выше или ниже, чем для ненаполненного полимера) — с *дисперсным изотропным минеральным наполнителем*: каолином НК; тальком НТ; мелом (карбонат кальция) НМЛ; слюдой НСЛ; слюдой с повышенным усиливающим эффектом НСЛ_у; асбестом НА; аэросилом НАЭ; минеральным наполнителем (не конкретизируется) НМН.

С повышенной прочностью при сжатии, с повышенными жесткостью и твердостью (прочность при разрыве и изгибе может быть выше или ниже, чем для ненаполненного полимера) — *наполненные шариками и сферами*: стеклянными шариками НС_ш; бронзовыми шариками НБ_ш; полыми стеклянными сферами НПС.

Комбинированные: наполненные стекловолокном и тальком НС, НТ; стекловолокном и слюдой НС, НСЛ; стекловолокном и минеральным наполнителем НС, НМН; стекловолокном и стеклянными шариками НС, НС_ш.

1.2. Модифицированные другими полимерами, пластификаторами, сшивающими агентами и пр.

Ударопрочные УП: с повышенной ударной прочностью (общего назначения) УП; с повышенной ударной прочностью, сохраняющейся при низких температурах (морозостойкий) УП_м; с повышенной ударной прочностью в сухом состоянии (для гигроскопичных полимеров) УП_с; с повышенной ударной прочностью за счет увеличения молекулярной массы полимера УП_{мм}

С повышенной эластичностью (гибкостью) Э

» » жесткостью ЖС

» » твердостью ТВ

» » стойкостью к растрескиванию СРР

1.3. Комбинированные (сочетание типов 1.1 и 1.2): наполненные стекловолокном и с повышенной ударной прочностью НС, УП; наполненные стекловолокном коротким и с повышенной ударной прочностью НС_к, УП; наполненные тальком и с повышенной ударной прочностью НТ, УП; наполненные минеральным наполнителем и с повышенной ударной прочностью НМН, УП

2. С улучшенными термическими свойствами

С повышенной теплостойкостью ТС

» » морозостойкостью МР

3. С улучшенными антифрикционными свойствами — антифрикционные

Преимущественно с пониженным коэффициентом трения А_{кт}

Преимущественно с повышенной износостойкостью А_{изн}

С малым отличием статического и динамического коэффициентов трения А_{сд}

С графитом А (графит); дисульфидом молибдена А (MoS₂); политетрафторэтиленом А (ПТФЭ); тетрафторэтиленом А (ТФЭ); бронзовыми шариками А (бронзовые шарики); коксом А (кокс); полистиролом А (ПЭ); сульфатом бария А (СБ); углеродным волокном А (УВ); нитридом бора А (НБ)

4. С улучшенными электрическими свойствами

С улучшенными диэлектрическими свойствами ДЭ

С улучшенной электропроводностью ЭП введением: сажи ЭП (сажа); графита ЭП (графит); бронзы ЭП (бронза); железного порошка ЭП (железный порошок)

С улучшенной дуговой стойкостью ДС

» » искростойкостью ИСК

5. С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением

С улучшенной огнестойкостью ОГН: класс VI по стандарту UL 94 (ОГН₁); класс V0 по стандарту UL 94 (ОГН₂)

С пониженным дымовыделением ДВ

6. С улучшенными оптическими свойствами

С улучшенной прозрачностью ПР

Оптический для светотехники ОПТ

» » волоконной оптики ОВО

» » оптических изделий черного цвета ОЧЦ

» » линз, оболочек светопровода ОЛЗ

7. С пониженной плотностью

Вспенивающийся для улучшения теплозвукоизоляции и снижения плотности ВС

Вспенивающийся с улучшенным газоразтворением ВСГ

8. Пищевого назначения

Пищевого назначения (специализация не конкретизируется) ПЩ

Контактирующий с горячей питьевой водой ПВ_г

» » холодной питьевой водой ПВ_х

9. Медицинского назначения

Медицинского назначения (специализация не конкретизируется) МЦ

Контактирующий с органами человека (внутренней средой организма)

МЦ_{о.ч}

Контактирующий с биохимическими средами (кровь и пр.) МЦ_{б.с}

Способный рассасываться в организме человека (клей, швы и пр.) МЦ_{р.о}

МЦ_{у.м}

Медицинского назначения для упаковки медикаментов (контакт с лекарственными препаратами) МЦ_{у.м}

Медицинского назначения для медицинских инструментов (шприцы и пр.)

МЦ_{м.и}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Медицинского назначения для оправ и стекол очков и пр. (контакт с неповрежденной кожей) МЦ_{о.о}

Таблица 4.8. Рекомендации по применению различных типов марок пластмасс с улучшенными механическими свойствами

Тип марки	Характеристика изделий	Примеры применения	Области применения	Способ получения композиции	Полимеры, для которых наиболее характерен тип марки
Наполненные стекловолокном	Изделия с повышенными механической прочностью, жесткостью, стойкостью к ползучести, усталостной прочностью, твердостью, теплостойкостью, высокой точностью и стабильностью размеров (прецизионные)	Изделия, работающие под нагрузкой и при повышенных температурах, прецизионные: различного рода корпуса, кожухи, панели, плато, рамы, решетки, опоры, лопасти, крыльчатки, зубчатые колеса, катушки, бобины, шкивы, втулки, шпули, роторы, детали машин, оптических приборов, систем охлаждения, цоколи ламп, переключатели, тумблеры, ручки, крепеж, элементы мебели, облицовка и пр. Для замены цветных металлов (алюминия, цинка и др.).	Электротехника, электроника, автомобильная промышленность, машиностроение, судостроение, приборы бытового назначения	Введение стекловолокна	ПБТФ, ПЭТФ, ПА 6, ПА 66, ПК, ПСФ, ПФО, ПА 12, ПА 11, СФ, ПП
Наполненные углеродными волокнами	Изделия с особо высокими жесткостью, стойкостью к ползучести, высокими механической прочностью, усталостной прочностью, высокой точностью и стабильностью размеров (прецизионные), для которых особенно ва-	Детали самолетов, спутников, ракет, шестерни, подшипники карданного вала, теннисные ракетки, лыжи, лыжные палки, катушки для удочек, искусственные суставы и пр. Для замены металлических сплавов	Авиационно-космическая техника, спортивный инвентарь, автомобильная промышленность, медицина	Введение углеродного волокна	ПА 6, ПА 66, ПБТФ, ПСФ, ПЭС, ПК, ПФО
С минеральными дисперсными наполнителями	Изделия с повышенной жесткостью, пониженным короблением, хорошей точностью и стабильностью размеров, с хорошим качеством поверхности (гладкой и блестящей при введении мела и специального талька), с улучшенной дуго- и искростойкостью. Изделия с наилучшими показателями качество/цена	Корпуса бытовых, осветительных и электроприборов, насосов, теплообменников, аккумуляторов, фар, кожухи вентиляторов, воздухопроводы, облицовочные панели, крышки, решетки радиаторов, приборные щитки, детали интерьера кабины автомобиля, мебели, жидкостных насосов, вентиляторов, автомобильного двигателя, привода ременной передачи, текстильные бобины, ручки, заглушки, клапаны, медицинский инструмент, упаковка для пищевых продуктов, хозяйственных товаров, бытовой химии, профильно-погонажные изделия, безнапорные трубы, изоляция кабелей	Автомобильная промышленность, электротехника, электроника, приборостроение, санитарно-техническое оборудование, медицинская промышленность, приборы бытового назначения, мебель	Введение талька, мела, каолина, слюды, асбеста, аэросила и др.	ПП, ПЭ, ПВХ, ПА 6, АБС

Тип марки	Характеристика изделий	Примеры применения	Области применения	Способ получения композиции	Полимеры, для которых наиболее характерен тип марки
<p>Наполненные стеклянными шариками</p> <p>Комбинированные — наполненные стекловолокном и стеклянными шариками</p>	<p>Изделия с повышенной прочностью на сжатие, с особо высокой точностью и стабильностью размеров (прецизионные), с очень низким короблением, с высокой износостойкостью, с хорошим качеством поверхности и сложной формы</p> <p>Изделия с умеренно повышенной механической прочностью, жесткостью, стойкостью к ползучести, усталостной прочностью, повышенными твердостью, теплостойкостью, высокой точностью и стабильностью размеров (прецизионные), пониженным короблением и хорошим качеством поверхности</p>	<p>Крупногабаритные плоские изделия (например, рамы для зеркал), детали высокой точности для оптических приборов, циферблат часов, зубчатые рейки и колеса, подшипники, шестерни, втулки, кулачки-конечники, крыльчатка вентиляторов, лопасти мешалок и насосов, патроны, каркасы, корпуса микроскопа, телевизоров, стереосистем, бытовых приборов, коробочки для часов, отделка дверей автомобилей, термощупы</p> <p>Корпуса, детали машин и корпусов, приборные щитки, детали интерьера кабины автомобиля</p>	<p>Оптическая техника, электроника, машиностроение, автомобильная промышленность, приборы бытового назначения</p> <p>Машиностроение, автомобильная промышленность, электротехника, электроника</p>	<p>Введение стеклянных шариков</p> <p>Комбинированное введение стекловолокна и стеклянных шариков</p>	<p>ПА 6, ПА 66, ПА 12, ПА 11, ПБТФ, САН, ПП, ПС, АБС</p> <p>ПА 6, ПА 66, ПБТФ, АБС</p>
<p>Комбинированные — наполненные стекловолокном и минеральным наполнителем</p> <p>С повышенной ударной прочностью</p> <p>С повышенной ударной прочностью, сохраняющейся при пониженных температурах</p>	<p>Изделия с умеренно повышенной механической прочностью, жесткостью, стойкостью к ползучести, усталостной прочностью, теплостойкостью, высокой точностью и стабильностью размеров (прецизионные), пониженным короблением и хорошим качеством поверхности</p> <p>Изделия с высоким показателем качество/цена.</p> <p>Изделия с повышенной ударной прочностью при кратковременном ударном воздействии</p> <p>Изделия с повышенной ударной прочностью при кратковременном ударном воздействии, сохраняющейся при пониженных температурах</p>	<p>Корпуса насосов, стиральных машин, воздушные фильтры, части отопительной системы автомобилей, детали вентиляторов, обод грохота, детали машин</p> <p>Корпуса, работающие под ударной нагрузкой, подшипники, коробочки для инструментов, ролики и фурнитура для мебели</p> <p>Лыжные ботинки, детали лыжных креплений, ботинки для коньков, детали обуви, детали лыжных палок, защитные шлемы, корпуса, бамперы, детали кузова и части обшивки автомобиля, фланцы, зажимы, штифты, ролики и фурнитура для мебели, трубы, профильные изделия, листы, полые изделия</p>	<p>Электротехника, автомобильная промышленность, приборостроение, санитарно-техническое оборудование, приборы бытового назначения</p> <p>Электротехника, приборостроение, машиностроение, мебель</p> <p>Спортивный инвентарь, автомобильная промышленность, электротехника, приборостроение, судостроение, мебель</p>	<p>Комбинированное введение стекловолокна и минерального наполнителя</p> <p>Физическая модификация (смешение полимера) с эластомерами и другими полимерами с высокой ударной вязкостью; химическая модификация (сополимеризация)</p> <p>То же</p>	<p>ПП, ПА 6, ПА 66, ПБТФ, ПК, ПФО, ПЭТФ</p> <p>ПА 6, ПА 66, ПА 12, ПА 11, ПК, ПБТФ, СФ</p> <p>ПА 6, ПА 66, ПК, ПП</p>

Тип марки	Характеристика изделий	Примеры применения	Области применения	Способ получения композиции	Полимеры для которых наиболее характерен тип марки
С повышенной ударной прочностью, сохраняющейся в сухом состоянии	Изделия с повышенной ударной прочностью при кратковременном ударном воздействии, сохраняющейся в сухом состоянии	Корпуса, детали точных приборов, шпонки, скобы, фурнитура, ма-логабаритные детали	Приборостроение, машиностроение, электротехника	Физическая модификация (смешение полимера) с эластомерами и другими полимерами с высокой ударной вязкостью; химическая модификация (сополимеризация)	ПА 6, ПА 66
С повышенной эластичностью (гибкостью)	Изделия, способные к большому деформациям при приложении нагрузки и восстановлению формы после снятия нагрузки	Полугибкие и гибкие трубы, трубки, шланги для подачи масла, топлива, тормозной жидкости, воздуха, воды и пр., оболочка кабеля, металлических тросов, детали трубопроводов, соединения для кабелей, ленты, гибкие моноволокна, упругие мембраны, крышки, упругие детали переключателей, прокладки, уплотнения, крепеж, упругие головки молотков, подошвы спортивной обуви, воланы для бадминтона	Автомобильная промышленность, машиностроение, кабельная промышленность, инвентарь	Введение пластификатора; повышенное содержание мономеров; химическая модификация (сополимеризация)	ПА 12, ПА 11, ПА 6, ПЭ, ПВХ

К тепловому старению, УФ-лучам и горячей воде без ухудшения электрических свойств ТУФВ₉.

В атмосфере сухого и влажного воздуха ВСВ

12. С повышенной химической стойкостью

С повышенной химической стойкостью (специализация не конкретизируется)

XC

С повышенной стойкостью к воде (гидролизостойкий) Г

- » » » к моющим средствам МС
- » » » к меди МД
- » » » в атмосфере сухих газов СГ
- » » » к антифризам АФ
- » » » к бензину БЗ
- » » » к солидолу СД

13. С улучшенными антистатическими свойствами АНТ

14. С повышенной адгезионной способностью АД

15. С повышенной радиационной стойкостью РС

16. С повышенной газонепроницаемостью ГЗН

17. С повышенной стойкостью к термитам ТР

18. Фоторазрушаемый ФР

19. Рентгеноконтрастный РК

20. Тканезквивалентный ТК

21. Гальваностойкий ГС

22. Трингостойкий ТРН

Принципы маркировки композиционных пластмасс

Тип марки полимера пишется через дефис после сокращенного названия полимера. Например, ПА 6-Э — полиамид 6 с повышенной эластичностью.

После обозначения наполненных марок указывается процентное содержание наполнителя.

Например, ПК-НС 30 — поликарбонат, наполненный стекловолокном с содержанием 30 %.

Если полимер наполнен двумя наполнителями и известно их общее содержание, то оно указывается в скобках после обозначения второго наполнителя. Например, ПА 6-НС, НМН (40) — полиамид 6, наполненный стекловолокном и минеральным наполнителем, общее содержание которых составляет 40 %.

Марки с повышенной ударной прочностью за счет увеличения молекулярной массы полимера отличаются друг от друга цифрой в скобках после обозначения марки — чем больше цифра, тем выше ударная прочность за счет более высокой молекулярной массы. Марка с низкой молекулярной массой (ударная прочность ниже, чем у других марок) обозначается цифрой I в скобке после обозначения полимера.

Например, ПА 12 (I) — марка полиамида 12 со сравнительно низкой молекулярной массой;

ПА 12-УП_{ММ}(II) — марка ПА 12 с более высокой ударной прочностью, чем у ПА 12 (I); молекулярная масса у ПА 12-УП_{ММ}(II) больше, чем у ПА 12 (I);

ПА 12-УП_{ММ}(III) — марка ПА 12 с более высокой ударной прочностью, чем у ПА 12-УП_{ММ}(II); молекулярная масса у ПА 12-УП_{ММ}(III) больше, чем у ПА 12-УП_{ММ}(II);

ПА 12-УП_{ММ}(IV) — марка ПА 12 с более высокой ударной прочностью, чем у ПА 12-УП_{ММ}(III); молекулярная масса у ПА 12-УП_{ММ}(IV) больше, чем у ПА 12-УП_{ММ}(III).

Для марок многоцелевого назначения (одновременно изменяется несколько эксплуатационных свойств) обозначение каждого эксплуатационного свойства отделяется запятой. Например, ПА 12-НС 43, А (графит)—полиамид 12, наполненный стекловолокном с содержанием 43 % и с улучшенными антифрикционными свойствами (введением графита).

Марки одного типа, но с разным уровнем улучшения эксплуатационного свойства отличаются друг от друга подстрочными индексами — чем больше индекс, тем лучше значение изменяемого эксплуатационного свойства. Например,

ПА 12-Э₂ (полиамид 12 с повышенной эластичностью) имеет более низкий модуль упругости, чем ПА 12-Э₁ (эластичность хуже, чем у ПА 12-Э₂), а ПА 12-Э₃ имеет еще более низкий модуль упругости (эластичность лучше, чем у ПА 12-Э₂).

Рекомендации по применению различных типов марок пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами приведены в табл. 4.8.

В приложении 4 в соответствии с рассмотренной выше классификацией композиционных материалов в систематизированном виде приведен марочный ассортимент пластмасс, выпускаемых отечественной промышленностью и зарубежными фирмами.

4.3.2. Принципы разработки марок пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами

Для создания рационального марочного ассортимента какого-либо полимера проводят следующую работу.

1. Выявляют преобладающие эксплуатационные свойства, по которым полимер превосходит другие полимеры или является одним из лучших.

Например, преобладающие свойства ПК — сочетание высокой прочности, жесткости, стойкости к ползучести, твердости, сохраняющихся при высоких температурах, высокой ударной прочности, прозрачности и хорошей стабильности размеров изделий при эксплуатации.

2. Выявляют эксплуатационные свойства, которые сдерживают применение полимера.

Например, благодаря высокой прочности, низкой ползучести, хорошей жесткости, теплостойкости, хорошей ударной прочности и прозрачности ПК находит широкое применение для изготовления различного рода щитов, экранов, корпусов, деталей осветительной и сигнальной аппаратуры. Но недостаточная стойкость к УФ-лучам при тяжелых условиях эксплуатации сдерживает его применение в этих изделиях, когда они длительно работают на открытом воздухе. Поэтому для расширения областей применения ПК создают марку с улучшенной стойкостью к УФ-лучам, которая обеспечивает стойкость и сохранение свойств (механических, прозрачности) при УФ-облучении.

3. Анализируют влияние различных наполнителей, добавок и других полимеров на эксплуатационные свойства композиций полимера. При этом учитывают способность полимера к модификации и выявляют наиболее рациональные направления модификации свойств, при которых достигается наиболее эффективное улучшение эксплуатационных свойств полимера.

Например, ПА 12 среди полимеров инженерно-технического назначения характеризуется наименьшим модулем упругости (хорошая эластичность) и хорошо поддается пластификации (введение пластификатора), обеспечивающей снижение модуля упругости (повышение эластичности). При пластификации умень-

Рис. 4.2. Изменение E_p и σ_p при пластификации полимеров:

1 и 2 — рациональная и нерациональная области пластификации с целью создания марок пластмасс с улучшенной эластичностью.

шаются прочность и теплостойкость полимера (рис. 4.2). Но при пластификации ПА 12 по сравнению с другими полимерами (ПП, ПЭ также имеют сравнительно низкий исходный модуль упругости) достигается наилучшее сочетание эластичности, прочности, теплостойкости и морозостойкости. Поэтому для ПА 12 характерны марки с повышенной эластичностью, которые широко применяются для изоляции кабеля, гибких трубок, одежды, спортивной обуви (работают в условиях действия механических нагрузок, повышенных или пониженных температур).

В зависимости от целей можно выделить четыре направления в создании марок пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами:

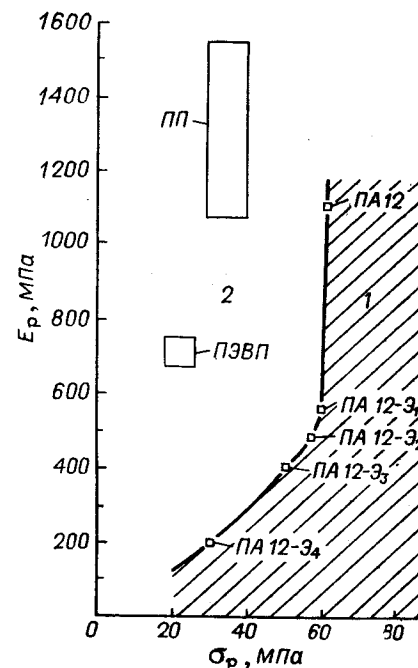
1. Максимальное улучшение преобладающих эксплуатационных свойств полимера с учетом или без учета сохранения других свойств.

2. Монотонное улучшение преобладающих эксплуатационных свойств полимера — наилучшее сочетание эксплуатационных свойств.

3. Улучшение отдельных эксплуатационных свойств (не являющихся преобладающими для полимера) для получения полного комплекса свойств (с учетом преобладающих свойств), обеспечивающих широкое применение полимера.

4. Обеспечение наибольшего отношения показателя качества : цена.

Пример работ первого направления — создание стеклонаполненных композиционных материалов на основе пластмасс инженерно-технического назначения с высоким содержанием стекловолокна. Так, композиция ПК с большим содержанием (35—40%) стекловолокна (марка 3 на рис. 4.3) имеет самую высокую механическую прочность при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба, сжатия (наибольшие σ_p , $\sigma_{из}$, $\sigma_{сж}$), наивысшую жесткость при действии кратковременной нагрузки и стойкость к ползучести при действии длительной статической на-



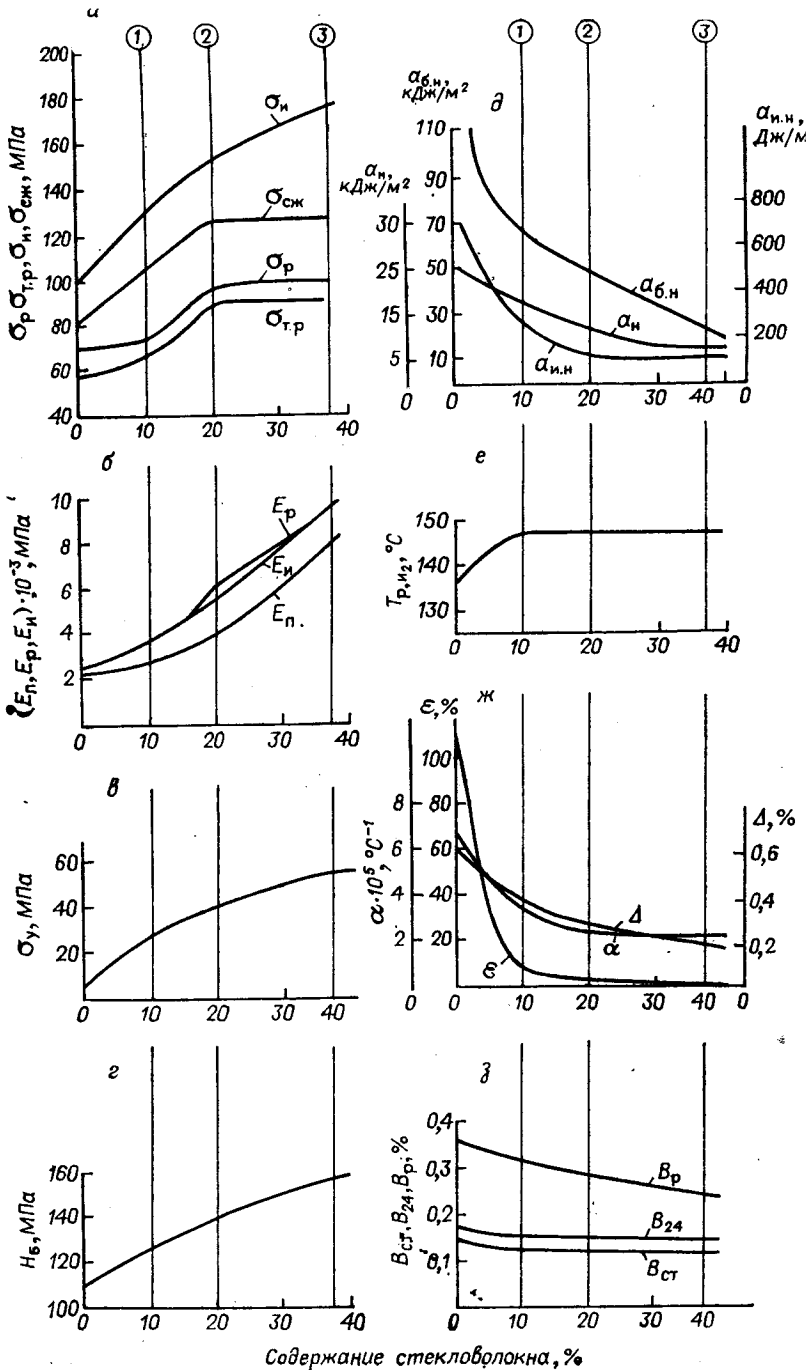


Рис. 4.3. Влияние содержания стекловолокна на свойства ПК:
 а — $\sigma_{р.}$, $\sigma_{т.р.}$, $\sigma_{н.}$, $\sigma_{сж.}$; б — $E_{п.}$, $E_{р.}$, $E_{н.}$; в — $\sigma_{у.}$; г — $H_{Б.}$; д — $a_{б.н.}$, $a_{н.н.}$; е — $T_{р.и.э.}$;
 ж — α , ϵ ; з — $V_{ст.}$, V_{24} , $V_{р.}$.
 1, 2, 3 — марки с разным содержанием стекловолокна (см. текст).

грузки (наибольшие $E_{р.}$, $E_{н.}$, $E_{п.}$), самую высокую усталостную прочность при действии циклической нагрузки (наибольшую $\sigma_{у.}$), твердость (наибольшую $H_{Б.}$), предельную теплостойкость $T_{р.и.э.}$, высокую точность размеров изделий и высокую стабильность размеров изделий при эксплуатации в условиях повышенной температуры (предельный коэффициент α) и влажности (предельные V_{24} , $V_{р.}$). Но вместе с тем большое содержание стекловолокна приводит к резкому снижению других эксплуатационных свойств: материал становится хрупким (низкая ударная прочность $a_{н.}$, $a_{б.н.}$, $a_{и.н.}$) и получаемые изделия имеют большую анизотропию свойств. Такие марки ПК применяют для изготовления прецизионных изделий с повышенными механической и усталостной прочностью, жесткостью, твердостью, низкой ползучестью, например, для изготовления корпусов в электротехнике, деталей телевизионных установок и оптических приборов, корпусов и деталей интерьера в автомобилестроении и пр.

Пример работ второго направления — создание стеклонаполненных композиционных материалов с небольшим содержанием стекловолокна. Так, композиция ПК с небольшим содержанием (10—15 %) стекловолокна (марка 1 на рис. 4.3) по сравнению с базовым полимером имеет более высокие механическую прочность и жесткость при действии кратковременной нагрузки, меньшую ползучесть при действии длительной статической нагрузки, более высокую усталостную прочность, твердость, теплостойкость, повышенную точность и стабильность размеров, но уступает по этим показателям композициям с большим содержанием стекловолокна. Вместе с тем по сравнению с последними композиция с небольшим содержанием стекловолокна имеет преимущества: меньше снижается ударная прочность (композиция остается в группе ударопрочных), меньше анизотропия свойств в изделиях, меньше износ перерабатывающего оборудования. Сочетание важных эксплуатационных свойств: механической прочности, жесткости, низкой ползучести, усталостной прочности, твердости, стойкости к ударным нагрузкам, теплостойкости, точности и стабильности размеров изделий при сравнительно небольшой анизотропии свойств обеспечивает возможность широкого применения таких композиций ПК взамен цветных металлов. Они применяются для изготовления прочных литевых и экструзионных изделий с повышенной точностью и стабильностью размеров: различного рода корпуса, крыльчатки и т. п. Марки с монотонным улучшением эксплуатационных свойств очень надежны, их использование повышает эффектив-

ность применения полимера за счет снижения его расходных коэффициентов и увеличения сроков работоспособности изделий.

Пример с ПК показывает, что изменение содержания вводимого в полимер стекловолокна позволяет получать композиционные материалы с разным комплексом свойств, каждый из которых находит свои области применения.

Пример работ третьего направления — создание марок пластмасс с улучшенными огнестойкостью и атмосферостойкостью. Полимеры, как правило, плохо противостоят действию огня (имеют низкую огнестойкость) и недостаточную стойкость к длительному действию атмосферных факторов (тепла, УФ-лучей, осадков и пр.). Это сдерживает их широкое применение в электротехнике, в автомобиле-, самолето- и судостроении, в строительстве и других областях. Для устранения этого недостатка на основе практически всех полимеров создают композиционные материалы с улучшенной огнестойкостью и атмосферостойкостью.

Пример работ четвертого направления — создание марок пластмасс с дисперсным минеральным наполнителем (каолин, тальк, мел, слюда и пр.). Введение дешевого минерального наполнителя снижает стоимость пластмассы и одновременно может улучшить некоторые эксплуатационные свойства: механические (жесткость, твердость), термические, снизить коробление, улучшить внешний вид (гладкая поверхность изделий и блеск). При этом можно достигнуть наивысшего показателя качество/цена.

4.3.3. Свойства

Марки пластмасс с анизотропными (волокнистыми) наполнителями. К этому типу наполнителей относятся: стекловолокно, углеродное волокно и др. У этих наполнителей прочность при разрыве и модуль упругости во много раз выше, чем у полимеров. Прочность стекловолокна порядка 2,4—4,6 ГПа, углеродного волокна 1,8—3,2 ГПа, модуль упругости стекловолокна порядка 52—86 ГПа, углеродного волокна 250—420 ГПа. Введение прочного и жесткого наполнителя в виде волокна приводит к армированию полимерной композиции, в результате чего повышаются механические, термические свойства и улучшается ряд других эксплуатационных свойств.

Стеклонаполненные композиции — один из наиболее широко распространенных типов наполненных полимеров. Существуют различные виды стеклонаполнителя: рубленное волокно, непрерывная ровница, крученые волокна, трощенные крученые волокна, ткани, тканые ровинги, маты из рубленых или непрерывных волокон, комбинированные наполнители на основе матов и тканых ровингов, измельченные волокна. В этом разделе рассматриваются свойства полимерных композиций, наполненных рубленным волокном, которые широко применяются

для получения литевых и экструзионных изделий. Для обеспечения совместимости стекловолокна с полимером поверхность волокна обрабатывают специальным агентом сцепления. Обычно выпускают марки с 10—30% и до 50—60% стекловолокна.

Введение стекловолокна в полимер приводит к ряду положительных эффектов:

↑ повышается механическая прочность при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба, сжатия — увеличиваются σ_p , σ_n , $\sigma_{сж}$ (рис. 4.4—4.7);

↑ повышается жесткость при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба, сжатия — увеличиваются E_p , E_n , $E_{сж}$ (рис. 4.8—4.10);

↑ повышается стойкость к ползучести при действии длительной статической нагрузки — увеличиваются E_n , σ_n (рис. 4.11). При использовании стеклонаполненных композиций уменьшается деформация детали при заданном приложенном напряжении, возможно увеличение прикладываемого напряжения или повышение температуры эксплуатации при заданной деформации; возможно также уменьшение рабочего сечения детали (деталь можно сделать тоньше) при заданных деформации и приложенном напряжении. Особенно сильное влияние на увеличение стойкости к ползучести стеклонаполнение оказывает при повышенных температурах и большой продолжительности действия нагрузки (см. раздел 5.2);

↑ повышается усталостная прочность при циклическом нагружении: увеличивается усталостная прочность σ_y при заданном числе циклов или увеличивается число циклов до разрушения при заданном приложенном напряжении (рис. 4.12, см. также рис. 5.80). Особенно сильное влияние на увеличение усталостной прочности стеклонаполнение оказывает для аморфных полимеров, у которых усталостная прочность, как правило, ниже, чем у кристаллизующихся, и при большом числе циклов нагрузки (см. раздел 5.3);

↑ повышается твердость (сопротивление внедрению других тел) — увеличивается H_B (рис. 4.13);

↑ повышается ударная прочность в деталях с надрезом (a_n и $a_{н.н}$) для полимеров, которые имеют сравнительно низкую ударную вязкость: примерно a_n меньше 6 и 20 кДж/м² для аморфных и кристаллизующихся полимеров; $a_{н.н}$ меньше 70 и 140 Дж/м для аморфных и кристаллизующихся полимеров (рис. 4.14, 4.15). Изделия из стеклонаполненных композиций на основе таких полимеров становятся менее чувствительными к надрезам, которые могут появиться при истирании или обработке. Влияние стекловолокна на ударную прочность зависит от того, какую ударную вязкость имеет ненаполненный полимер. Введение стекловолокна в полимеры, которые имеют сравнительно низкую ударную вязкость, повышает их ударную прочность в деталях с надрезом (рис. 4.16, 4.17). Наоборот, введение стекловолокна

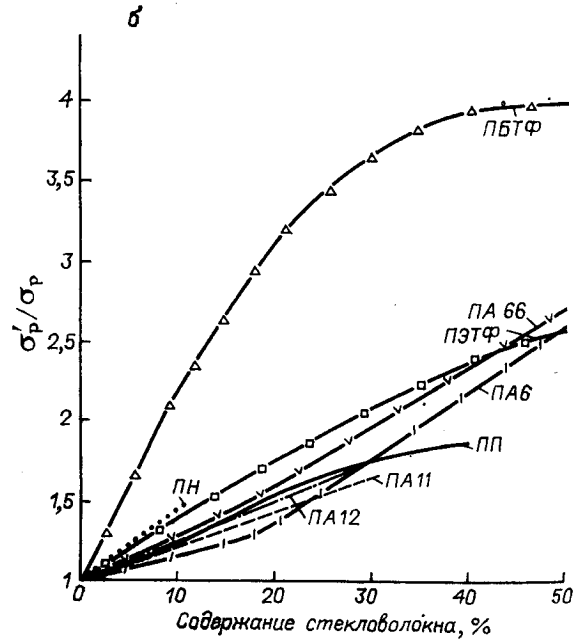
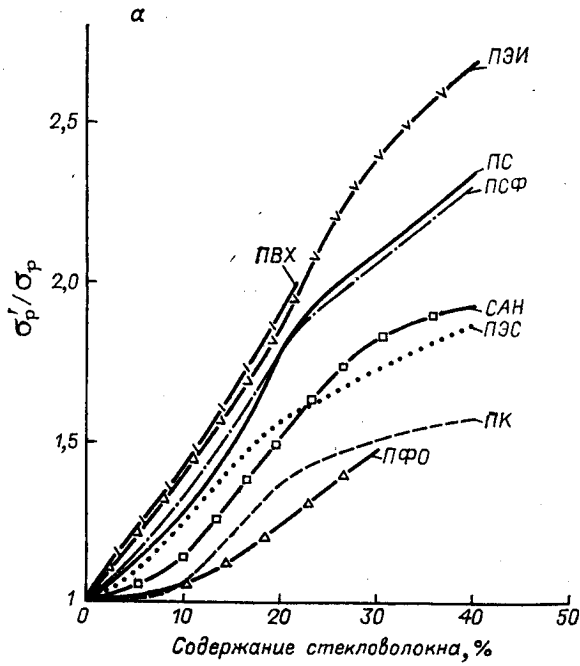


Рис. 4.4. Зависимость относительного разрушающего напряжения при растяжении σ'_p/σ_p от содержания стекловолокна для полимеров: а — аморфных; б — кристаллизующихся. Показатель со штрихом соответствует наполненному полимеру, без штриха — ненаполненному. Здесь и далее данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

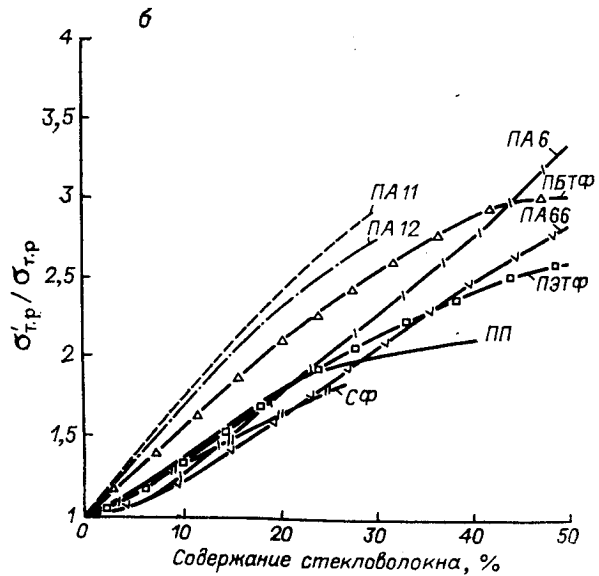
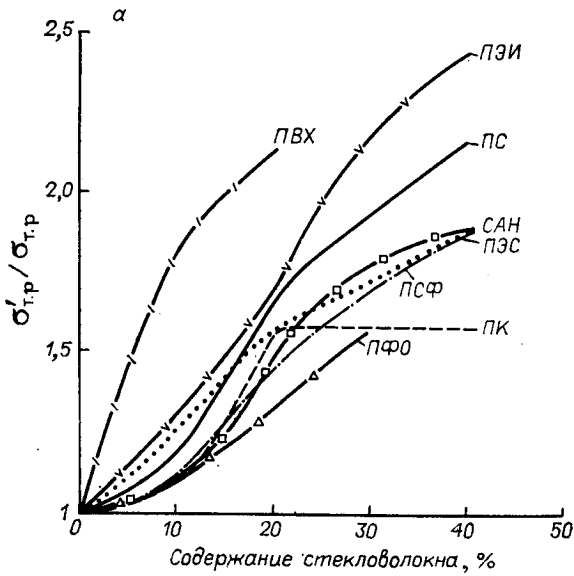


Рис. 4.5. Зависимость относительного предела текучести при растяжении $\sigma'_{т.р}/\sigma_{т.р}$ от содержания стекловолокна; Обозначения см. рис. 4.4. $\sigma'_{т.р}$ для стеклонаполненных полимеров дано по σ'_p (за исключением ПК).

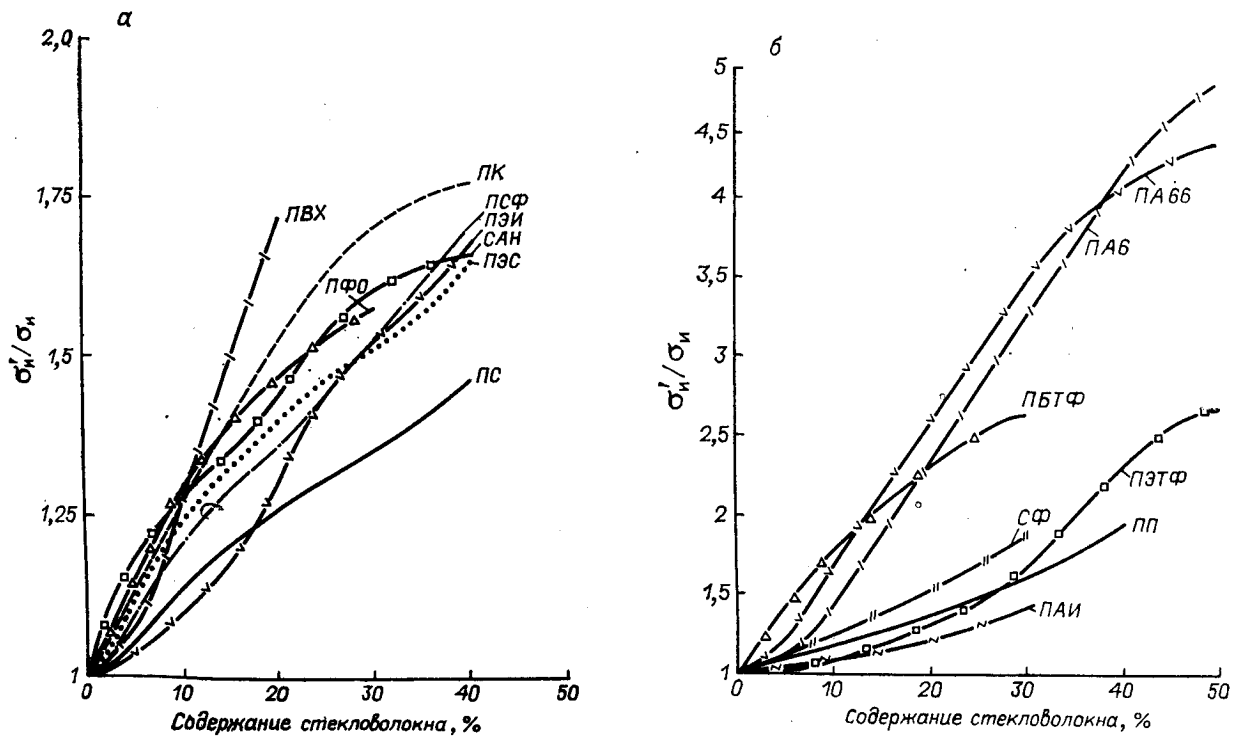


Рис. 4.6. Зависимость относительной прочности при изгибе $\sigma'_{н}/\sigma_{н}$ от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

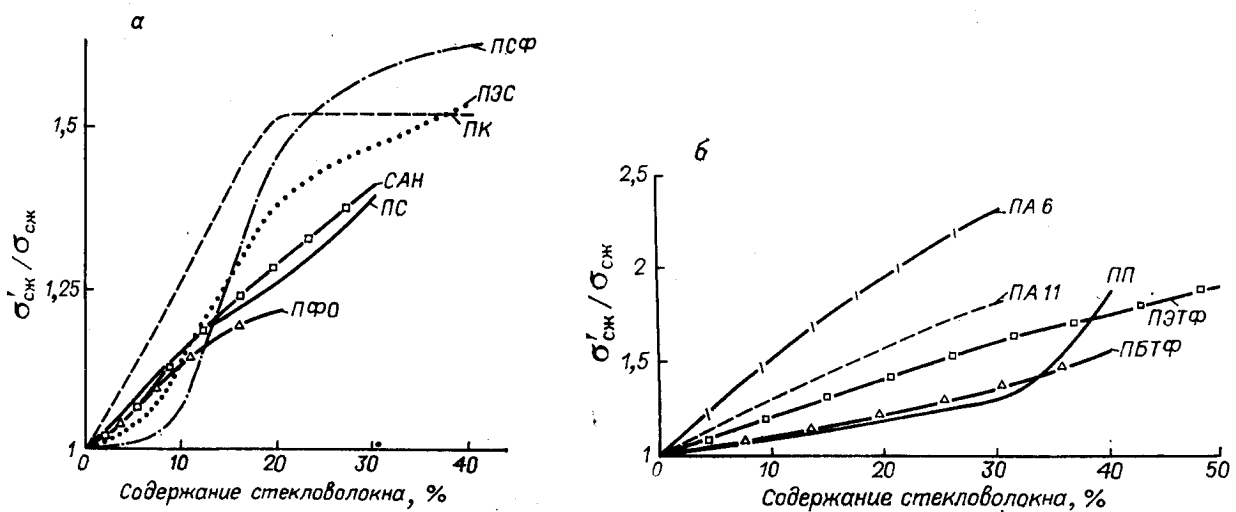


Рис. 4.7. Зависимость относительной прочности при сжатии $\sigma'_{сж}/\sigma_{сж}$ от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

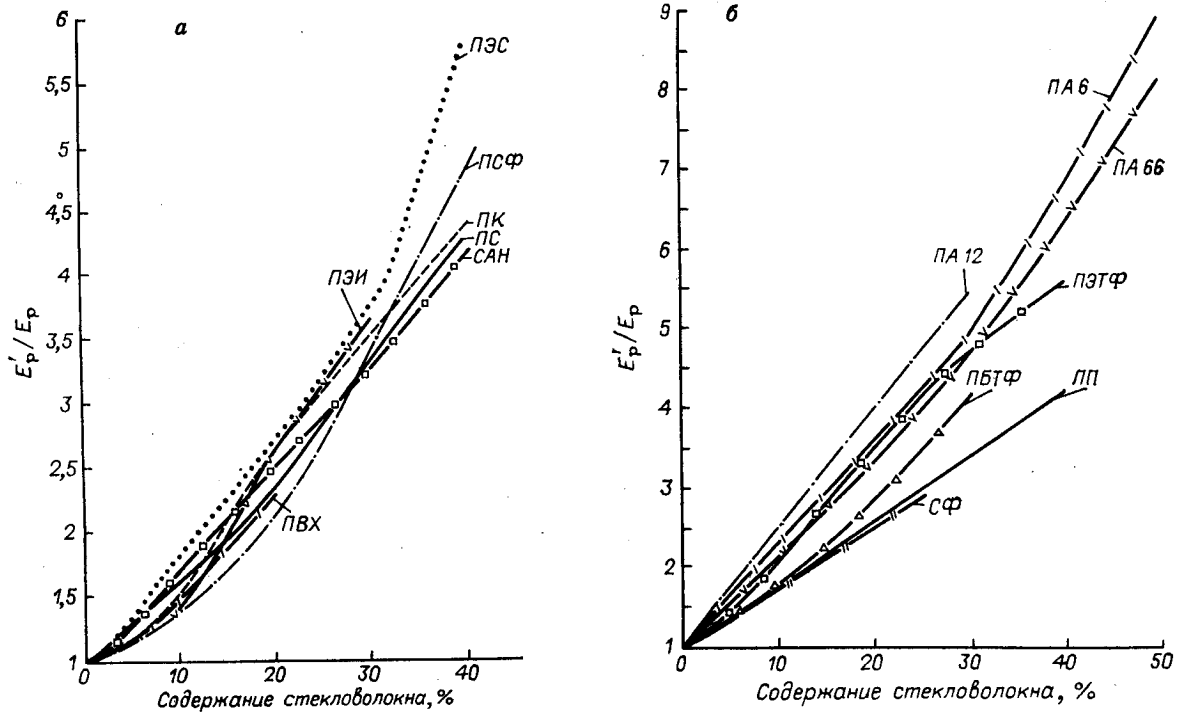


Рис. 4.8. Зависимость относительного модуля упругости при растяжении E'_p/E_p от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

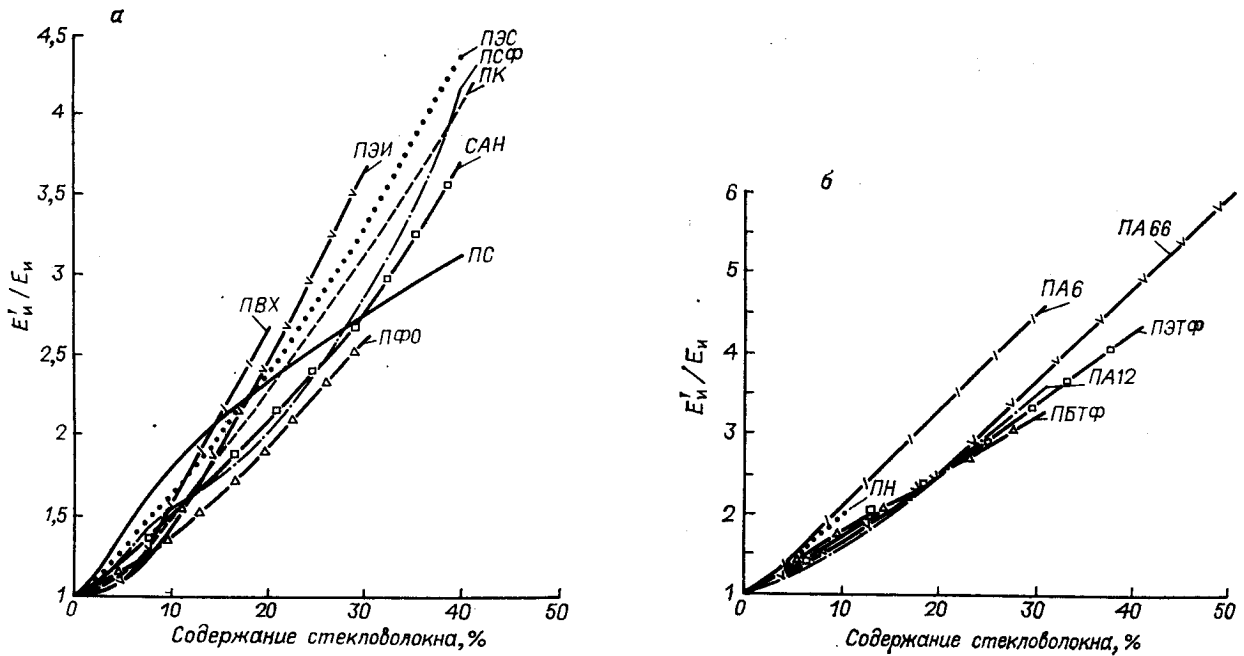


Рис. 4.9. Зависимость относительного модуля упругости при изгибе $E'_н/E_н$ от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

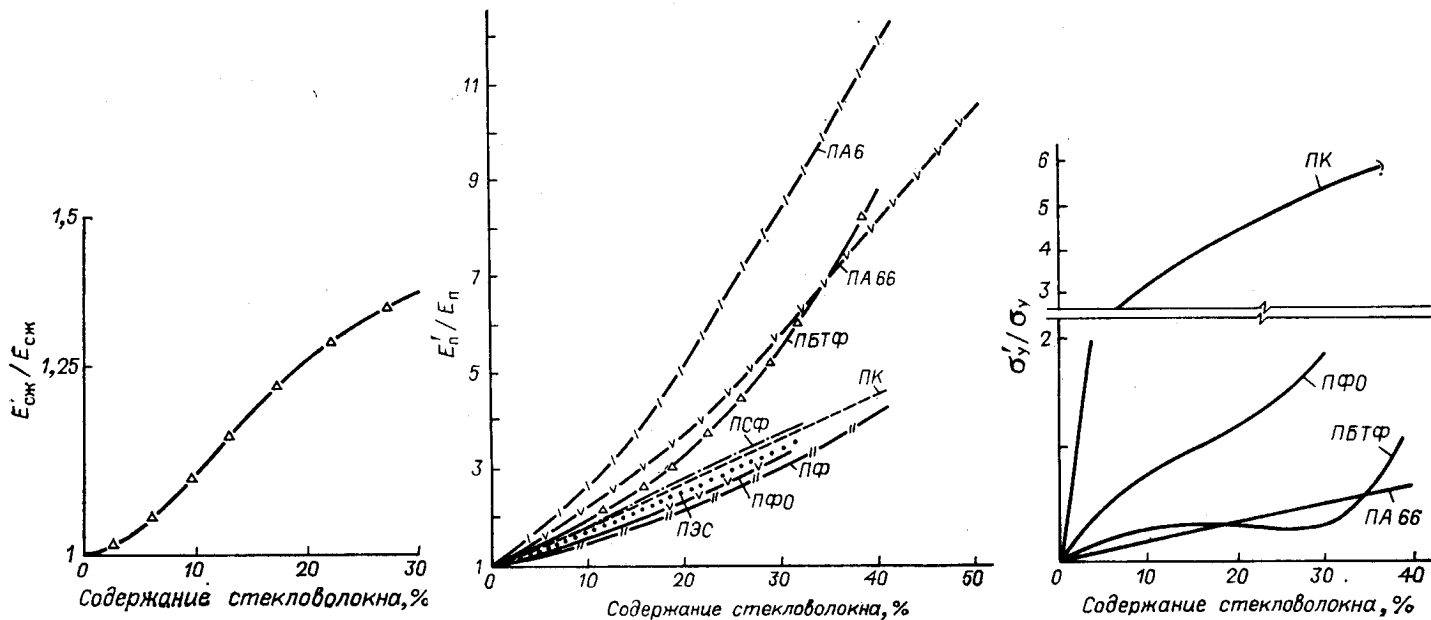


Рис. 4.10. Зависимость относительного модуля упругости при сжатии $E'_{сж}/E_{сж}$ от содержания стекловолокна для ПЭИ. Обозначения см. рис. 4.4.

Рис. 4.11. Зависимость относительного модуля ползучести E'_n/E_n линейной области деформирования при продолжительности действия напряжения 1000 ч от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

Рис. 4.12. Зависимость относительной усталостной прочности σ'_y/σ_y от содержания стекловолокна при числе циклов $N = 10^6$. Обозначения см. рис. 4.4.

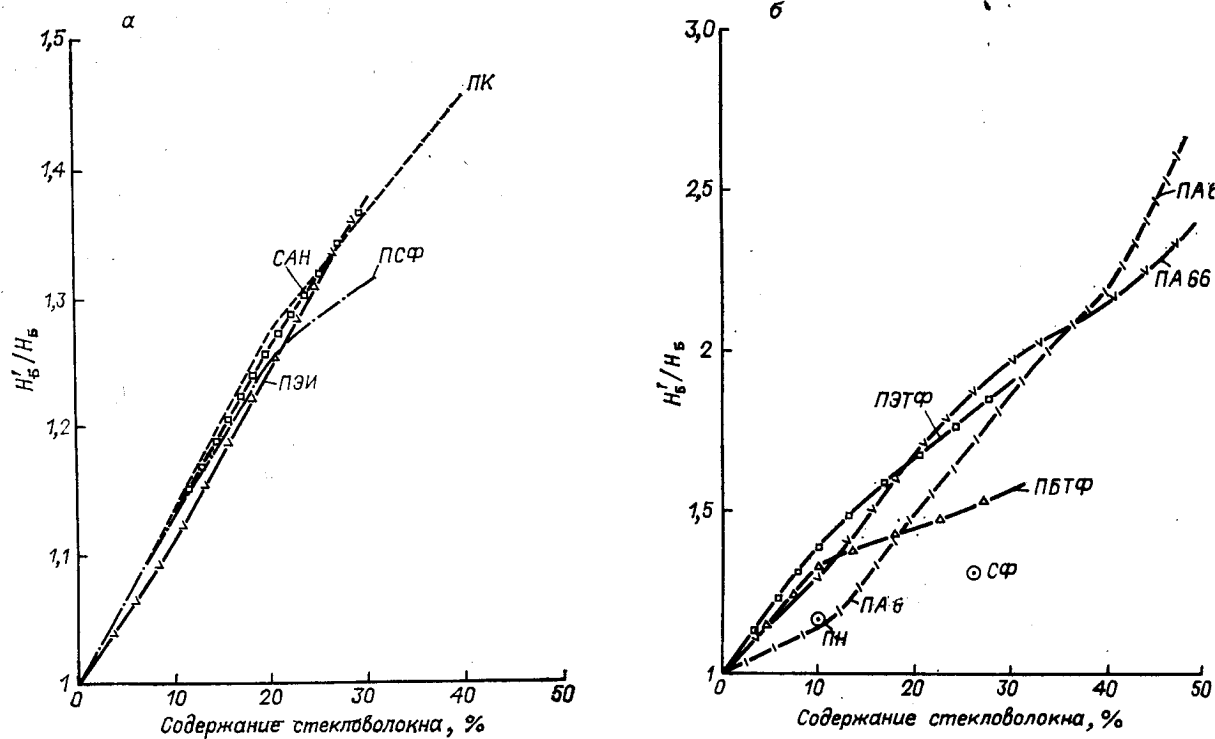


Рис. 4.13. Зависимость относительной твердости при вдавлении шарика H'_B/H_B от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

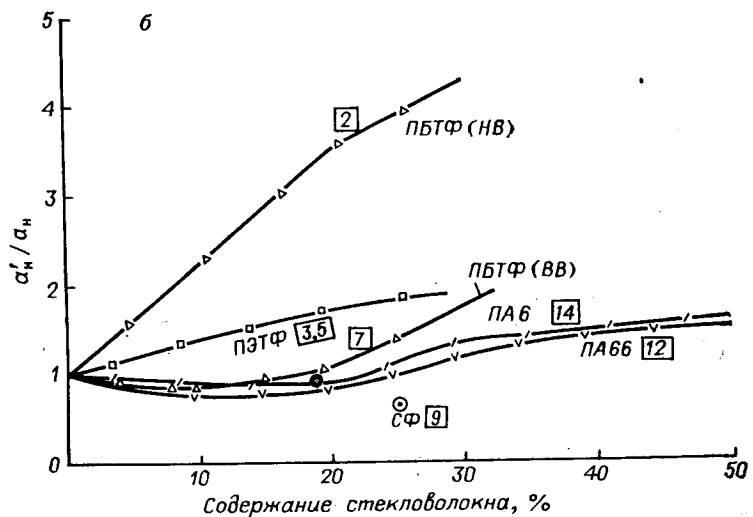
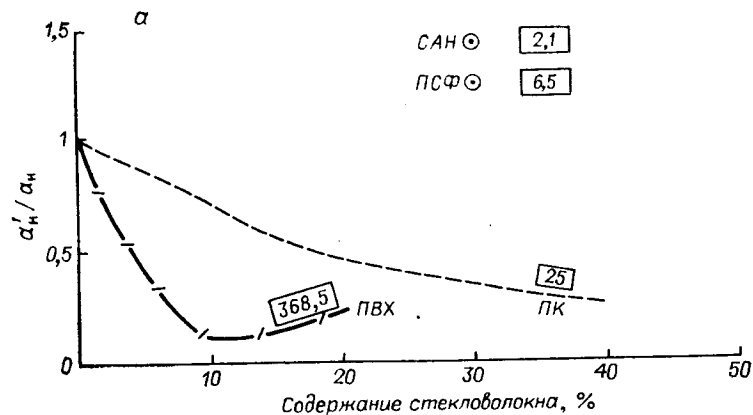


Рис. 4.14. Зависимость относительной ударной вязкости по Шарпи $a'_{н.н}/a_{н.н}$ от содержания стекловолокна.

Здесь и далее НВ — низковязкий, ВВ — высоковязкий. Число в квадрате — $a_{н.н}$ ненаполненного полимера. Остальные обозначения см. рис. 4.4.

в пластичные полимеры (имеют сравнительно высокую ударную вязкость) снижает ударную прочность в деталях с надрезом; повышается теплостойкость — увеличиваются $T_{в}$ и $T_{р.из}$ (рис. 5.83, 5.84). Стеклонаполнение особенно сильно увеличивает $T_{р.из}$: у кристаллизирующихся полимеров — в 2,5—3,5 раза (за исключением СФ и ПФ, для которых увеличение составляет 1,7—1,8), у аморфных — на 5—17%. Температура $T_{в}$ при стеклонаполнении повышается значительно меньше — на 1—10%; повышается точность размеров изделий — уменьшаются литьевая усадка (рис. 4.18) и разброс размеров изделий;

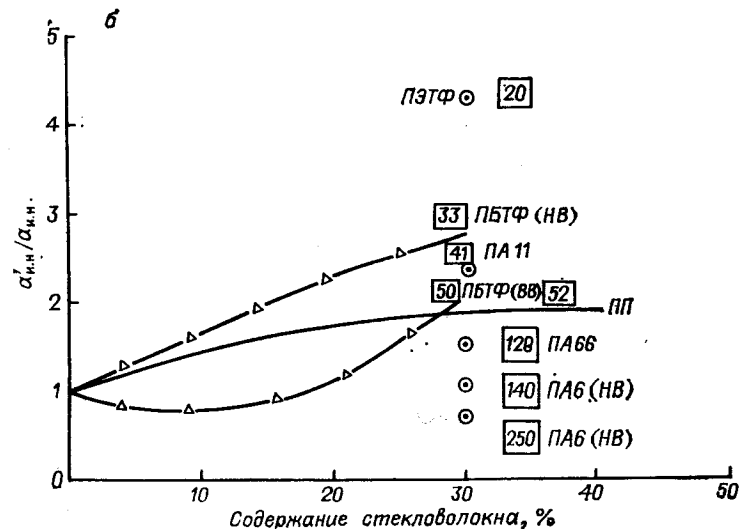
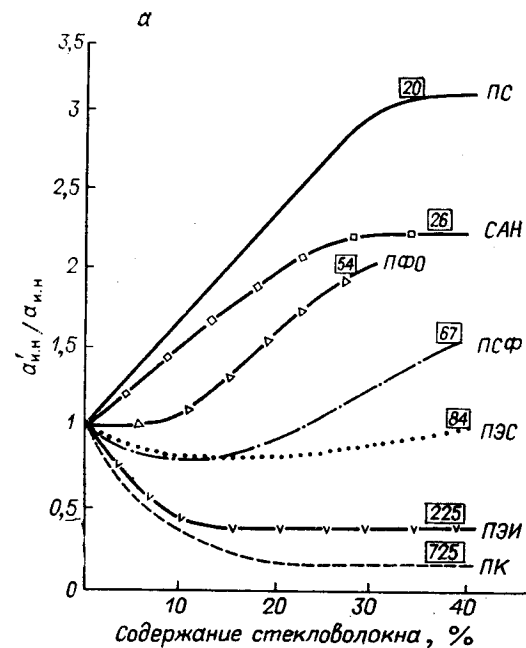


Рис. 4.15. Зависимость относительной ударной вязкости по Изоду $a'_{и.н.н}/a_{и.н.н}$ от содержания стекловолокна.

Число в квадрате — $a_{и.н.н}$ ненаполненного полимера. Остальные обозначения см. рис. 4.4 и 4.14.

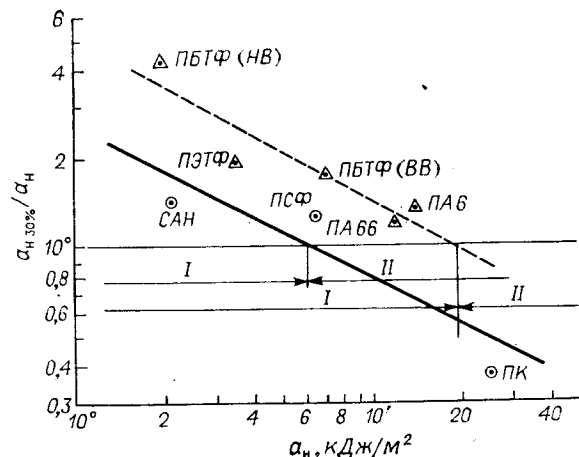


Рис. 4.16. Зависимость отношения $\alpha_{н, 30\%}/\alpha_{н}$ от $\alpha_{н}$ для полимеров:

○ — аморфных (сплошная линия); △ — кристаллизующихся (пунктирная линия). $\alpha_{н, 30\%}$ и $\alpha_{н}$ соответствуют наполненному 30 % стекловолна и ненаполненному полимеру; I и II — области хрупкого и пластического разрушения. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

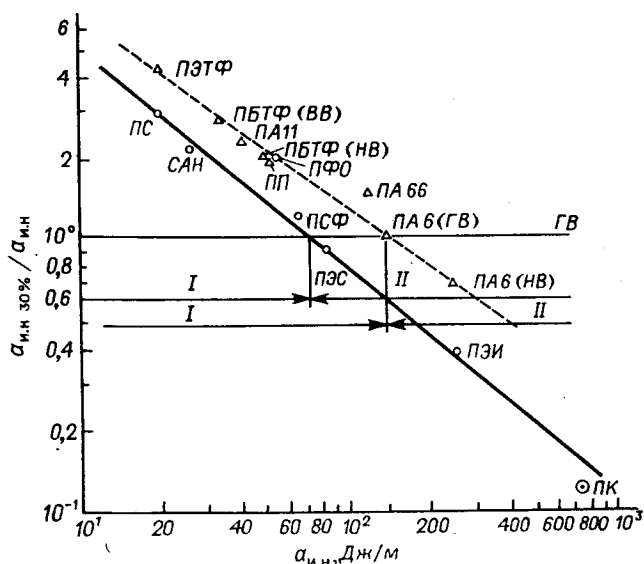


Рис. 4.17. Зависимость отношения $\alpha_{н, н 30\%}/\alpha_{н, н}$ от $\alpha_{н, н}$ для полимеров:

○ — аморфных (сплошная линия); △ — кристаллизующихся (пунктирная линия). $\alpha_{н, н 30\%}$ и $\alpha_{н, н}$ соответствуют наполненному 30 % стекловолна и ненаполненному полимеру. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

повышается стабильность размеров изделий (уменьшается изменение размеров) при работе в условиях повышенных температур за счет снижения теплового расширения — уменьшается коэффициент α (рис. 4.19). Коэффициент α стеклонаполненных полимерных композиций становится соизмерим с коэффициентами α алюминия, цинка, бронзы и др. Поэтому они могут работать с металлической арматурой не растрескиваясь;

повышается стабильность размеров изделий при работе в условиях обычной (для изделий из гигроскопичных полимеров) и повышенной влажности — уменьшаются $V_{ст}$, V_{24} , V_p (рис. 4.20—4.22);

повышается износостойкость стеклонаполненных ПА 6, ПА 66, ПА 12.

Наряду с положительными эффектами введение стекловолна вызывает следующие отрицательные эффекты:

увеличивается анизотропия возникающих при формировании внутренних напряжений, механических свойств и литьевой усадки изделий. У стеклонаполненных композиций разница в свойствах (σ_p , $\sigma_{н}$, E_p , $E_{н}$, $E_{п}$) и литьевой усадки в направлении течения при формировании и поперек больше, чем у исходных полимеров, что обусловлено ориентацией стекловолна в направлении течения (рис. 4.23). Это увеличивает склонность к короблению изделий из стеклонаполненных композиций;

снижается ударная прочность в деталях без надреза — уменьшается $a_{б, н}$ (рис. 4.24). Для некоторых полимеров, например ПА, после начального падения ударной прочности при введении стекловолна наблюдается ее повышение с увеличением содержания стекловолна. Снижается ударная прочность в деталях с надрезом для пластичных полимеров, имеющих сравнительно высокую ударную вязкость (см. рис. 4.14—4.17);

прозрачные полимеры (ПК, ПСФ, ПС и др.) теряют прозрачность;

снижается эластичность — уменьшается ϵ_p (рис. 4.25);

увеличивается плотность изделий ρ (рис. 4.26);

ухудшается внешний вид изделий при введении стекловолна более 15—20%. Для получения изделий с хорошим внешним видом нужно применять особые режимы литья: высокие температуру и скорость заполнения литьевой формы, повышенное давление литья;

увеличивается износ перерабатывающего оборудования и его оснастки;

возрастает вязкость — ухудшается текучесть.

Введение стекловолна мало влияет на электрические свойства композиций.

Введение короткого стекловолна в композицию вызывает меньший армирующий эффект, чем обычного: в меньшей степени увеличиваются механическая прочность, жесткость, стойкость к ползучести, усталостная прочность, но вместе с тем меньше

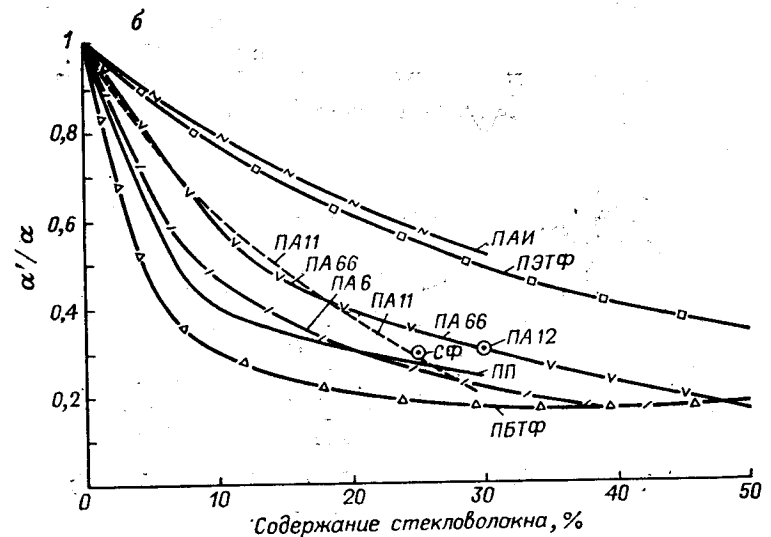
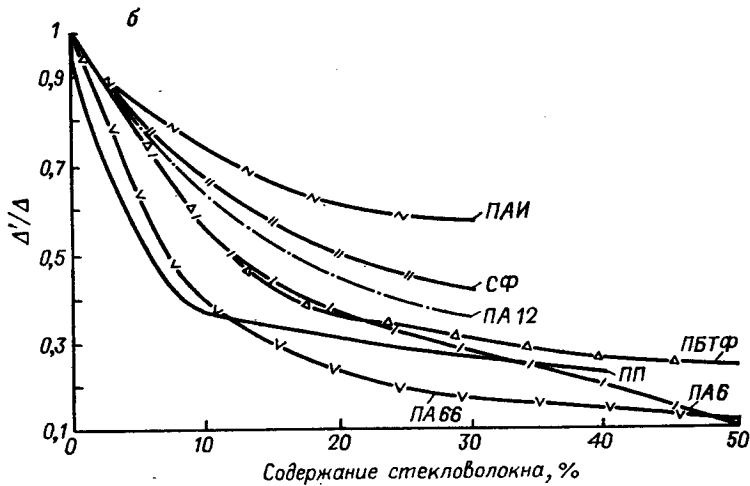
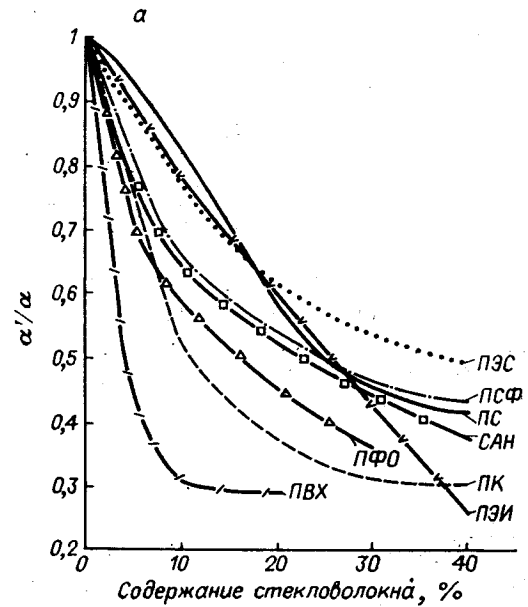
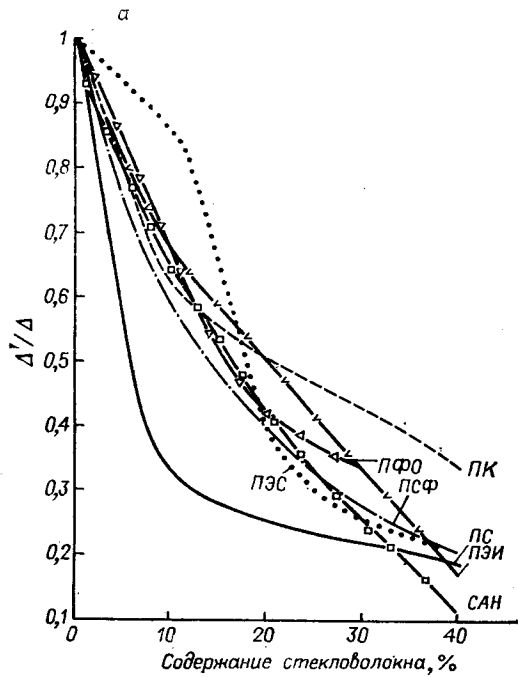


Рис. 4.18. Зависимость относительной литьевой усадки Δ'/Δ от содержания стекловолокна.
Обозначения см. рис. 4.4.

Рис. 4.19. Зависимость относительного среднего коэффициента линейного теплового расширения α'/α от содержания стекловолокна.
Обозначения см. рис. 4.4.

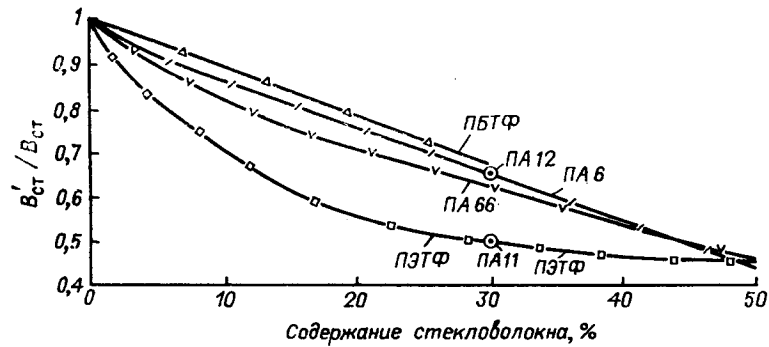


Рис. 4.20. Зависимость относительного равновесного влагопоглощения в стандартных условиях $V'_{ст}/V_{ст}$ от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

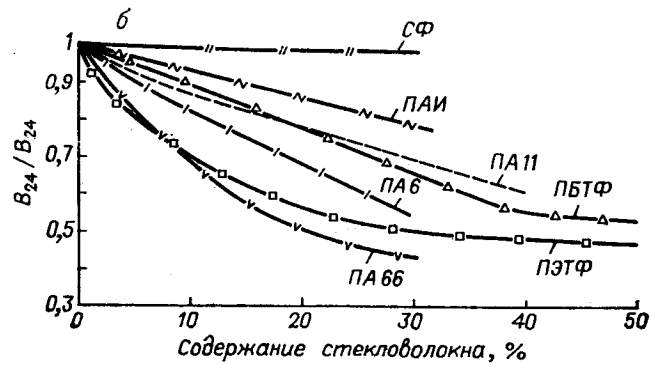
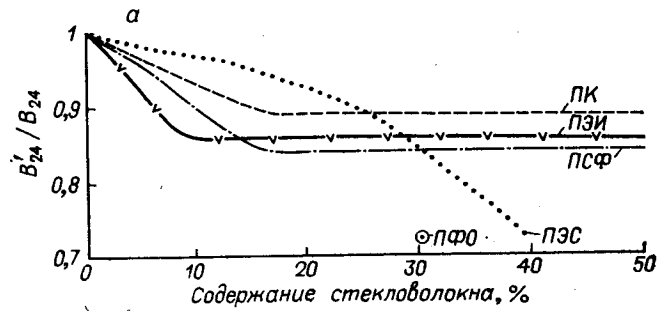


Рис. 4.21. Зависимость относительного водопоглощения при 23 °С в течение 24 ч V'_{24}/V_{24} от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

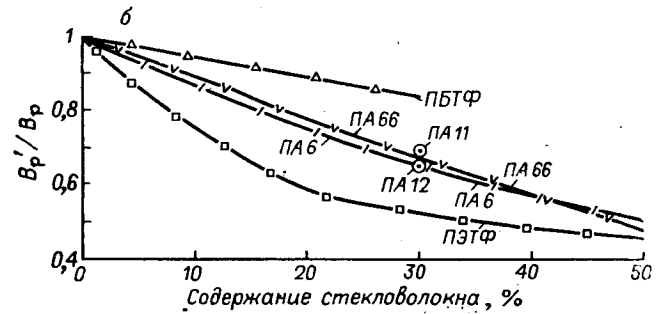
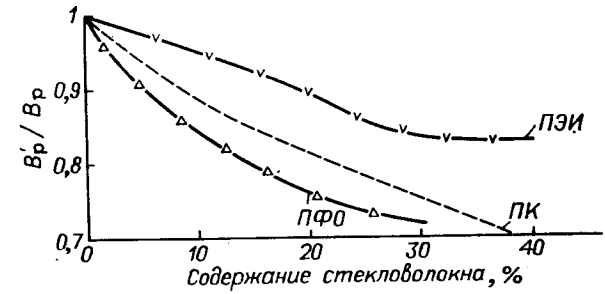


Рис. 4.22. Зависимость относительного равновесного влагопоглощения $V'_р/V_р$ от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

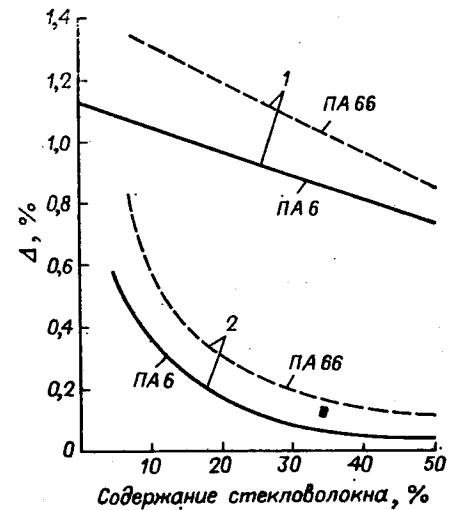


Рис. 4.23. Зависимость литьевой усадки в поперечном течении расплава направлении (1) и вдоль течения (2) для ПА 6 и ПА 66 от содержания стекловолокна. Δ измерена через 24 ч при 23 °С, размеры образца 250×30×2 мм.

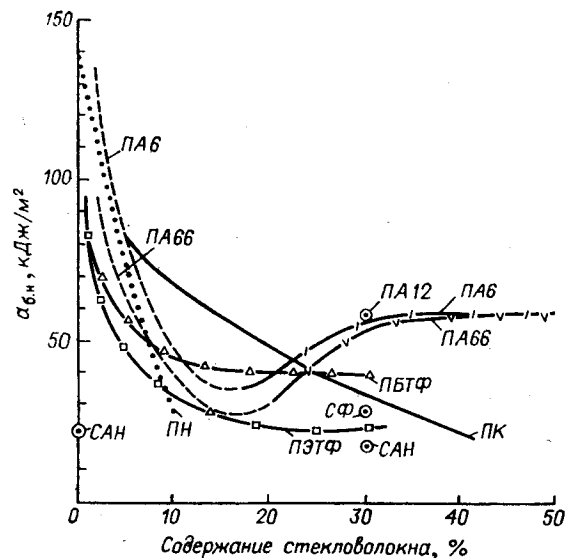


Рис. 4.24. Зависимость $\alpha_{6,н}$ от содержания стекловолокна. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

анизотропия внутренних напряжений, свойств и усадки, вызванная ориентацией стекловолокна, меньше увеличивается вязкость расплава (снижается текучесть) — лучше формуемость.

Марки пластмасс с углеродными волокнами очень перспективны. Существуют различные виды углеродного наполнителя: рубленое волокно, непрерывные нити для намотки, оплетки и пр. В этом разделе рассматриваются свойства композиций, наполненных рубленным волокном, которые широко применяют для изготовления литевых изделий. Обычно выпускают марки с 5—40% углеродного волокна.

Введение углеродного волокна в полимер приводит к тем же положительным эффектам, что и введение стекловолокна (рис. 4.27—4.37).

По сравнению со стеклонаполненными композициями с углеродными волокнами имеют следующие преимущества:

более высокую жесткость при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба и сжатия — в большей мере увеличиваются E_p , E_n (см. рис. 4.8, 4.9 и 4.27, 4.28), так как углеродное волокно имеет более высокий модуль упругости, чем стекловолокно. Удельный модуль композиций с углеродными волокнами на основе полимеров инженерно-технического назначения, например ПА 6, ПА 66, близок к модулю упругости алюминия;

более высокую стойкость к ползучести при действии длительной статической нагрузки — в большей мере увеличиваются E_n и σ_n ;

более высокую механическую прочность при действии кратковременной нагрузки растяжения и изгиба — в большей мере увеличиваются σ_p , σ_n (см. рис. 4.4, 4.6 и 4.29, 4.30), так как углеродное волокно имеет более высокую прочность, чем стекловолокно;

хорошую термическую проводимость (повышается с увеличением содержания углеродного волокна), благодаря чему тепло, накапливаемое при трении трущихся деталей, быстро рассеивается (рис. 4.38);

лучше фрикционные свойства (низкие коэффициент трения и износ), благодаря чему они более пригодны для изготовления фрикционных систем;

меньшую плотность (см. рис. 4.26, 4.39), что обеспечивает получение более легких изделий и увеличение показателя прочность/масса, или жесткость/масса;

более высокую точность размеров изделий (см. рис. 4.18, 4.33);

более высокую стабильность размеров изделий при работе в условиях повышенных температур — в большей мере уменьшается α (см. рис. 4.19, 4.34);

хорошую электрическую проводимость, которая улучшается с увеличением содержания углеродного волокна (рис. 4.40). Это дает возможность получать электротехнические изделия с заданными электрическими свойствами и изделия, обладающие антистатическими свойствами. Однако композиции с углеродными волокнами нельзя применять в качестве диэлектриков; более низкий износ перерабатывающего оборудования и останки.

Марки пластмасс с дисперсными минеральными наполнителями. К этому типу наполнителей относятся: тальк, мел (карбонат кальция), каолин, слюда, асбест, аэросил (диоксид кремния).

Основные характеристики дисперсных наполнителей: средний размер частиц (как правило, характеризуется диаметром эквивалентной сферы), форма частиц, распределение частиц по размерам (характеризует полидисперсность наполнителя), удельная поверхность, характер упаковки частиц, абразивность, химический состав.

Средний размер частиц наполнителя существенно зависит от способа его получения. Например, в зависимости от способа получения талька средний размер его частиц изменяется от 1,8 до 6—8 мкм, мела — от 3 до 120 мкм (для молотого) и от 0,07 до 1 мкм (для осажденного), каолина — от 1,2 до 5 мкм.

Рассматриваемые наполнители отличаются по форме частиц. Тальк имеет частицы пластинчатой формы, каолин, слюда — чешуйчатой, асбест — короткого волокна, форма частиц мела и аэросила — близка к сферической. Армирующий эффект дисперсных наполнителей во многом зависит от формы частиц и характеристического отношения (отношения среднего диаметра частицы

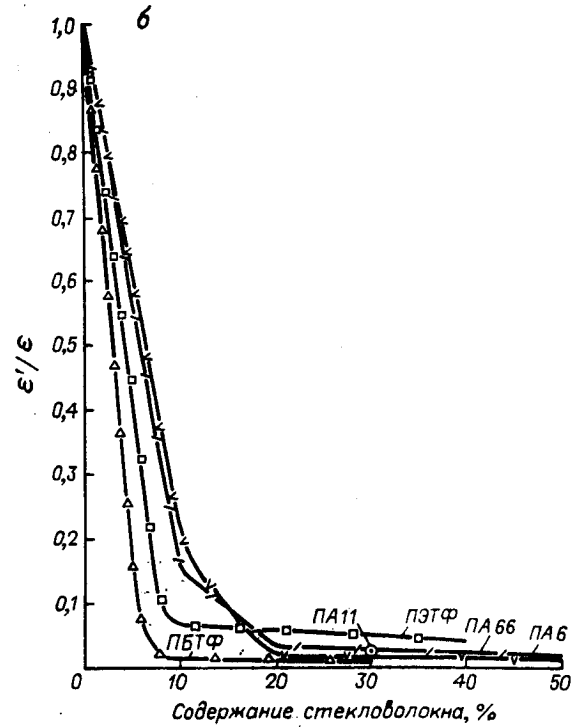
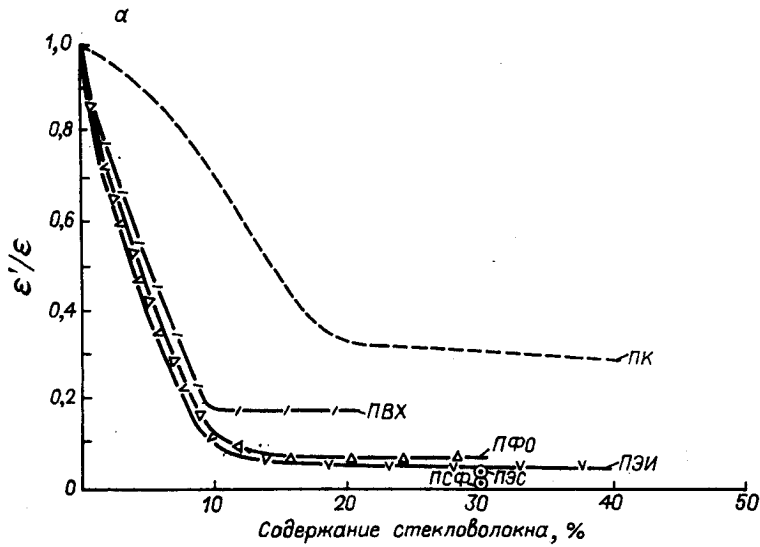


Рис. 4.25. Зависимость относительного удлинения при разрыве ϵ'_r/ϵ_r от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

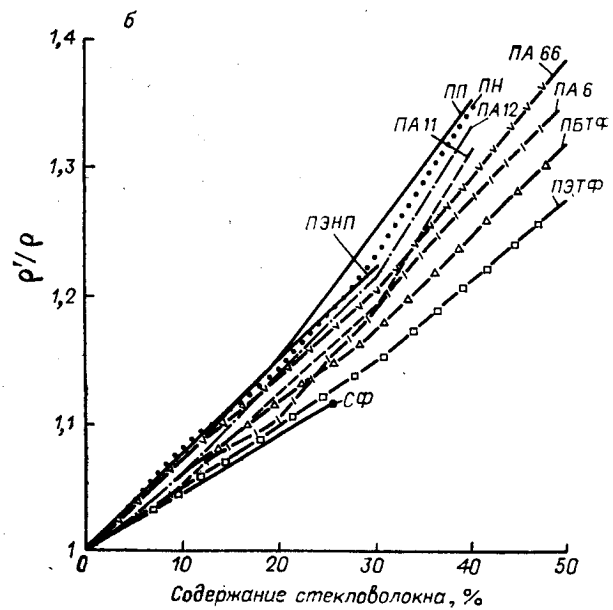
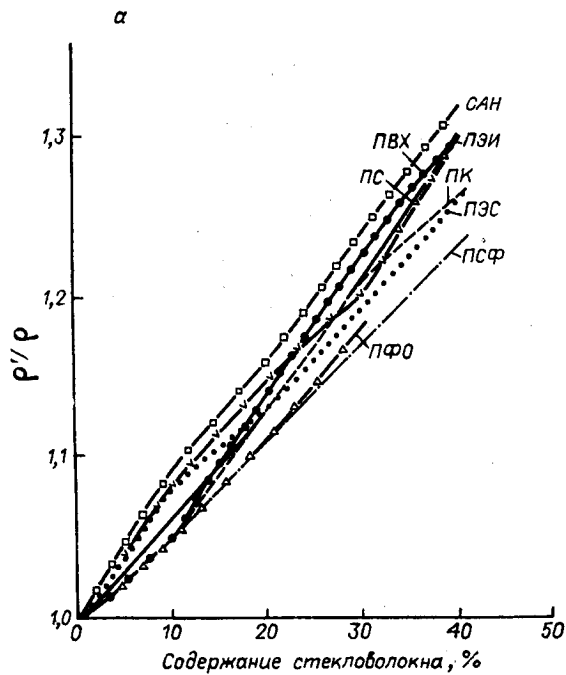


Рис. 4.26. Зависимость относительной плотности ρ'/ρ от содержания стекловолокна. Обозначения см. рис. 4.4.

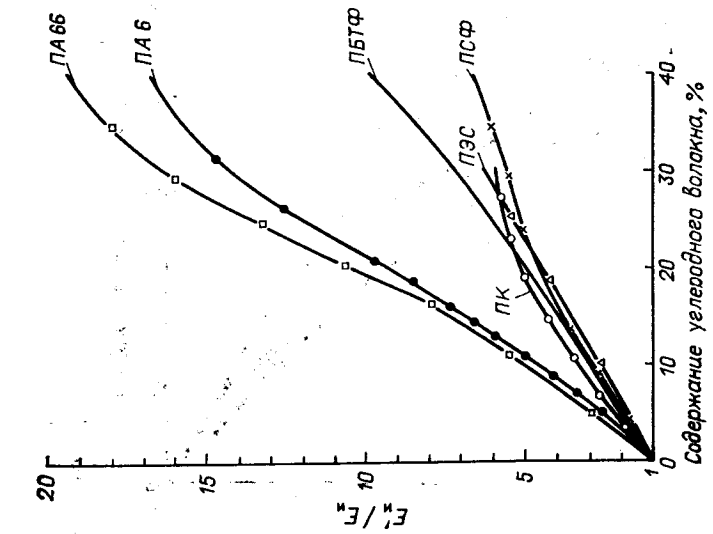


Рис. 4.27. Зависимость относительного модуля упругости при растяжении E_r^d/E_n от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

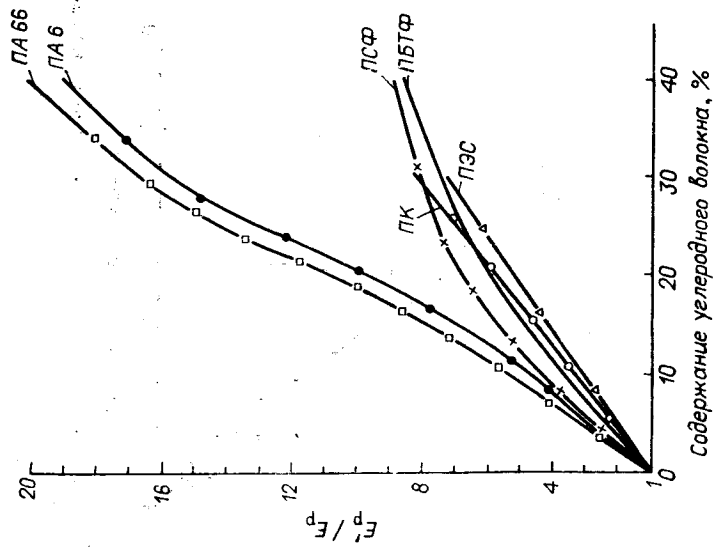


Рис. 4.28. Зависимость относительного модуля упругости при изгибе E_n^d/E_n от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

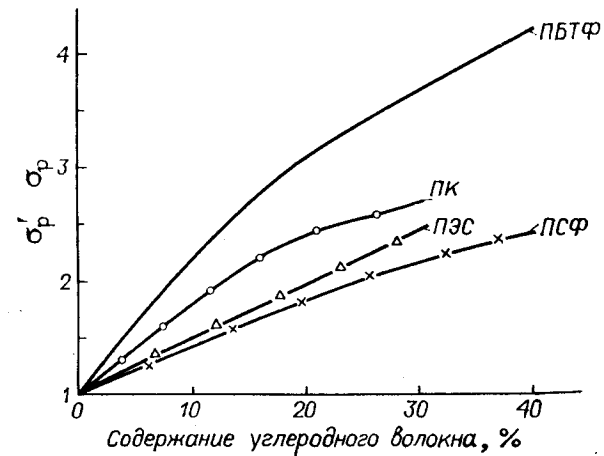


Рис. 4.29. Зависимость относительного разрушающего напряжения при растяжении σ_r^d/σ_r от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

к ее толщине) — чем больше это отношение, тем больше армирующий эффект. Наполнители с частицами чешуйчатой и пластинчатой формы и в виде короткого волокна вызывают больший армирующий эффект, чем имеющие форму частиц близкую к сферической. Поэтому тальк, каолин, слюда, асбест вызывают больший армирующий эффект, чем мел. Характеристическое отношение частиц наполнителя в изделии существенно зависит от способа получения наполнителя, способа его введения в композицию и метода переработки композиции.

Различие в характере распределения частиц наполнителя по размерам (полидисперсности) оказывает влияние на свойства композиций: реологические, абразивные, устойчивость к истиранию, характер упаковки частиц, оптические, химическую стабиль-

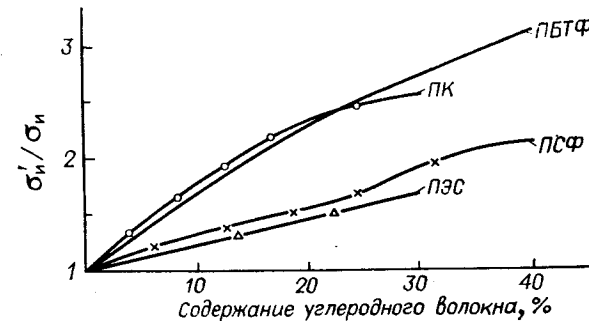


Рис. 4.30. Зависимость относительной прочности при изгибе σ_n^d/σ_n от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

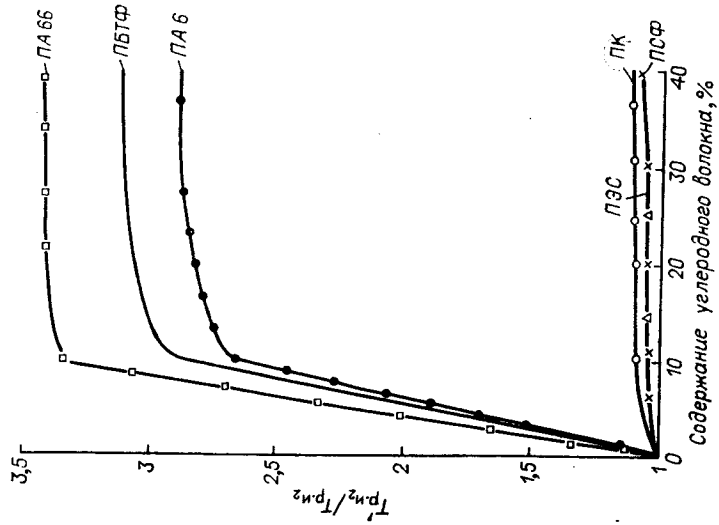


Рис. 4.31. Зависимость $\alpha_{6,н}$ от содержания углеродного волокна. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 60—50 %.

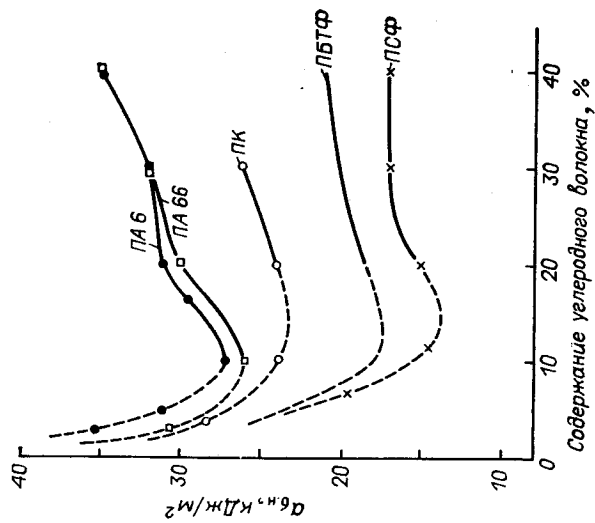


Рис. 4.32. Зависимость относительной температуры размягчения при изгибе $T'_{из}/T_{из}$ от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

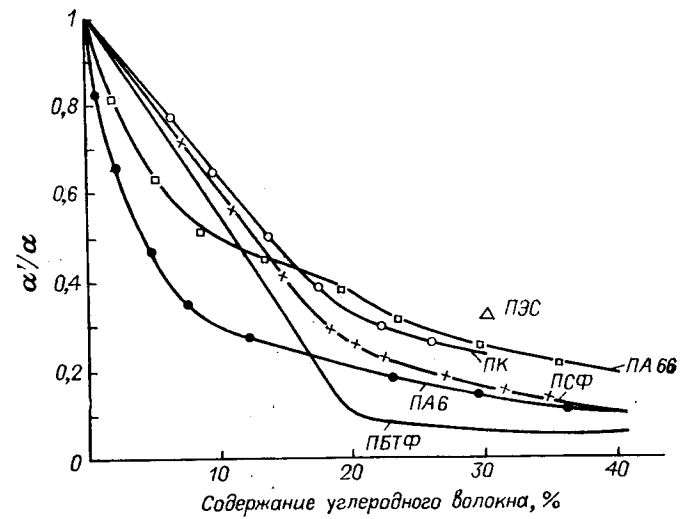


Рис. 4.33. Зависимость относительной литьевой усадки Δ'/Δ от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

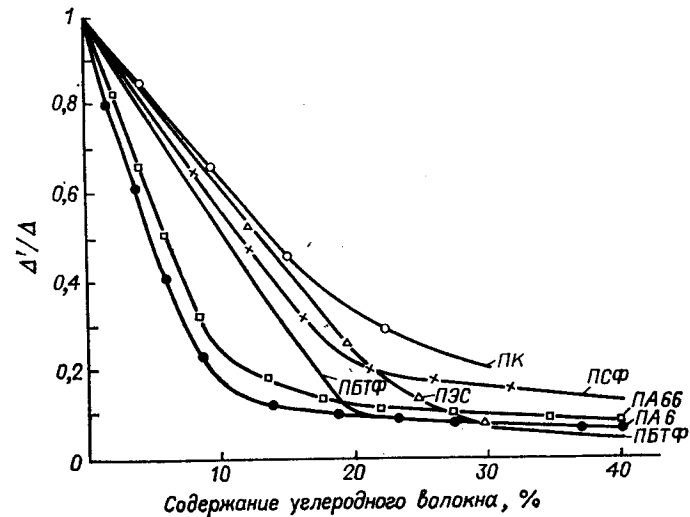


Рис. 4.34. Зависимость относительного среднего коэффициента линейного теплового расширения α'/α от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

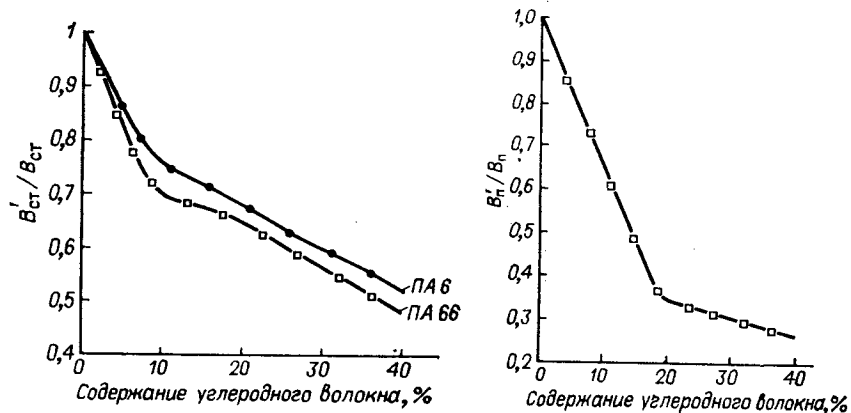


Рис. 4.35. Зависимость относительного равновесного влагопоглощения в стандартных условиях $V'_{ст}/V_{ст}$ от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

Рис. 4.36. Зависимость относительного равновесного водопоглощения V'_p/V_p от содержания углеродного волокна для ПА 66. Обозначения см. рис. 4.4.

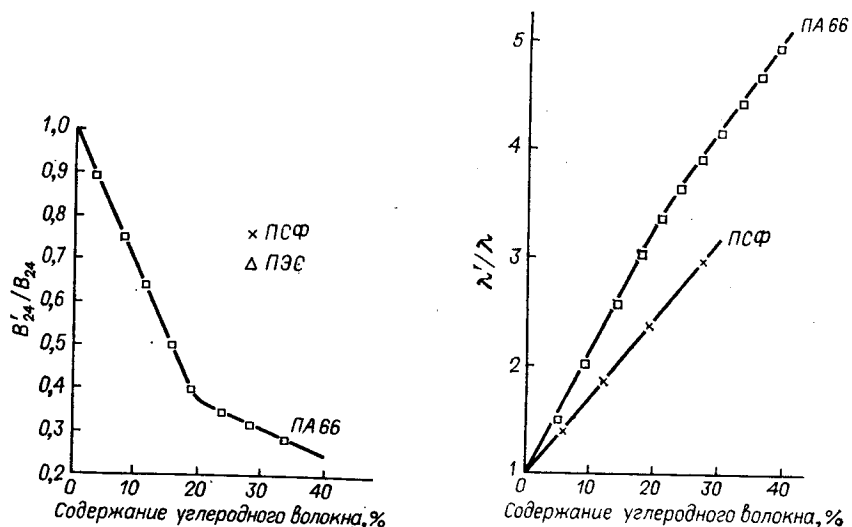
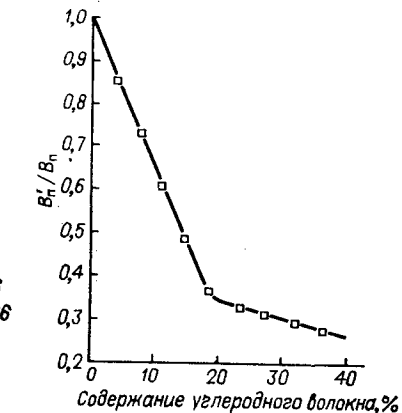


Рис. 4.37. Зависимость относительного водопоглощения при 23 °С за 24 ч V'_{24}/V_{24} от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

Рис. 4.38. Зависимость относительного коэффициента теплопроводности λ'/λ от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.



ность и прочность. Полидисперсность каждого наполнителя существенно зависит от способа его получения. Например, в зависимости от способа получения разброс частиц по размерам для талька составляет: 0,05—15, 0,1—50, 0,3—60, мела 0,1—20, 0,2—35, 0,3—74, 20—590 (для молотого), 0,1—0,5, 0,1—0,2 (для осажденного), каолина 0,4—35, 0,03—10, 0,03—20, 0,03—35, 0,1—45.

Абразивность наполнителя зависит от его твердости и содержания грубых остатков. Как правило, наполнители с низкой твердостью, такие, как тальк, каолин и мел, вызывают небольшой износ перерабатывающего оборудования и оснастки.

Химический состав определяет важный показатель наполнителя — его реакционную способность (химическую стойкость). Мел характеризуется низкой стойкостью к кислотам, тальк, каолин, слюда, асбест — хорошей, аэросил — отличной; к щелочам мел имеет среднюю стойкость, тальк, каолин, слюда, асбест — хорошую, аэросил — низкую; мел, тальк, каолин, слюда, асбест растворимы в воде. Мел относится к классу солей; тальк, каолин, слюда, асбест, аэросил — к классу силикатов.

Такие минеральные наполнители, как тальк, мел, каолин, асбест, легкодоступны и недороги. Поэтому при введении их в полимеры можно достигнуть наилучшего показателя качество/цена.

Введение минерального наполнителя в полимер может привести к следующим положительным эффектам:

повышению жесткости при действии кратковременной нагрузки растяжения и изгиба — увеличиваются E_p , E_n (рис. 4.41, 4.42). При введении талька, каолина, слюды, асбеста модули упругости увеличиваются больше, чем при введении мела;

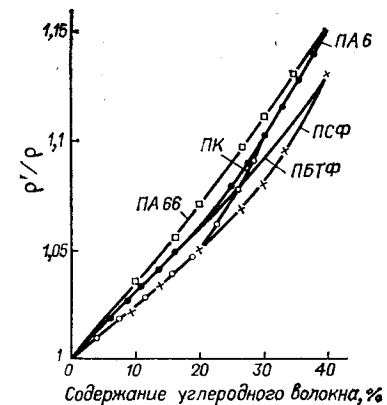


Рис. 4.39. Зависимость относительной плотности ρ'/ρ от содержания углеродного волокна. Обозначения см. рис. 4.4.

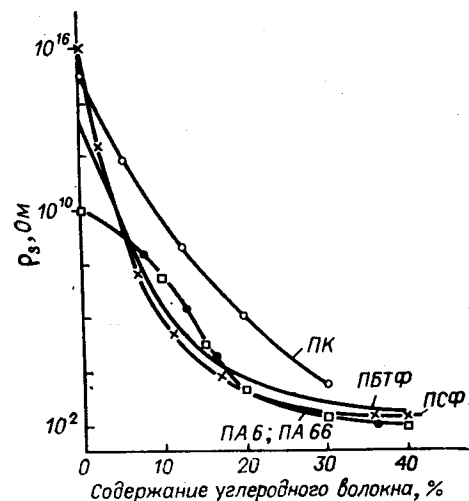


Рис. 4.40. Зависимость ρ_s от содержания углеродного волокна.

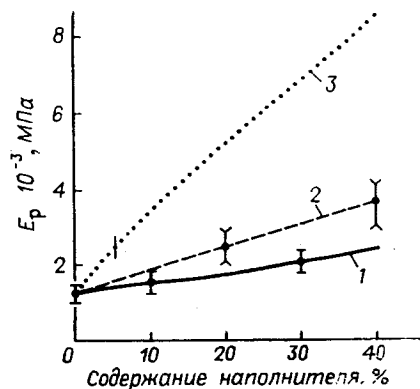


Рис. 4.41. Зависимость E_p композиций на основе ПП от содержания вводимого мела (1), талька (2), слюды (3).

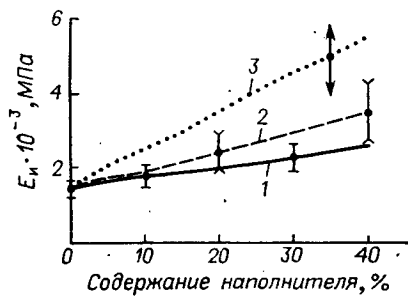


Рис. 4.42. Зависимость E_n композиций на основе ПП от содержания вводимого мела (1), талька (2), слюды (3).

Рис. 4.43. Зависимость Δ композиций на основе ПП от содержания вводимого мела (1) талька (2), слюды (3).

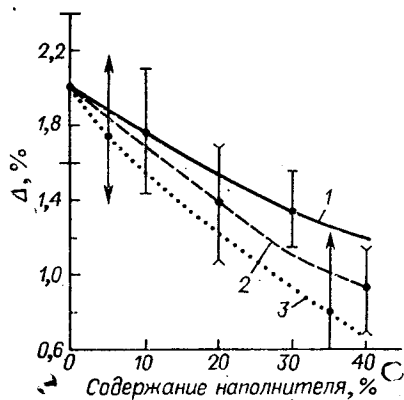


Рис. 4.44. Зависимость коэффициента α композиций на основе ПП от содержания мела (1) и талька (2).

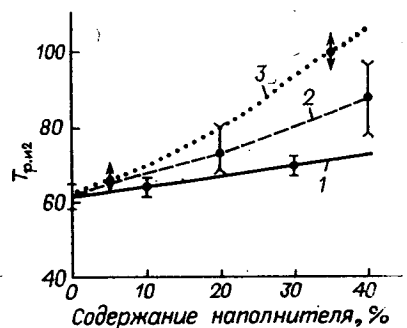
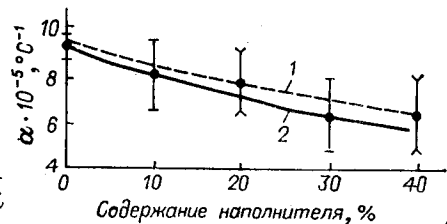


Рис. 4.45. Зависимость $T_{p, n2}$ композиций на основе ПП от содержания мела (1), талька (2), слюды (3).

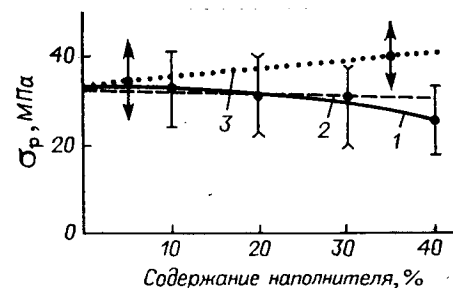


Рис. 4.46. Зависимости σ_p композиций на основе ПП от содержания мела (1), талька (2), слюды (3).

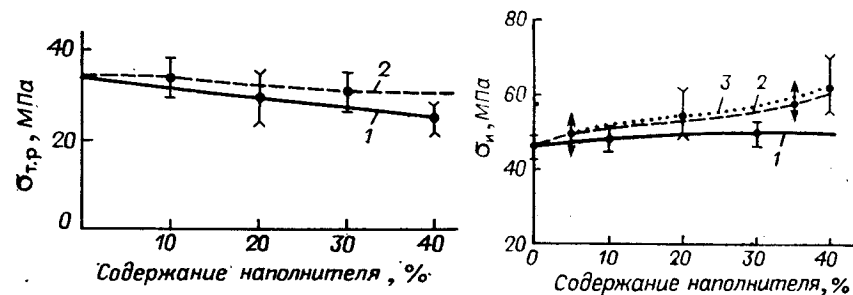


Рис. 4.47. Зависимость $\sigma_{T,p}$ композиций на основе ПП от содержания мела (1) и талька (2).

Рис. 4.48. Зависимость $\sigma_{T,p}$ композиций на основе ПП от содержания мела (1), талька (2), слюды (3).

повышению точности размеров изделий (рис. 4.43);
изотропности физических и механических свойств и усадки, что обеспечивает пониженное коробление литевых изделий;
повышению стабильности размеров изделий при работе в условиях повышенных температур — уменьшается коэффициент α (рис. 4.44);

повышению стабильности размеров изделий из композиций на основе гигроскопичных полимеров (ПА) при работе в условиях обычной и повышенной влажности — уменьшаются $V_{ст}$, V_{24} , V_p ;
улучшению внешнего вида изделий. Особенно хорошее качество поверхности изделий достигается при введении мела: поверхность гладкая и блестящая;

повышению теплостойкости $T_{p, n2}$ (рис. 4.45);
улучшению текучести и формуемости, например, при введении талька в ПП, осажденного мела в жесткий ПВХ для улучшения экструзии;

введение мела в ПВХ оказывает стабилизирующий эффект вследствие нейтрализации ионов хлора, обеспечивает сохранение эластичности пластичных композиций ПВХ, улучшает стойкость к повреждениям, уменьшается побеление на сгибах, небольшие количества осажденного мела в жестких ПВХ повышают ударную прочность.

Введение каолина во многие полимеры (особенно кальцинированного каолина в пластифицированный ПВХ и ПА) улучшает электроизоляционные свойства композиций.

При введении минеральных наполнителей механическая прочность может повышаться или снижаться (рис. 4.46—4.48).

Наряду с положительными эффектами введение минерального наполнителя вызывает отрицательные эффекты:

снижается, как правило, ударная прочность. Специальная поверхностная обработка частиц наполнителя может устранить этот недостаток;

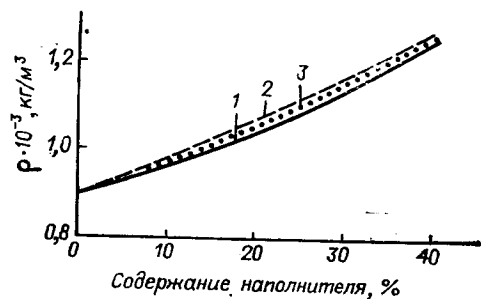


Рис. 4.49. Зависимость ρ композиций на основе ПП от содержания мела (1), талька (2), слюды (3).

Снижается эластичность — уменьшается ϵ_p ; увеличивается плотность изделий ρ (рис. 4.49); снижается стойкость к тепловому старению. Для устранения этого недостатка в композицию вводят стабилизирующие добавки.

Марки пластмасс со стеклянными шариками. Особенность стеклянных шариков как наполнителей заключается в их форме: они имеют одинаковое соотношение размеров в различных направлениях (однородную форму) и гладкую поверхность. Благодаря этому они обеспечивают равномерное распределение напряжений и изотропность свойств по всему объему изделия, а также оказывают минимальное влияние на вязкость и течение композиции. Совершенство формы обеспечивает их хорошее смачивание и благодаря специальной обработке поверхности стеклянные шарики хорошо совмещаются с любым полимером. Обычно выпускают марки с 30—50% стеклянных шариков.

Введение стеклянных шариков в полимер приводит к ряду положительных эффектов:

повышается прочность на сжатие $\sigma_{сж}$. Например, при введении 30—40% стеклянных шариков в ПА 66 $\sigma_{сж}$ увеличивается в 8 раз;

повышается жесткость при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба, сжатия — увеличиваются E_p , E_H , $E_{сж}$ (рис. 4.50, 4.51); повышается твердость H_B ;

повышается теплостойкость $T_{р.и2}$. Особенно существенно $T_{р.и2}$ увеличивается у композиций на основе кристаллизующихся полимеров — в 1,5—3 раза;

повышается стойкость к истиранию. Например, введение в ПА 12 50% стеклянных шариков увеличивает стойкость к истиранию в 10 раз;

повышается точность размеров изделий — уменьшается литьевая усадка (рис. 4.52). При этом существенно, что усадка изотропна — однородна в направлении течения расплава при заполнении формы и поперечном;

возникающие при формовании напряжения равномерно распределяются, физические и механические свойства и усадка изотропны, благодаря чему коробление литьевых изделий практически отсутствует;

повышается стабильность размеров изделий при работе в условиях повышенных температур — уменьшается α (рис. 4.53);

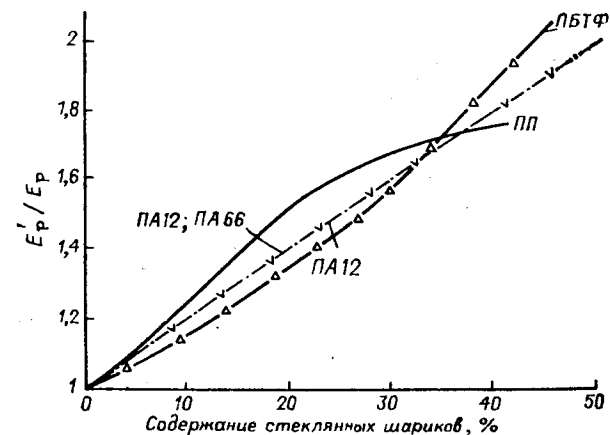


Рис. 4.50. Зависимость относительного модуля упругости при растяжении E'_p/E_p от содержания стеклянных шариков. Обозначения см. рис. 4.4.

повышается стабильность размеров изделий при работе в условиях обычной (для изделий из гигроскопичных полимеров) и повышенной влажности — уменьшаются $V_{ст}$, V_{24} , V_p (рис. 4.54, 4.55);

хорошее качество поверхности (гладкая);

малый износ перерабатывающего и смесительного оборудования, а также оснастки: практически не вызывают дополнительного износа. Это обусловлено правильностью формы стеклянных шариков и гладкостью их поверхности;

композиции со стеклянными шариками по сравнению с композициями со стекловолокном обладают лучшими технологическими

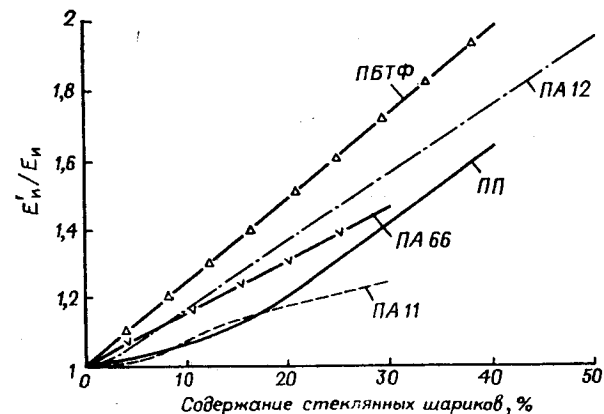


Рис. 4.51. Зависимость относительного модуля упругости при изгибе E'_H/E_H от содержания стеклянных шариков. Обозначения см. рис. 4.4.

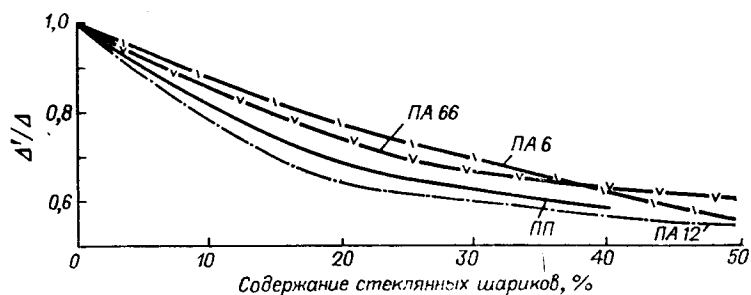


Рис. 4.52. Зависимость относительной литьевой усадки Δ'/Δ от содержания стеклянных шариков. Обозначения см. рис. 4.4.

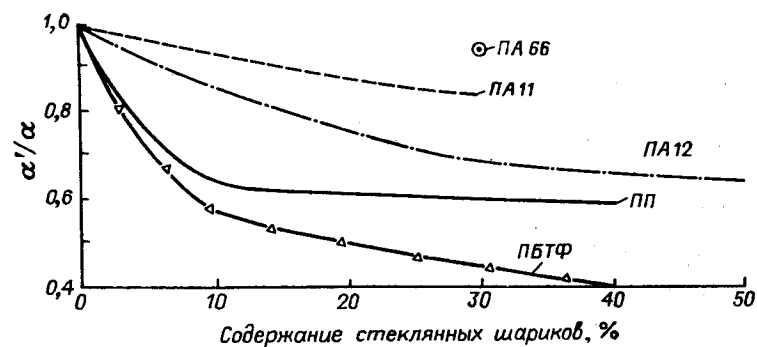


Рис. 4.53. Зависимость относительного среднего коэффициента линейного теплового расширения α'/α от содержания стеклянных шариков. Обозначения см. рис. 4.4.

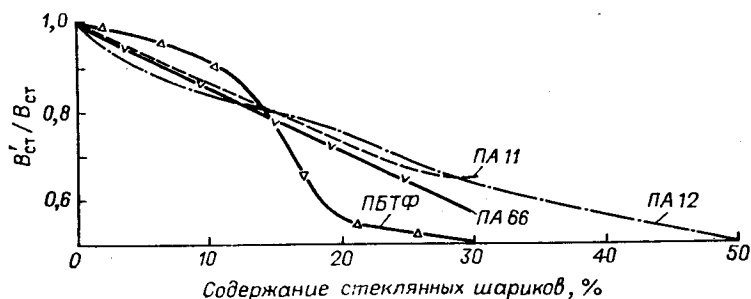


Рис. 4.54. Зависимость относительного равновесного влагопоглощения в стандартных условиях $V'_{ст}/V_{ст}$ от содержания стеклянных шариков. Обозначения см. рис. 4.4.

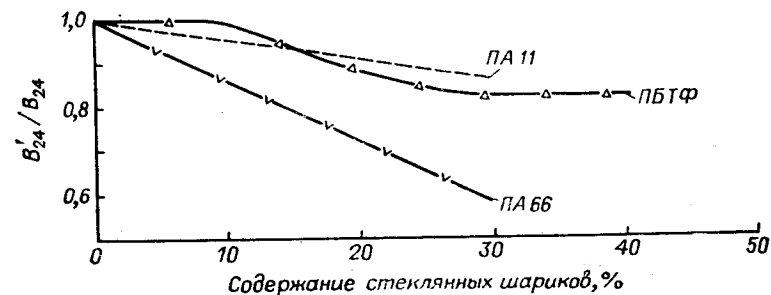


Рис. 4.55. Зависимость относительного влагопоглощения при 23 °С в течение 24 ч V'_{24}/V_{24} от содержания стеклянных шариков. Обозначения см. рис. 4.4.

свойствами, так как у них меньше увеличивается вязкость. Это объясняется тем, что шарики из всех тел любой геометрической формы имеют самую малую поверхность, а соответственно обеспечивают самое малое противодействие течению расплава. Композиции со стеклянными шариками лучше формуется в изделия сложной формы. Стеклянные шарики не разрушаются в процессе переработки.

Комбинирование различных наполнителей применяют для снижения отрицательного эффекта, вызываемого одним из наполнителей, при этом достигается требуемое сочетание свойств; для получения заданного комплекса свойств одновременно улучшают два или более эксплуатационных свойства. Все это обеспечивает более широкое и эффективное применение композиции.

Например, введение стекловолокна в полимер наряду с положительными эффектами вызывает отрицательные (см. выше), что ограничивает применение стеклонаполненных композиций. Для устранения таких отрицательных эффектов, как анизотропия возникающих при формировании внутренних напряжений и свойств, ухудшение внешнего вида изделий, увеличение вязкости композиций, наполнение стекловолокном сочетают с наполнением стеклянными шариками. Последние благодаря своей форме обеспечивают изотропность внутренних напряжений и свойств, небольшое увеличение вязкости, а благодаря гладкой поверхности — хорошее качество поверхности формованных изделий. Кроме того, стеклянные шарики улучшают распределение волокон. В результате получается композиция, обладающая преимуществами как композиции со стекловолокном, так и композиции со стеклянными шариками (см. табл. 4.8). Но комбинированные композиции со стеклянным волокном и стеклянными шариками по сравнению с композициями, наполненными только стекловолокном, имеют более низкие механическую прочность, жесткость, стойкость к ползучести, усталостную прочность.

Для улучшения качества поверхности и снижения коробления изделий, получаемых из композиций со стекловолокном, напол-

нение стекловолокном сочетают с наполнением минеральными наполнителями. Такие композиции имеют высокий показатель качество/цена.

Марки пластмасс с повышенной ударной прочностью выпускают с разным уровнем ударной вязкости. Ударная вязкость по Изоду на образцах с надрезом таких композиций при обычных условиях может достигать очень высоких значений — 1400 Дж/м, а при испытании по Шарпи образцы с надрезом из таких композиций могут не разрушаться. Ударная прочность у них менее чувствительна к надрезу и его параметрам, чем у исходных полимеров.

Ударная прочность полимеров очень резко уменьшается с понижением температуры — полимеры становятся хрупкими. Для обеспечения возможности применения полимеров в изделиях, работающих при воздействии ударных нагрузок и при пониженных температурах, создают композиционные марки полимеров с повышенной ударной прочностью, сохраняющейся при низких температурах. Ударная вязкость таких композиций при пониженных температурах становится соизмеримой или превышает ударную вязкость исходных полимеров при обычной температуре (рис. 4.56).

Ударная прочность таких гигроскопичных полимеров, как ПА, существенно зависит от влажности. Ударная вязкость этих полимеров в сухом состоянии значительно ниже, чем при обычной влажности (50—60% относительной влажности) (см. табл. 5.1). Для обеспечения возможности применения полимеров в изделиях, работающих в условиях ударных нагрузок и пониженной влажности окружающего воздуха, а также для исключения процедуры кондиционирования изделий во влажном воздухе или воде после их изготовления перед эксплуатацией создают композиционные марки полимеров с повышенной ударной прочностью, сохраняющейся в сухом состоянии. Ударная вязкость таких композиций в сухом состоянии становится соизмеримой или может превышать ударную вязкость исходных полимеров при обычной влажности.

Композиционные марки полимеров с повышенной ударной прочностью получают физической модификацией — смешением полимера с эластомерами и другими полимерами с высокой ударной вязкостью (например, полиолефинами или их сополимерами) или химической модификацией — сополимеризацией на стадии синтеза. Поэтому их свойства отличаются от свойств исходных полимеров, что необходимо учитывать при подборе марки. Композиционные марки полимеров с повышенной ударной прочностью, полученные физической модификацией, имеют, как правило, пониженные по сравнению с исходными полимерами (на примере ПА 6 это показано на рис. 4.56):

прочность и стойкость к текучести при действии кратковременной нагрузки растяжения и изгиба — пониженные σ_p , $\sigma_{т.р}$, $\sigma_{и}$;

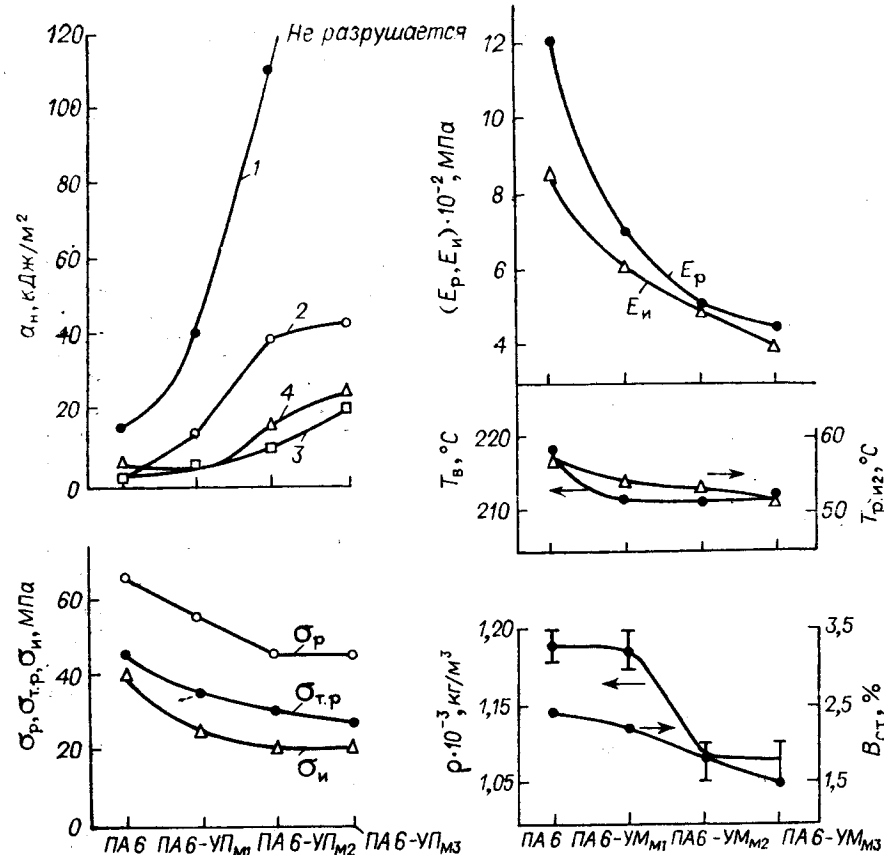


Рис. 4.56. Изменение свойств композиций с повышенной ударной прочностью, сохраняющейся при низких температурах, на основе ПА 6:
1 — a_H при 23 °С и 50 %-ной О.В. воздуха; 2 — a_H при 23 °С в сухом состоянии; 3 — a_H при -40 °С и 50 %-ной О.В. воздуха; 4 — a_H при -40 °С в сухом состоянии;
 σ_p , $\sigma_{т.р}$, $\sigma_{и}$, E_p , E_H при 23 °С и 50 % О.В.

жесткость при действии кратковременной нагрузки растяжения и изгиба — пониженные E_p , E_H ;
теплостойкость T_B и $T_{р.и 2}$.

Композиционные марки с повышенной ударной прочностью на основе ПА, ПК, ПБТФ, СФ, полученные введением полиолефинов или их сополимеров, имеют меньшую плотность (см. рис. 4.56).

Композиционные марки с повышенной ударной прочностью на основе таких гигроскопичных полимеров, как ПА, полученные введением полиолефинов или их сополимеров, имеют более низкое влаго- и водопоглощение (см. рис. 4.56). Изделия из таких композиций имеют повышенную стабильность размеров при работе в условиях обычной и повышенной влажности — незначительно

изменяют размеры при резко меняющейся влажности окружающей среды.

Марки пластмасс с повышенной эластичностью выпускают с разным уровнем эластичности (гибкости) — с разными модулями упругости. Модули упругости E_p , E_n таких композиций могут достигать очень низких значений — 200—150 МПа (рис. 4.57).

Композиционные марки полимеров с повышенной эластичностью получают главным образом пластификацией — введением в полимер пластификатора, повышающего эластичность композиции в условиях эксплуатации (другие способы получения композиций указаны в табл. 4.8). Обычно пластификаторы — это вещества, термодинамически совместимые с полимерами. Макромолекулы полярных полимеров (ПА и др.) содержат активные (полярные) группы. При пластификации полярные молекулы пластификатора экранируют полярные группы молекулярных цепей полимера и количество активных групп уменьшается. Это уменьшает внутри- и межмолекулярное взаимодействие, и подвижность (гибкость) макромолекул возрастает. Одновременно введение в полимеры пластификаторов, как правило, повышает свободный объем системы. Все это увеличивает способность композиции к большим высокоэластическим деформациям — повышается эластичность.

Введение пластификаторов изменяет многие эксплуатационные свойства полимеров, что необходимо учитывать при подборе марки (на примере ПА 12 показано на рис. 4.57):

снижается механическая прочность и стойкость к текучести при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба и сжатия — уменьшаются σ_p , $\sigma_{т.р.}$, σ_n , $\sigma_{сж.}$;

повышается ударная прочность — увеличиваются a_n , $a_{н.н.}$;

понижается теплостойкость T_B , $T_{р.и1}$, $T_{р.и2}$;

ухудшаются диэлектрические свойства: снижается стойкость к напряженности внешнего электрического поля (электрическая прочность $E_{пр}$) и уменьшается электрическое сопротивление при приложении электрического поля ρ_v ;

снижается огнестойкость: из класса самозатухающих композиции могут перейти в класс медленно горючих.

Изменением типа и количества пластификатора и совмещением разных пластификаторов получают композиционные марки с различным сочетанием эластичности, механической прочности, сопротивления удару, теплостойкости, диэлектрической прочности и огнестойкости.

Марки пластмасс многоцелевого назначения. Введение одного типа наполнителя или модификация одной модифицирующей добавкой (улучшается одно эксплуатационное свойство) часто бывает недостаточным, чтобы композиция нашла более широкое применение и могла работать в тяжелых условиях эксплуатации. Поэтому создают марки с комплексом улучшенных эксплуатационных свойств — одновременно улучшают несколько свойств.

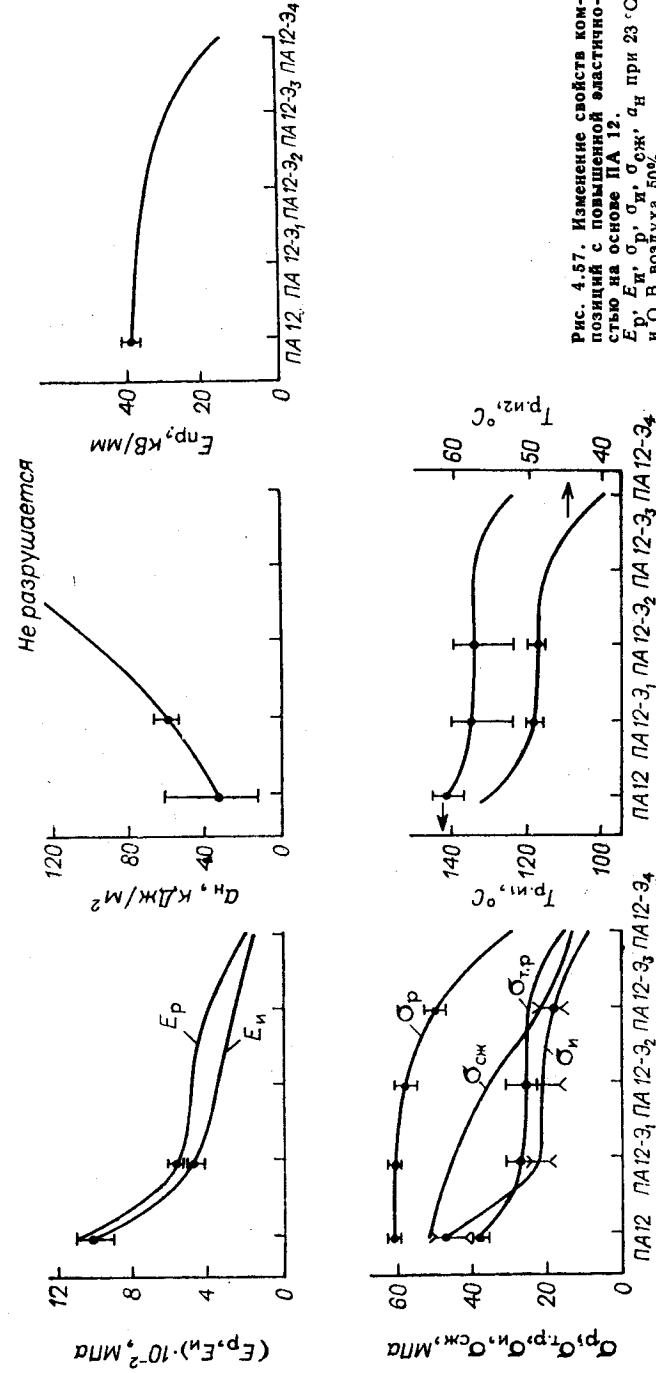


Рис. 4.57. Изменение свойств композиций с повышенной эластичностью на основе ПА 12. E_p , E_n , σ_p , $\sigma_{т.р.}$, $\sigma_{сж.}$, a_n при 23 °С и О. В. воздуха 50%.

Например, стеклонаполненные композиции удовлетворяют требованиям по механическим и диэлектрическим свойствам, теплоустойчивости, точности и стабильности размеров для работы в изделиях, которые широко применяются в электротехнике, автомобильной промышленности, судостроении, приборах бытового назначения. Но при использовании материалов в этих областях к требованиям по механическим и диэлектрическим свойствам, точности и стабильности размеров часто добавляется требование по повышенной огнестойкости. Поэтому для получения требуемого комплекса свойств, включая повышенную огнестойкость, создают марки, в которых наполнение стекловолокном сочетается с модификацией, улучшающей огнестойкость. При этом возможна модификация на стадии конфекционирования — введение в композицию веществ, понижающих горючесть композиции (антипиренов), или на стадии синтеза, когда в макромолекулу полимера вводят бром или хлор.

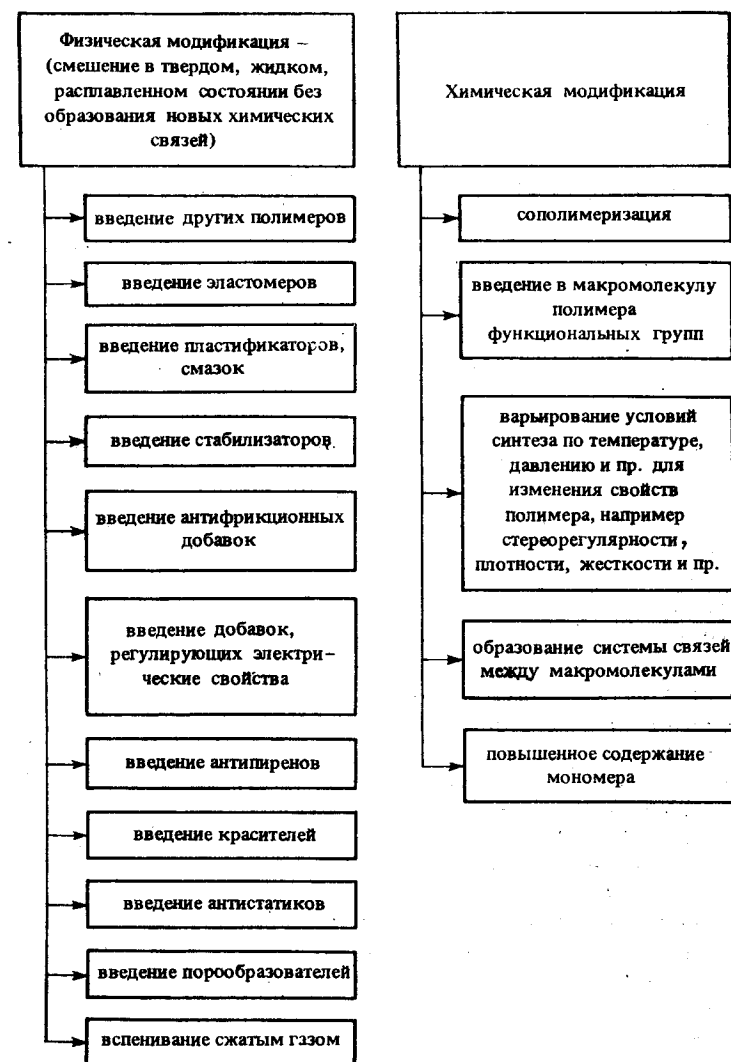
Для обеспечения длительной работоспособности изделий из стеклонаполненных композиций (или с минеральными наполнителями) на открытых площадках (различного рода нагруженные корпуса, кожухи, панели, рамы, решетки, опоры, лопасти и пр.) при действии атмосферных факторов (тепла, УФ-лучей, осадков и пр.) создают марки, сочетающие стеклонаполнение и модификацию, улучшающую атмосферостойкость (повышенная стойкость к тепловому старению, УФ-лучам, влаге и их различному сочетанию). Такие стеклонаполненные композиции получают введением термо-, светостабилизаторов, стабилизаторов против гидролиза, антиоксидантов и других стабилизирующих добавок.

Распространены также и другие марки многоцелевого назначения: наполненные стекловолокном и с улучшенными антифрикционными свойствами (вводят антифрикционные добавки: ПТФЭ, ТФЭ, графит, MoS_2 , сульфат бария и др.); наполненные стекловолокном, с улучшенной огнестойкостью и улучшенными антифрикционными свойствами; наполненные стекловолокном (или минеральным наполнителем), с улучшенной огнестойкостью и с улучшенной атмосферостойкостью (например, к тепловому старению); наполненные стекловолокном и с повышенной стойкостью к тепловому старению и горячей воде; наполненные стекловолокном и вспененные; наполненные стекловолокном, вспененные и с улучшенной огнестойкостью и пр. (см. Приложение 4).

Широкое применение получили такие комбинированные композиционные марки, как с улучшенной огнестойкостью и улучшенной стойкостью к УФ-лучам; повышенной эластичностью и улучшенной стойкостью к УФ-лучам и тепловому старению; улучшенными антифрикционными свойствами и улучшенной огнестойкостью; вспененные и с улучшенной огнестойкостью и пр. (см. Приложение 4).

Большие перспективы для расширения эксплуатационных возможностей полимеров имеет комбинирование различных поли-

Схема 4.6. Основные способы направленного регулирования свойств полимеров для создания марок пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами



меров и эластомеров. Например, при комбинировании ПК, эластомера и ПБТФ получается композиция с ценным сочетанием свойств: повышенной ударной прочностью, сохраняющейся при низких температурах (обеспечивает эластомер), повышенной химической стойкостью (к бензину, маслам) и способностью к окрашиванию при высоких температурах (обеспечивает ПБТФ). Ее применяют для изготовления бамперов автомобилей (можно

окрашивать на потоке). Полимер-полимерные композиции улучшают химические, физические, адгезионные, механические и реологические свойства. Поэтому создание таких композиций — важное средство в расширении эксплуатационных возможностей полимеров и улучшении их перерабатываемости.

Основные способы направленного регулирования свойств полимерной матрицы для создания композиционных марок с улучшенными эксплуатационными свойствами приведены на схеме 4.6.

4.4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПОЛУЧЕНИЯ МАРОЧНОГО АССОРТИМЕНТА ПЛАСТМАСС

Композиционные марки с улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами получают на стадии конфекционирования, т. е. на стадии обработки полимеров после синтеза. На стадии синтеза получают базовые марки полимера. Причем для ряда полимеров эти марки могут иметь колебания вязкости больше, чем требуется по условиям перерабатываемости. Доведение вязкости этих марок до допустимых пределов проводится также на стадии конфекционирования. Для этого используют способы гомогенизации (смешения) партий полимера, поступающих со стадии синтеза до требуемых вязкостных показателей. Улучшение базовых марок введением смазок, структурообразователей и других добавок также производится на стадии конфекционирования. Композиционные марки с улучшенными эксплуатационными свойствами получают главным образом на этой стадии.

Принципиальная схема конфекционирования приведена на рис. 4.58. Она включает стадии: накопления и гомогенизации (I), дозирования и смешения (II), грануляции (III), затаривания и автоматического складирования (IV). Работа производства конфекционирования осуществляется в следующей последовательности. Материал со стадии синтеза непрерывно поступает в один из бункеров 1—3. Один бункер заполняется, второй бункер разгружается, материал из третьего бункера находится на анализе. Из бункеров 1—3 материал через распределитель 4 поступает в один из бункеров-накопителей 5. Каждый из них предназначен для полимера определенного диапазона вязкости. Из бункеров-накопителей 5 в зависимости от того, какая требуется вязкость, полимер подают в бункер 6, откуда дозатором 7 — на весы 15. В эти же весы через весы 14 подают необходимые твердые добавки и наполнители из бункеров 9, 10, 12 дозаторами 8, 11, 13. С весов 15 дозированные порции полимера, добавок и наполнителей подают на первую стадию смешения в смеситель 19. На эту же стадию подают красители из дозирочного устройства 17, а также различные жидкие добавки (смазки, пластификаторы и т. д.) из мерника 18, куда они поступают из емкостей 16. После окончания первой стадии цикла смешения в смесителе 19 материал подают на вторую стадию смешения в смеситель 20 с охла-

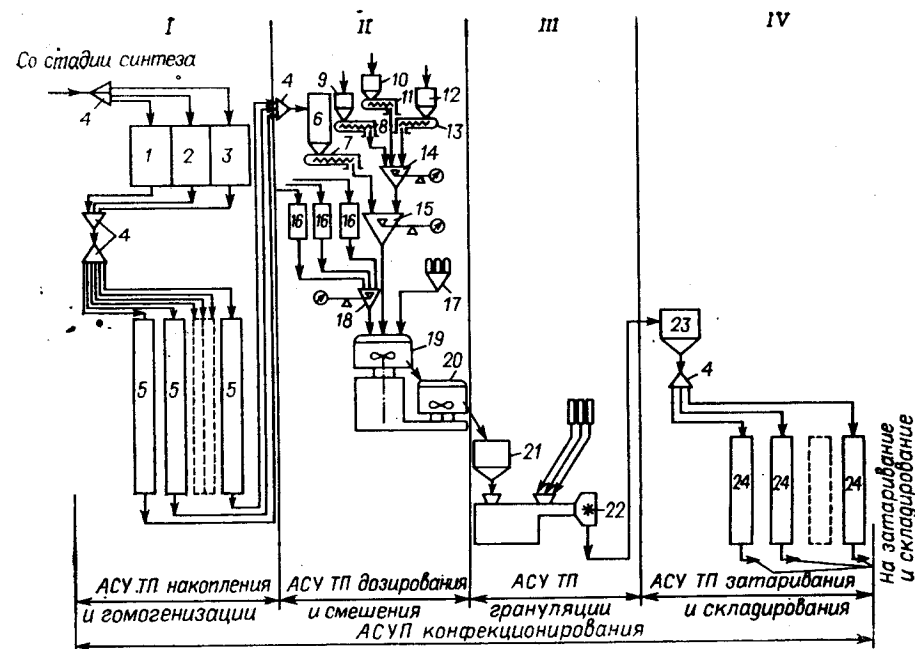


Рис. 4.58. Принципиальная схема конфекционирования:

I — стадия накопления и гомогенизации материала; II — стадия дозирования и смешения; III — стадия гранулирования; IV — стадия затаривания и автоматического складирования.

Остальные обозначения см. в тексте.

ждающей рубашкой, в котором он, перемешиваясь, охлаждается до комнатной температуры. Далее композицию подают в промежуточный бункер 21, а оттуда — в гранулятор 22. Гранулированный материал пневмотранспортом через сборник 23 и распределитель 4 подают в бункеры-накопители 24, а из них — на затаривание и на склад. Стеклонаполненные композиции получают добавлением стекловолна или стекловолокна, которые подают в одну из зон гранулятора.

Производства конфекционирования создают по «гибким» схемам, т. е. подбирают такой состав оборудования и такое число линий, которые обеспечивали бы возможность изготовления разнообразного ассортимента марок, включая различные цвета и оттенки.

Переход с одной рецептуры на другую и обеспечение стабильной работы производства конфекционирования достигается использованием систем автоматического управления технологическими процессами отдельных стадий и автоматическим управлением производства конфекционирования в целом. Важное значение систем автоматического управления в сочетании с «гибкими» производствами конфекционирования в том, что в условиях

крупнотоннажного серийного производства удается рационально изготавливать различные марки в небольшом объеме (до 30 т). Это позволяет полностью удовлетворить потребности народного хозяйства полимерными материалами в разнообразном марочном ассортименте.

Глава 5

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПЛАСТМАСС

Работоспособность пластмасс зависит от параметров эксплуатации: температуры, нагрузки, продолжительности их действия, влажности окружающей среды и др. Влияние этих параметров на работоспособность необходимо учитывать при выборе пластмасс для изделий.

5.1. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОЙ НАГРУЗКЕ

5.1.1. Влияние температуры, универсальные температурные зависимости механических свойств

Влияние температуры на механическую прочность пластмасс и стойкость к текучести. Повышение температуры эксплуатации снижает межмолекулярное взаимодействие в полимере, что уменьшает его прочность и стойкость к текучести при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба и сжатия. На рис. 5.1—5.4 изменение прочности и предела текучести в зависимости от температуры T показано в относительных координатах: параметр $(\sigma_p(T), \sigma_{т.р}(T), \sigma_{н}(T), \sigma_{сж}(T))$ при текущей температуре T нормируется по этому же параметру $(\sigma_p(T=20), \sigma_{т.р}(T=20), \sigma_{н}(T=20), \sigma_{сж}(T=20))$ при $T = 20^\circ\text{C}$. С понижением температуры ниже обычной прочность и предел текучести увеличиваются.

У полимеров, различающихся химическим строением, повышение температуры по-разному влияет на механические свойства. Температурные характеристики прочности и предела текучести аморфных полимеров существенно зависят от температуры стеклования T_c (температура перехода из твердого в высокоэластическое состояние). Чем выше T_c полимера или температура размягчения по Вика T_B (T_B коррелирует с T_c), тем меньшая температурная зависимость механических свойств наблюдается у этого полимера: выше лежит температурная зависимость в относительных координатах.

У кристаллизующихся полимеров наблюдается более сильная температурная зависимость прочности и предела текучести, чем

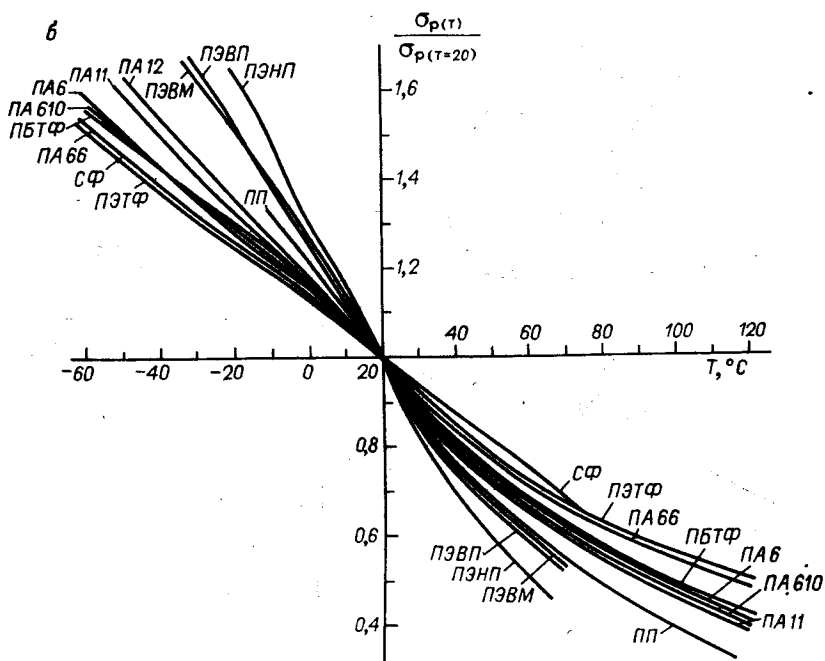
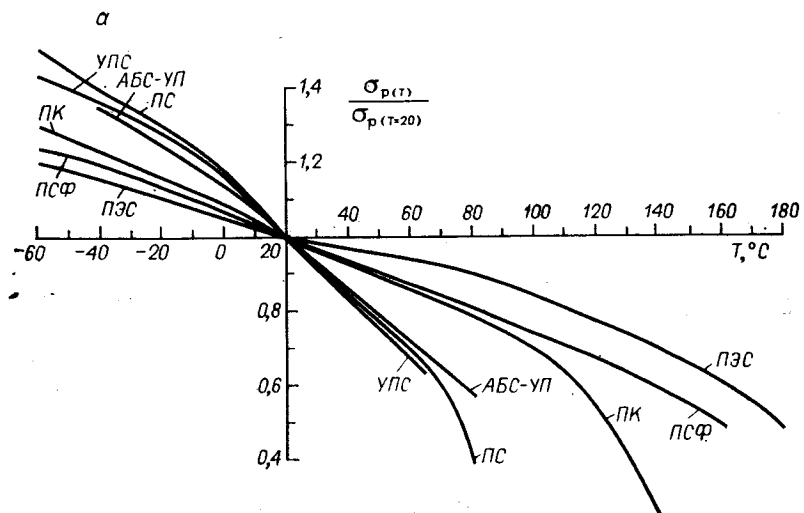


Рис. 5.1. Зависимость относительной прочности при разрыве $\sigma_p(T)/\sigma_p(T=20)$ от температуры для полимеров:
а — аморфных; б — кристаллизующихся.
Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60%.

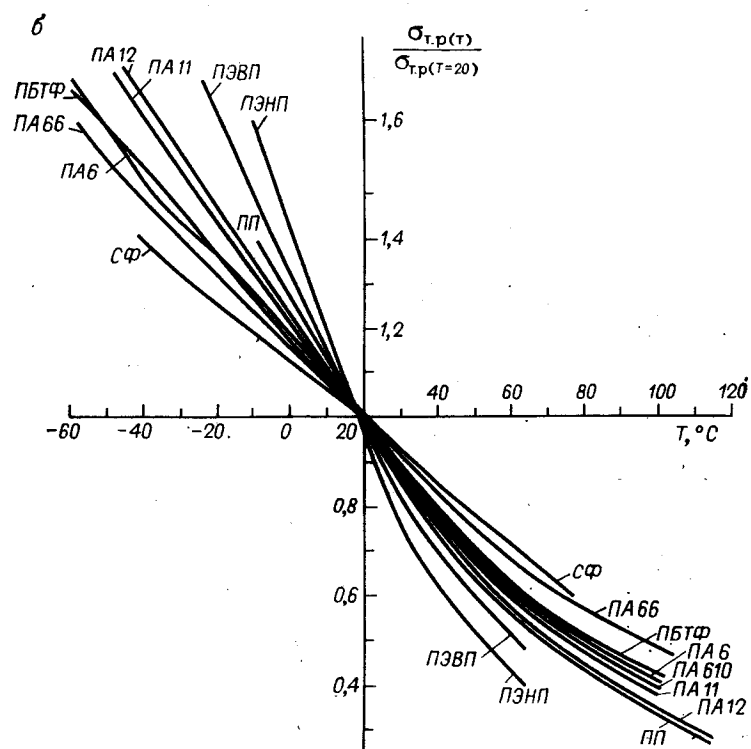
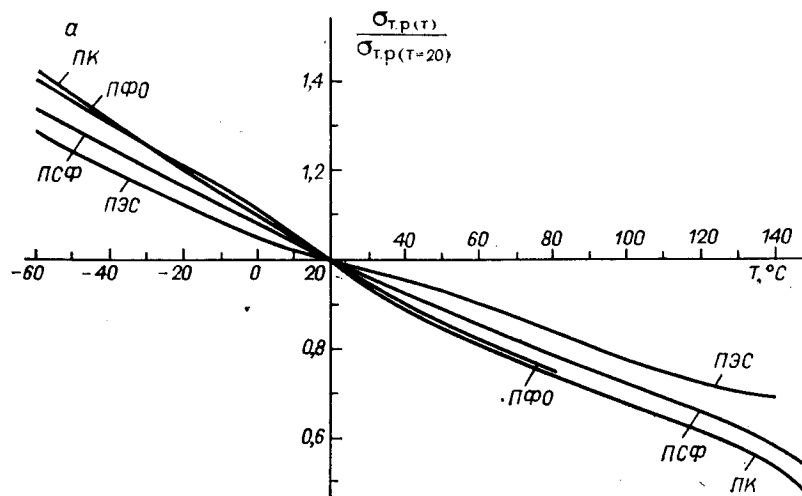


Рис. 5.2. Зависимость относительного предела текучести при растяжении $\sigma_{т.р}(T)/\sigma_{т.р}(T=20)$ от T для полимеров:

a — аморфных; b — кристаллизующихся.
Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50–60 %.

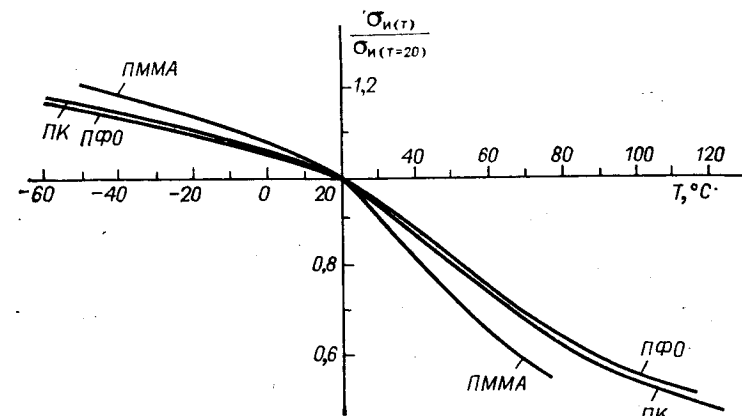


Рис. 5.3. Зависимость относительной прочности при изгибе $\sigma_{и}(T)/\sigma_{и}(T=20)$ от T для аморфных полимеров.

у аморфных, если сравнивать кристаллизующиеся и аморфные полимеры с примерно одинаковыми температурами перехода из твердого в высокоэластическое состояние (для кристаллизующихся полимеров это температура плавления $T_{пл}$) или с примерно одинаковой теплостойкостью по Вика T_B (для кристаллизующихся полимеров T_B коррелирует с $T_{пл}$). Это связано с тем, что кристаллизующиеся полимеры в твердом состоянии имеют еще одну температуру перехода: температуру стеклования T_c . Наличие в интервале температур твердого состояния (до $T_{пл}$) температуры стеклования T_c (температура перехода аморфной фазы) усиливает

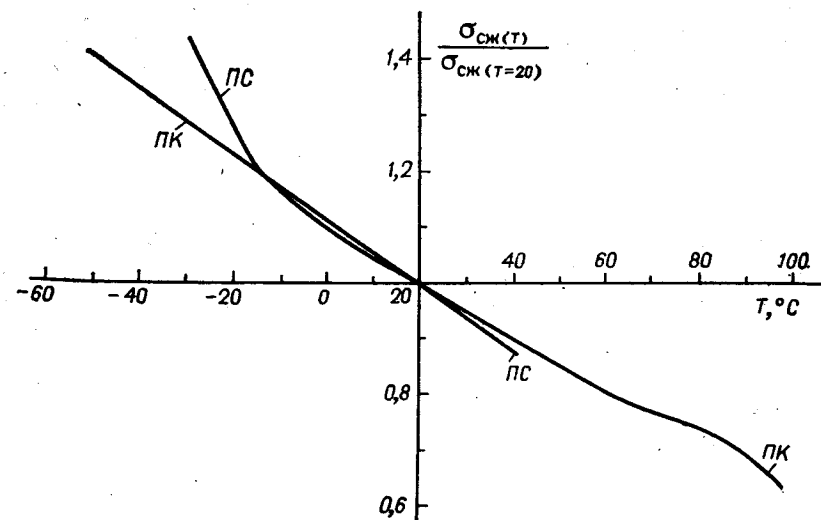


Рис. 5.4. Зависимость относительной прочности при сжатии $\sigma_{сж}(T)/\sigma_{сж}(T=20)$ от T для аморфных полимеров.

температурную зависимость механических свойств кристаллизующихся полимеров.

Температурные зависимости прочности и предела текучести кристаллизующихся полимеров главным образом определяются температурой плавления $T_{пл}$ (или теплостойкостью по Вика T_B): чем больше $T_{пл}$ (или T_B) полимера, тем слабее температурная зависимость и тем в меньшей мере снижаются прочность и предел текучести этого полимера с повышением температуры эксплуатации. Исключение составляют кристаллизующиеся полимеры со сравнительно большой разницей между температурой плавления $T_{пл}$ и стеклования T_c , у которых отношение $T_{пл}/T_c > 2,05$ (при T в К). К таким полимерам относятся полиформальдегид и сополимеры формальдегида. Они проявляют более слабую температурную зависимость свойств по сравнению с большинством кристаллизующихся полимеров, у которых $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К). У кристаллизующихся полимеров с большой разницей между температурами плавления $T_{пл}$ и стеклования T_c ослабевает влияние температуры стеклования T_c (температуры перехода) на температурную зависимость механических свойств.

Полимеры инженерно-технического назначения (ПЭС, ПСФ, ПК, ПФО, ПАР, ПЭТФ, ПБТФ, ПА 66, ПА 6, ПА 610, ПА 11, ПА 12, ПФ, СФ) имеют более высокую теплостойкость по Вика T_B (150—250 °С), чем полимеры общетехнического назначения (ПЭ, ПП, ПС, ПВХ, ПММА и их сополимеры) — $T_B < 150$ °С (см. схему 3.1). Поэтому у полимеров инженерно-технического назначения наблюдается меньшая температурная зависимость прочности и предела текучести: повышение температуры вызывает меньшее снижение свойств (сравнение проводится отдельно для полимеров, относящихся к классу аморфных и кристаллизующихся). Среди полимеров инженерно-технического назначения наиболее слабое влияние температура оказывает на механические свойства аморфных полимеров ПЭС, ПСФ, ПК, ПФО.

Полимеры инженерно-технического назначения имеют высокую прочность и предел текучести при действии кратковременной нагрузки и обычной температуре ($\sigma_p > 45$ МПа, $\sigma_{т.р.} > 35$ МПа). Сравнительно слабая температурная зависимость этих свойств у полимеров инженерно-технического назначения (особенно аморфных) приводит к тому, что они сохраняются высокими в широком диапазоне температур. Поэтому полимеры инженерно-технического назначения можно применять для изготовления изделий, которые работают при повышенных температурах и к которым предъявляют повышенные требования по прочности или стойкости к текучести при действии кратковременной механической нагрузки. Полимеры общетехнического назначения имеют более низкие прочность и предел текучести при действии кратковременной нагрузки и обычной температуре, которые, к тому же, резко снижаются с повышением температуры. Поэтому полимеры общетехнического назначения неработоспособны при повышен-

ных температурах (выше 50—65 °С) даже при кратковременном механическом нагружении.

Термостойкие полимеры ФН, ПИ, ПБО, ПОД, ПАИ ($T_B > 250$ °С) имеют очень высокие прочность и предел текучести при действии кратковременной нагрузки и обычной температуре ($\sigma_p > 70$ МПа, $\sigma_{т.р.} > 55$ МПа) и очень слабую температурную зависимость этих свойств в широком интервале температур. Поэтому термостойкие полимеры имеют хорошие показатели прочности при высоких температурах и их можно применять для изготовления изделий, которые работают при высоких температурах и к которым предъявляют повышенные требования по прочности при кратковременном нагружении.

Введение армирующего наполнителя в полимеры (стекловолокна, асбестового волокна и др.) повышает прочность при кратковременном нагружении (см. гл. 4). Армирование этими наполнителями оказывает некоторое влияние на температурную зависимость прочности: наполненные полимеры проявляют несколько меньшую температурную зависимость прочности, чем ненаполненные полимеры (рис. 5.5, 5.6).

Влияние температуры на жесткость. Ослабление межмолекулярного взаимодействия при повышении температуры эксплуатации кроме снижения прочности и стойкости к текучести уменьшает также жесткость полимеров при действии кратковременной нагрузки растяжения, изгиба и сжатия: уменьшаются модули упругости E_p , E_n , $E_{сж}$. На рис. 5.7, 5.8 изменение модуля в зависимости от температуры T показано в относительных координатах: модуль ($\bar{E}_p(T)$, $\bar{E}_n(T)$) при текущей температуре T нормируется по тому же модулю ($E_p(T=20)$, $E_n(T=20)$) при $T = 20$ °С. С понижением температуры ниже обычной жесткость полимеров возрастает.

Для температурной зависимости модуля упругости различных полимеров характерны те же особенности, что и для температурной зависимости прочности и предела текучести:

температурная зависимость модуля упругости аморфных полимеров главным образом определяется температурой стеклования T_c (или теплостойкостью по Вика T_B): чем больше T_c (или T_B) полимера, тем меньшее влияние температура оказывает на модуль упругости этого полимера;

Кристаллизующиеся полимеры проявляют более сильную температурную зависимость модуля упругости, чем аморфные, если сравнивать кристаллизующиеся и аморфные полимеры с примерно одинаковой теплостойкостью по Вика, что также может быть объяснено наличием температуры T_c (температуры перехода) в интервале температур, когда кристаллизующийся полимер находится в твердом состоянии, т. е. до температуры плавления $T_{пл}$;

температурная зависимость кристаллизующихся полимеров определяется температурой плавления $T_{пл}$ (или теплостойкостью

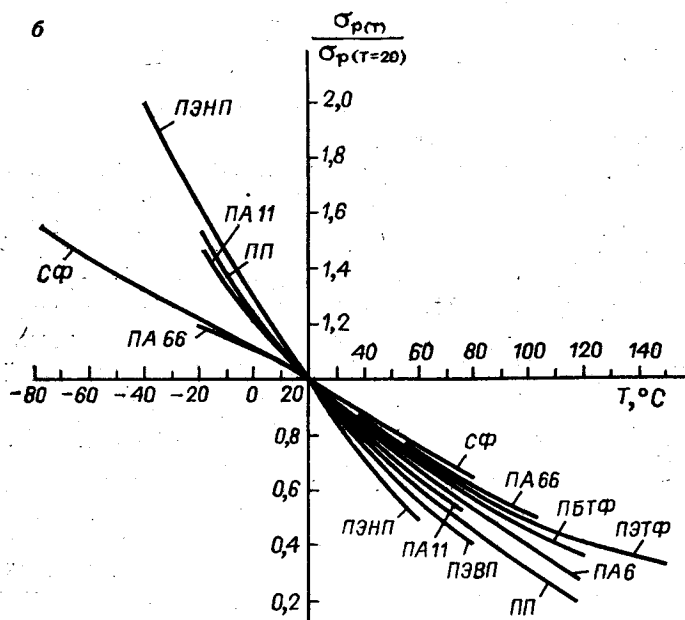
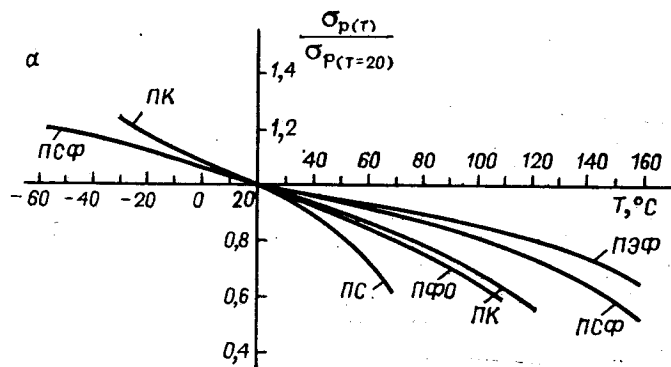


Рис. 5.5. Зависимость относительной прочности при растяжении $\sigma_p(T)/\sigma_p(T=20)$ от T для стеклонаполненных полимеров:

а — аморфных; б — кристаллизующихся.
Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

но Вика T_B) и разностью между температурами плавления $T_{пл}$ и стеклования T_c (или отношением $T_{пл}/T_c$). Для большинства полимеров $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К). У них наблюдается корреляция между температурной зависимостью модуля упругости и $T_{пл}$ (или T_B): температурная зависимость ослабевает с повышением $T_{пл}$ (или T_B).

Полимеры инженерно-технического назначения имеют более высокие модули упругости при обычной температуре и вследствие

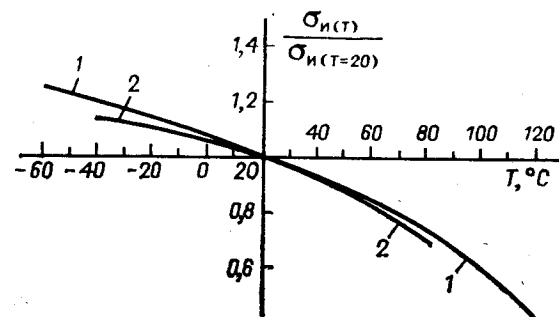


Рис. 5.6. Зависимость относительной прочности при изгибе $\sigma_{и}(T)/\sigma_{и}(T=20)$ от T для стеклонаполненных ПК (1) и ПФО (2).

высокой теплостойкости ($T_B > 150^\circ\text{C}$) проявляют сравнительно слабую температурную зависимость модуля упругости (особенно аморфные ПЭС, ПС, ПК, ПФО). Поэтому они сохраняют хорошую жесткость в широком интервале температур и могут применяться для жестких изделий, работающих при повышенных температурах и кратковременном нагружении. Некоторые полимеры общетехнического назначения (ПС, АБС, ПВХВ, ПММА, СММА, МС, МСН) также имеют хорошую жесткость при обычной температуре, но из-за низкой теплостойкости ($T_B < 150^\circ\text{C}$) модули упругости этих полимеров резко уменьшаются с повышением температуры. Поэтому их нельзя применять для изготовления жестких нагруженных изделий, работающих при повышенных температурах (более $50\text{--}65^\circ\text{C}$). Термостойкие полимеры ($T_B > 250^\circ\text{C}$) отличаются высокой жесткостью при обычной температуре ($E_p, E_n > > 3000$ МПа) и слабым уменьшением модуля упругости с повышением температуры в очень широком интервале температур. Благодаря этому при высоких температурах эти полимеры сохраняют высокую жесткость. Армирование стекловолокном повышает жесткость: модули упругости увеличиваются (см. гл. 4). При этом несколько уменьшается влияние температуры на модули упругости: стеклонаполненные полимерные композиции проявляют несколько меньшую температурную зависимость жесткости, чем ненаполненные полимеры (рис. 5.9, 5.10).

Универсальные температурные зависимости механических свойств. Температурные зависимости механических свойств (прочности, предела текучести, модуля упругости) аморфных полимеров определяются температурой стеклования T_c (или теплостойкостью по Вика T_B). В приведенных координатах $T-20/(T_B-20)$, в которых удаленность текущей температуры T (T в $^\circ\text{C}$) от 20°C ($T-20$) нормируется по удаленности температуры T_B (T_B в $^\circ\text{C}$) от той же температуры 20°C (T_B-20), относительные температурные зависимости прочности при разрыве $\sigma_p(T)/\sigma_p(T=20)$ различных аморфных полимеров обобщаются (с определенной точностью) в одну кривую (рис. 5.11). Эта кривая носит универ-

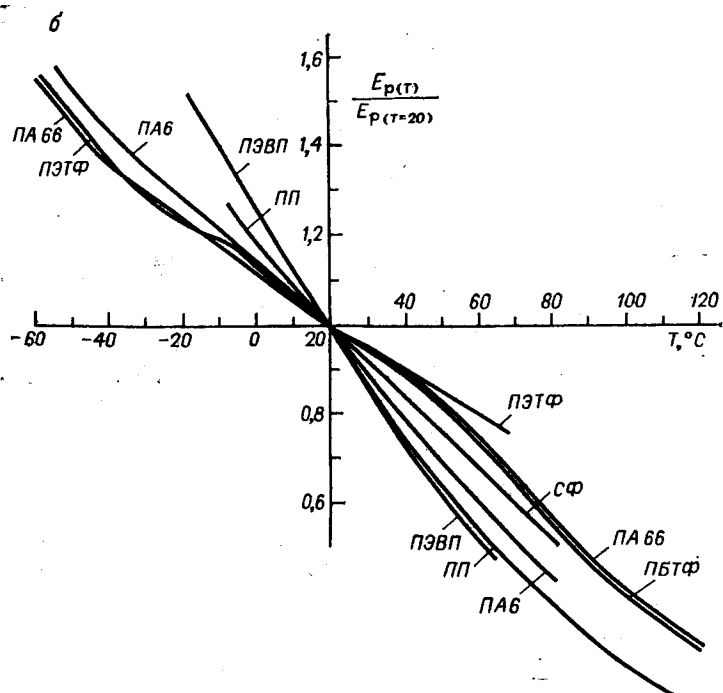
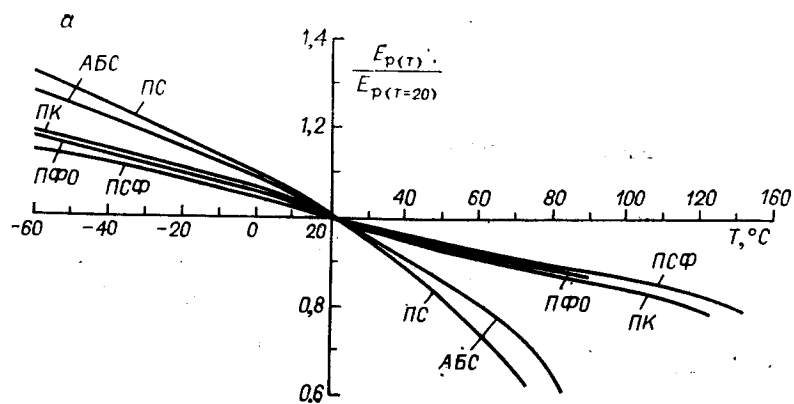


Рис. 5.7. Зависимость относительного модуля упругости при растяжении $E_p(T)/E_p(T=20)$ от T для полимеров:
 а — аморфных; б — кристаллизующихся.
 Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

сальный характер, т. е. справедлива для различных аморфных полимеров. Аналогичные универсальные температурные зависимости справедливы для других механических свойств аморфных полимеров: предела текучести при растяжении, прочности при изгибе, модуля упругости при растяжении и изгибе (рис. 5.12—

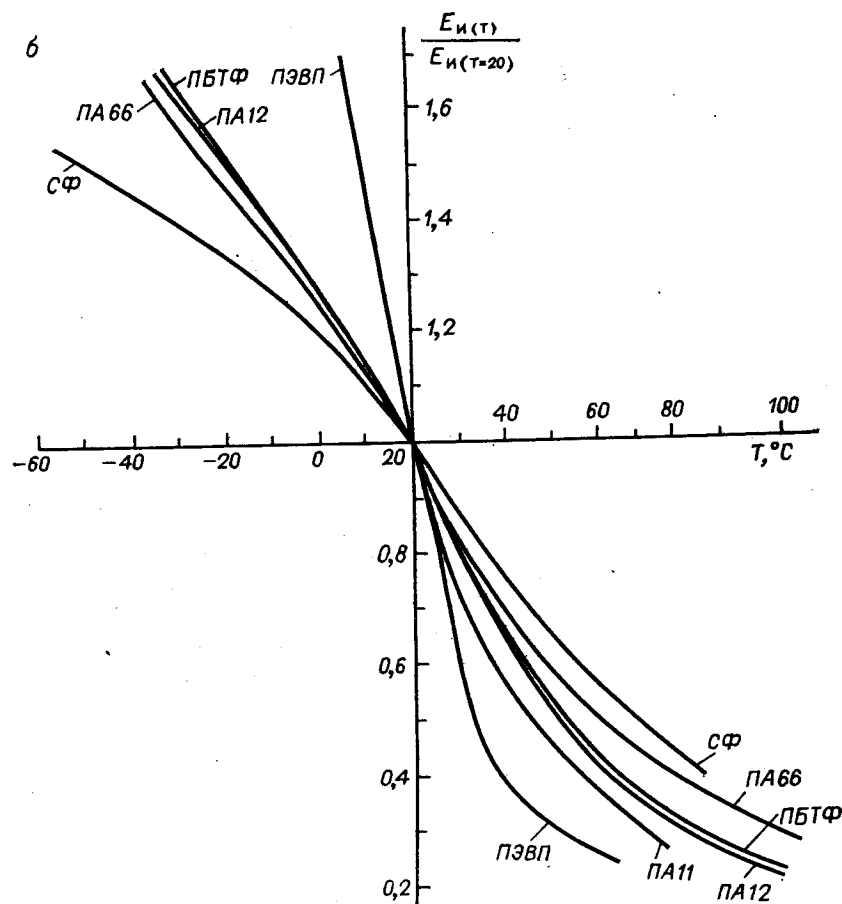
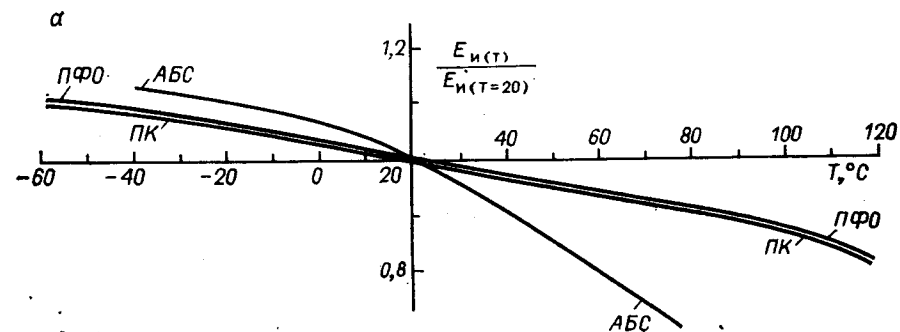


Рис. 5.8. Зависимость относительного модуля упругости при изгибе $E_n(T)/E_n(T=20)$ от T для полимеров:
 а — аморфных; б — кристаллизующихся.
 Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

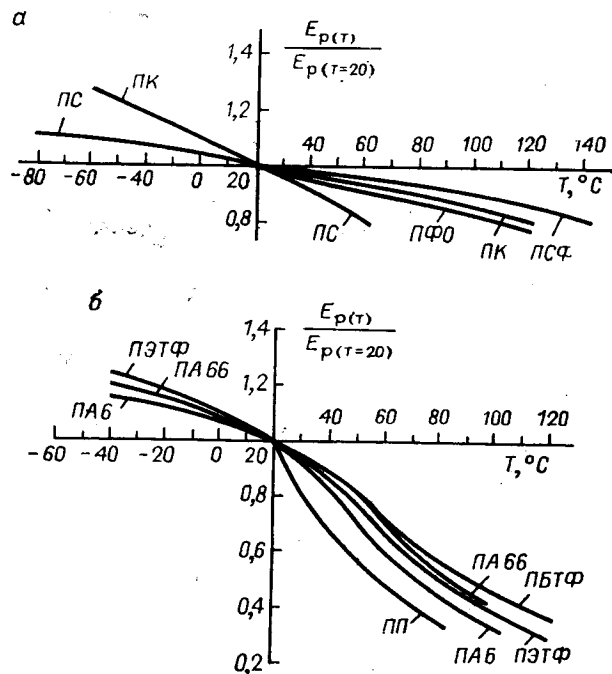


Рис. 5.9. Зависимость относительного модуля упругости при растяжении $E_p(T)/E_p(T=20)$ от T для стеклонаполненных полимеров: а — аморфных; б — кристаллизующихся. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50–60 %.

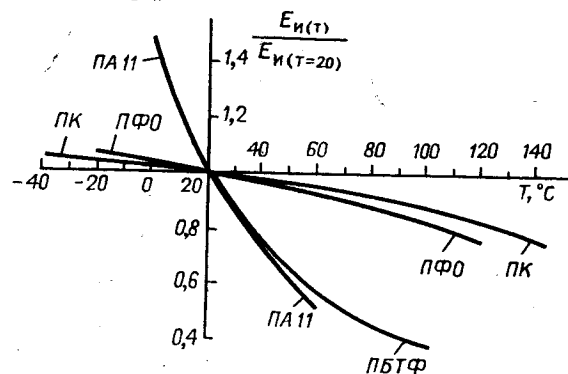


Рис. 5.10. Зависимость относительного модуля упругости при изгибе $E_n(T)/E_n(T=20)$ от T для стеклонаполненных полимеров. а — аморфных; б — кристаллизующихся. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50–60 %

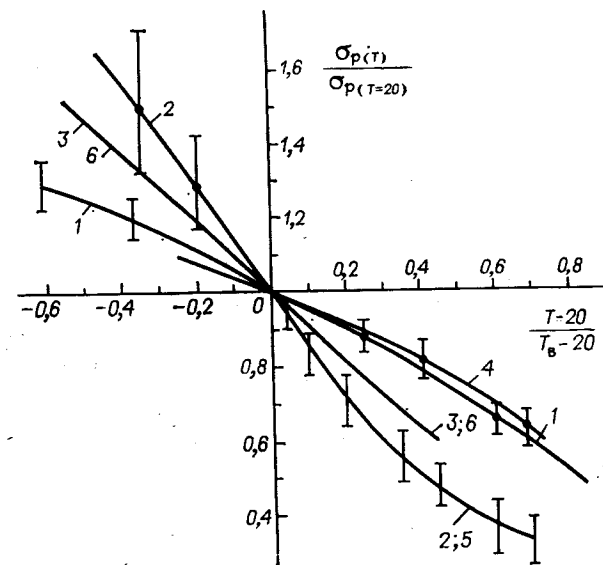


Рис. 5.11. Универсальные температурные зависимости σ_p :

1 — аморфные полимеры (проверено на ПС, УПС, АБС-УП, ПК, ПСФ, ПЭС); 2 — кристаллизующиеся полимеры с $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К) (проверено на ПЭНП, ПЭВП, ПЭВМ, ПП, ПА 66, ПА 6, ПА 610, ПА 11, ПБТФ, ПЭТФ); 3 — кристаллизующиеся полимеры с $T_{пл}/T_c > 2,05$ (при T в К) (СФ); 4 — стеклонаполненные композиции на основе аморфных полимеров (проверено на ПС, ПК, ПФО, ПСФ, ПЭС); 5 — стеклонаполненные композиции на основе кристаллизующихся полимеров с $T_{пл}/T_c < 1,7$ при T в К (проверено на ПЭВП, ПП, ПА 66, ПА 6, ПА 11, ПБТФ, ПЭТФ); 6 — стеклонаполненные композиции на основе кристаллизующихся полимеров с $T_{пл}/T_c > 2,05$ (при T в К) (СФ).

5.15). Использование в методе приведенных координат теплоустойкости по Вика T_B , а не температуры стеклования объясняется тем, что температура T_B чаще приводится в справочной литературе (гл. 6).

Температурные зависимости механических свойств (прочности, предела текучести, модуля упругости) кристаллизующихся полимеров определяются температурой плавления $T_{пл}$ (или теплоустойкостью по Вика T_B) и разностью между температурами плавления $T_{пл}$ и стеклования T_c (или отношением $T_{пл}/T_c$). В приведенных координатах $T - 20/(T_B - 20)$ относительные температурные зависимости прочности при разрыве $\sigma_p(T)/\sigma_p(T=20)$ кристаллизующихся полимеров обобщаются с определенной точностью в две кривые. Одна универсальная температурная зависимость характерна для большинства кристаллизующихся полимеров, которые имеют отношение $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К), другая — для кристаллизующихся полимеров, которые имеют большую разность между температурами плавления $T_{пл}$ и стеклования T_c (отношение $T_{пл}/T_c > 2,05$ при T в К). Аналогичные универсальные температурные зависимости справедливы для дру-

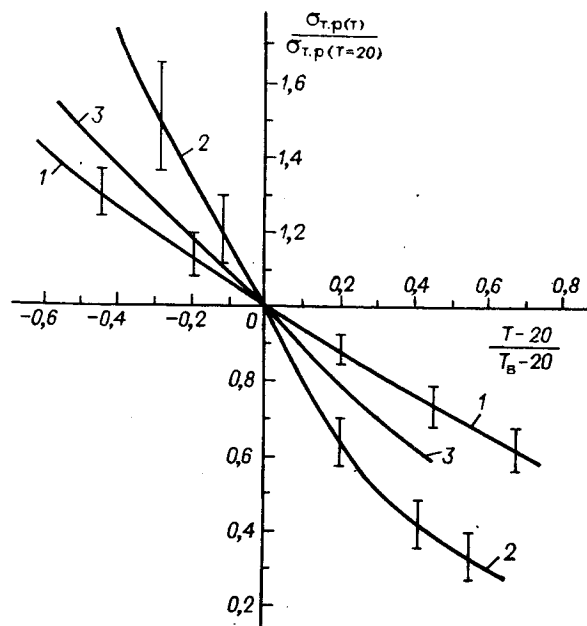


Рис. 5.12. Универсальные температурные зависимости $\sigma_{т.р}$ для полимеров:

1 — аморфных (проверено на ПК, ПФО, ПСФ, ПЭС); 2 — кристаллизующихся с $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К) (проверено на ПЭВП, ПП, ПА 66, ПА 6, ПБТФ, ПЭТФ); 3 — кристаллизующихся с $T_{пл}/T_c > 2,05$ (при T в К) (СФ).

гих механических свойств кристаллизующихся полимеров: предела текучести при растяжении, прочности при изгибе, модуля упругости при растяжении и изгибе (см. рис. 5.12, 5.14, 5.15).

Подобно аналогичным зависимостям ненаполненных полимеров температурные зависимости механических свойств (проч-

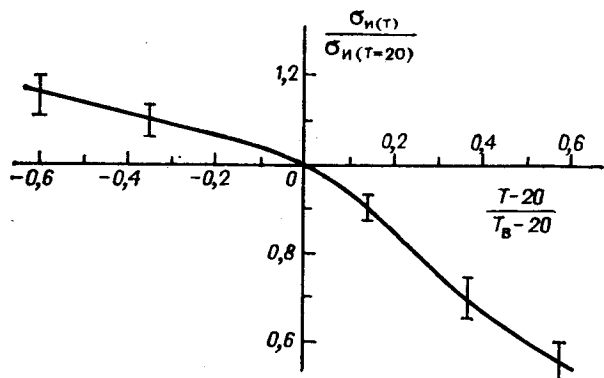


Рис. 5.13. Универсальные температурные зависимости $\sigma_{и}$ для аморфных полимеров (проверено на ПММА, ПК, ПФО).

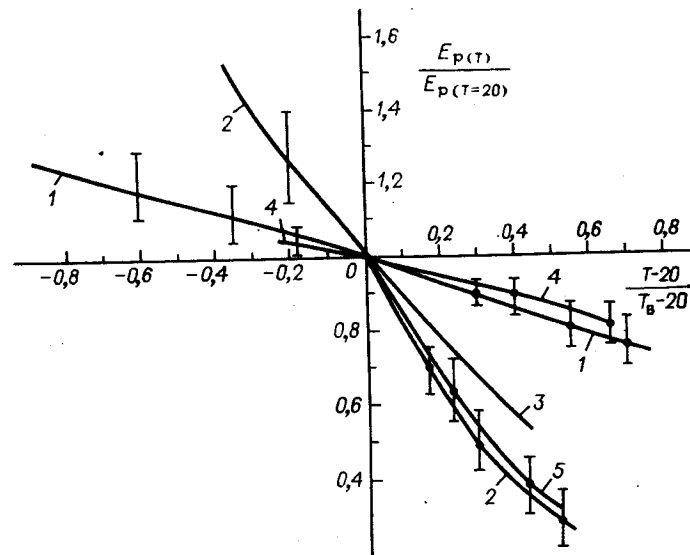


Рис. 5.14. Универсальные температурные зависимости E_p :

1 — аморфные полимеры (проверено на ПС, АБС, ПК, ПФО, ПСФ); 2 — кристаллизующиеся полимеры с $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К) (проверено на ПЭВП, ПП, ПА 66, ПА 6, ПБТФ, ПЭТФ); 3 — кристаллизующиеся полимеры с $T_{пл}/T_c > 2,05$ (при T в К) (СФ); 4 — стеклонаполненные композиции на основе аморфных полимеров (проверено на ПС, ПК, ПФО, ПСФ); 5 — стеклонаполненные композиции на основе кристаллизующихся полимеров с $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К) (проверено на ПП, ПА 66, ПА 6, ПБТФ, ПЭТФ).

ности, модуля упругости) волокнонаполненных (стеклонаполненных) композиций на основе аморфных полимеров коррелируют с теплостойкостью по Вика T_B . В приведенных координатах $T - 20/(T_B - 20)$ относительные температурные зависимости механических свойств (прочности, модуля упругости) стеклонаполненных композиций на основе аморфных полимеров обобщаются в универсальные температурные зависимости механических свойств: прочности при разрыве и изгибе, модуля упругости при растяжении и изгибе (см. рис. 5.11—5.15).

Подобно аналогичным зависимостям ненаполненных полимеров температурные зависимости механических свойств (прочности, модуля упругости) стеклонаполненных композиций на основе кристаллизующихся полимеров коррелируют с теплостойкостью по Вика T_B . Исключение составляют температурные зависимости композиций на основе кристаллизующихся полимеров с большой разницей между температурой плавления $T_{пл}$ и стеклования T_c ($T_{пл}/T_c > 2,05$ (при T в К)). В приведенных координатах $\sigma_p(T)/\sigma_p(T=20) - T - 20/(T_B - 20)$ различаются две кривые для стеклонаполненных композиций на основе кристаллизующихся полимеров (см. рис. 5.11). Одна универсальная зависимость справедлива для стеклонаполненных композиций на основе большинства кристаллизующихся полимеров с отношением

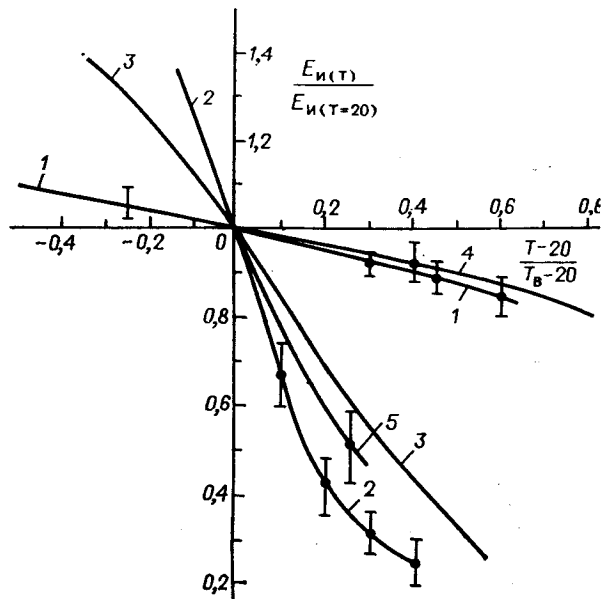


Рис. 5.15. Универсальные температурные зависимости E_n :

1 — аморфные полимеры (проверено на АБС, ПК, ПФО); 2 — кристаллизующиеся полимеры с $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К) (проверено на ПЭВП, ПА 66, ПА 11, ПА 12, ПБТФ); 3 — кристаллизующиеся полимеры с $T_{пл}/T_c > 2,05$ (при T в К) (СФ); 4 — стеклонаполненные композиции на основе аморфных полимеров (проверено на ПК, ПФО); 5 — стеклонаполненные композиции на основе кристаллизующихся полимеров (проверено на ПА 11, ПБТФ).

$T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К), другая — на основе кристаллизующихся полимеров с большой разницей между температурами плавления $T_{пл}$ и стеклования T_c ($T_{пл}/T_c > 2,05$ при T в К). Аналогичные универсальные зависимости справедливы для других механических свойств: прочности при изгибе, модуля упругости при растяжении и изгибе (рис. 5.14—5.15).

Универсальные температурные зависимости механических свойств (прочности, предела текучести, модуля упругости) позволяют прогнозировать эти параметры при различных температурах по известным справочным данным этих параметров при обычной температуре и по температуре T_B (справочный показатель). Для определения численного значения параметра при заданной температуре T (в °С) находят отношение $T - 20 / (T_B - 20)$ (T_B в °С), откладывают его на оси $T - 20 / (T_B - 20)$, из полученной точки опускают вертикаль до пересечения с универсальной зависимостью. Координата точки пересечения равна относительному параметру ($\sigma_p(T)/\sigma_p(T=20)$, $\sigma_{т.р}(T)/\sigma_{т.р}(T=20)$, $\sigma_n(T)/\sigma_n(T=20)$, $E_p(T)/E_p(T=20)$, $E_n(T)/E_n(T=20)$), умножение которого на справочное значение параметра при $T = 20$ °С ($\sigma_p(T=20)$, $\sigma_{т.р}(T=20)$, $\sigma_n(T=20)$, $E_p(T=20)$, $E_n(T=20)$) дает численное зна-

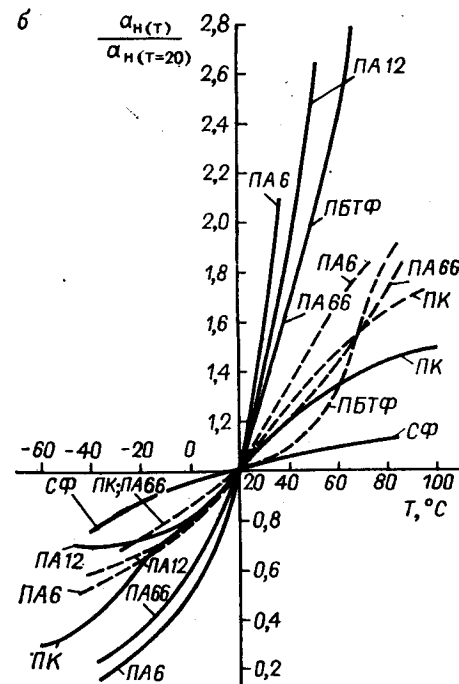
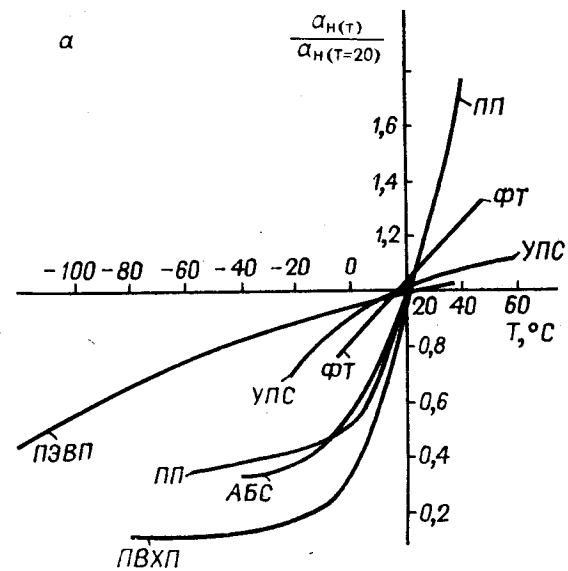


Рис. 5.16. Зависимость относительной ударной вязкости по Шарпи на образцах с надрезом $a_n(T)/a_n(T=20)$ от T .

Сплошные линии — для ненаполненных, пунктирные — для стеклонаполненных полимеров. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

5.1.2. Влияние влажности

Некоторые полимеры (ПА 6, ПА 66, ПА 610, ПА 612, ПА 11, ПА 12 и др.) характеризуются значительной гигроскопичностью — способностью поглощать (сорбировать) влагу из окружающего атмосферного воздуха. Равновесное влагопоглощение $V_{ст}$ в стандартных условиях (относительная влажность воздуха 50—60 %, температура 20—23 °С) для ПА 6 составляет 2,5—4 %, для ПА 66 — 2—3,4 %, для ПА 610 — 1,3—2,8 %, для ПА 11 — 1,1 %, для ПА 12 — 0,7—1 %.

Амидные группы полиамидов ПА очень полярны, поэтому легко образуют водородные связи с полярными молекулами воды. При пребывании ПА в среде влажного воздуха влага первоначально накапливается в поверхностном слое, а затем распределяется в объеме материала в результате диффузии. Влага в ПА играет преимущественно роль пластификатора. Полярные молекулы воды сольватируют (экранируют) полярные амидные группы молекулярных цепей полимера, в результате с увеличением содержания воды ослабевают внутри- и межмолекулярное взаимодействие и подвижность (гибкость) макромолекул возрастает. С увеличением соотношения числа активных амидных групп и неактивных CH_2 -групп в макромолекуле гигроскопичность ПА возрастает. Наибольшее соотношение у ПА 6 и ПА 66, которые характеризуются наибольшей гигроскопичностью.

Ослабление внутри- и межмолекулярного взаимодействия при наличии влаги изменяет механические свойства ПА: уменьшаются прочность при разрыве, предел текучести, модуль упругости при кратковременном нагружении, снижаются модуль ползучести при длительной статической нагрузке и усталостная прочность при циклической нагрузке, повышается ударная вязкость при ударном воздействии. Механические свойства ПА, определяемые в «сухом» состоянии (практически при нулевой влажности) и после кондиционирования во влажной среде, суще-

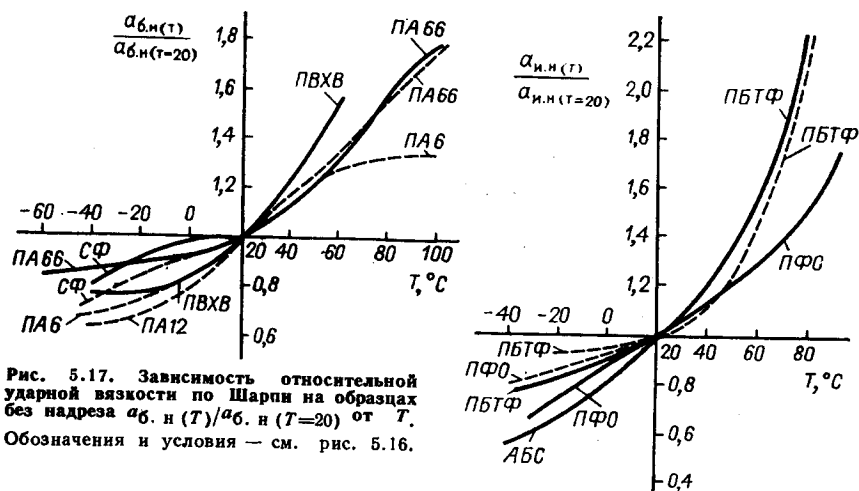


Рис. 5.17. Зависимость относительной ударной вязкости по Шарпи на образцах без надреза $a_{б.н}(T)/a_{б.н}(T=20)$ от T . Обозначения и условия — см. рис. 5.16.

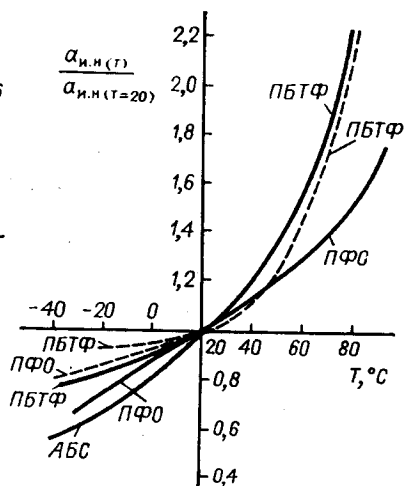


Рис. 5.18. Зависимость относительной ударной вязкости по Изоду на образцах с надрезом $a_{н.н}(T)/a_{н.н}(T=20)$ от T . Обозначения и условия — см. рис. 5.16.

чение этого параметра при заданной температуре T (справочные значения параметров $\sigma_p(T=20)$, $\sigma_{т.р}(T=20)$, $\sigma_{н}(T=20)$, $E_p(T=20)$, $E_{н}(T=20)$ для различных пластмасс приведены в гл. 6).

Влияние температуры на ударную прочность. Температура существенно влияет на ударную прочность пластмасс. С понижением температуры ниже обычной ударная прочность пластмасс падает, происходит их охрупчивание. На рис. 5.16—5.18 изменение ударной вязкости в зависимости от температуры T показано в относительных координатах: ударная вязкость $a_{б.н}(T)$, $a_{н}(T)$, $a_{н.н}(T)$ при текущей температуре T нормируется по той же ударной вязкости $a_{б.н}(T=20)$, $a_{н}(T=20)$, $a_{н.н}(T=20)$ при $T = 20$ °С. С повышением температуры ударная прочность пластмасс возрастает.

Таблица 5.1. Влияние влажности на механические свойства полиамидов

Параметры с индексом в ($\sigma_{т.р.В}$, $\sigma_{р.В}$, $\sigma_{н.В}$, $\sigma_{сж.В}$, $E_{р.В}$, $E_{н.В}$, $E_{п.В}$, $\sigma_{у.В}$, $H_{Б.В}$, $a_{б.н.В}$, $a_{н.В}$, $a_{н.н.В}$) при О.В воздуха 50—60 %, параметры без этого индекса для «сухих» образцов.

Марка	$\frac{\sigma_{т.р}}{\sigma_{т.р.В}}$	$\frac{\sigma_p}{\sigma_{р.В}}$	$\frac{\sigma_{н}}{\sigma_{н.В}}$	$\frac{\sigma_{сж}}{\sigma_{сж.В}}$	$\frac{E_p}{E_{р.В}}$
ПА 6	1,6—1,7	1,3—1,45	1,9—2,7	1,8	2—3,3
ПА 6-НС	—	1,4—1,7	1,6—1,9	—	1,3—1,7
ПА 66	1,3—1,45	1,3—1,45	1,9—2,4	1,7	2—2,3
ПА 66-НС	—	1,3—1,55	1,3—1,45	—	1,2—1,45
ПА 160	1,2—1,4	—	1,8—2	—	1,6—1,8
ПА 612	1,2	1,17	—	—	—

* $E_{п}$ при деформации 1 % и продолжительности действия нагрузки 1000 ч.

** $\sigma_{у}$ при числе циклов нагрузки 10^4 .

$a_{б.н.В}$, $a_{н.В}$, $a_{н.н.В}$) при О.В воздуха 50—60 %, параметры без этого индекса для «сухих» образцов.

$\frac{E_{н}}{E_{н.В}}$	$\frac{E_{п}^*}{E_{п.В}}$	$\frac{\sigma_{у}^{**}}{\sigma_{у.В}}$	$\frac{H_{Б}}{H_{Б.В}}$	$\frac{a_{б.н.В}}{a_{б.н}}$	$\frac{a_{н.В}}{a_{н}}$	$\frac{a_{н.н.В}}{a_{н.н}}$
2,6—3	—	—	1,8—2,1	—	3—8	3—5
1,6—1,7	—	—	1,45—1,9	1,1—1,45	1,2—2	1,3—1,5
2—2,4	2,4	1,7	1,6—1,9	—	2,6—4,5	3—5
1,4—1,7	—	—	1,2—1,7	1,1—1,3	1,1—1,7	1,3—1,45
1,9	—	—	1,5	—	2,5	2—2,7
1,6	—	—	—	—	—	1,6

ственно различаются. В табл. 5.1 показано влияние влажности на механические свойства ПА. Здесь и далее механические свойства ПА приведены главным образом при наиболее часто реализуемых условиях эксплуатации по влажности — при относительной влажности воздуха 50—60 %.

Влага оказывает существенное влияние на диэлектрические свойства ПА: в среде влажного воздуха они ухудшаются (гл. 6) и ПА становятся плохими диэлектриками.

5.2. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Действие постоянной статической нагрузки на изделия из полимеров приводит к непрерывному развитию (накоплению) деформации (рис. 5.19). Процесс нарастания деформации заканчивается разрушением полимера. При сравнительно низких напряжениях разрушение не наступает в течение продолжительного периода времени (до нескольких лет). С повышением напряжения время до разрушения уменьшается, а деформация при разрушении возрастает. При напряжениях близких к пределу текучести σ_T (параметр при кратковременном нагружении) разрушение происходит очень быстро — за несколько минут или часов. Эти особенности деформационного поведения полимеров надо учитывать при их выборе для эксплуатации.

5.2.1. Основные параметры и исходные зависимости ползучести

Параметры ползучести определяют поведение полимеров при длительной эксплуатации под нагрузкой и позволяют решать следующие задачи:

оценить и сравнить поведение различных пластмасс при длительной статической нагрузке и повышенной температуре;

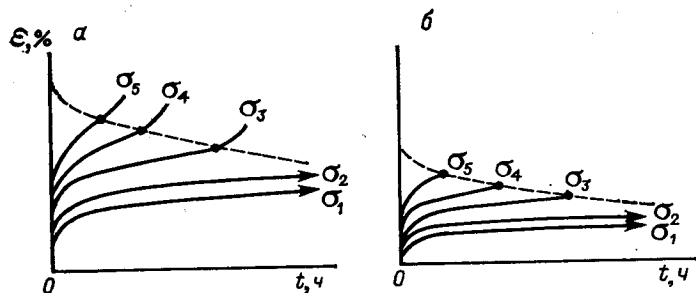


Рис. 5.19. Зависимость деформации ϵ от времени t при различных постоянных напряжениях:

а — эластическое разрушение; б — неэластическое разрушение.

подобрать полимер для работы в изделиях при длительной статической нагрузке при заданных параметрах деформации, температуры и напряжения (или модуля ползучести);

выполнить проектирование (расчет) изделий, работающих при длительной статической нагрузке: определить размеры изделий при заданных параметрах деформации ϵ , напряжения σ , температуры T и продолжительности t действия напряжения; определить допустимое σ_n при заданных размерах изделия, ϵ , T и t ; определить допустимую T при заданных размерах изделия, ϵ , σ и t ; определить допустимое t при заданных размерах изделия, ϵ , σ и T .

Основные параметры ползучести:

модуль ползучести $E_n(\sigma, T, t)$. При действии постоянных напряжения σ и температуры T в момент времени t $E_n(\sigma, T, t)$ равен отношению приложенного напряжения σ при температуре T к общей деформации образца ϵ , достигнутой к моменту t : $E_n(\sigma, T, t) = \sigma/\epsilon$ (в расчетные формулы ϵ подставляется в относительных единицах, проценты переводятся в относительные единицы делением на 100);

деформация ϵ , возникающая при приложении постоянного напряжения σ и температуры T к моменту времени t : $\epsilon = \sigma/E_n(\sigma, T, t)$;

прикладываемое постоянное напряжение σ_n , которое при температуре T к моменту времени t вызывает деформацию ϵ : $\sigma_n = E_n(\sigma, T, t)\epsilon$.

Наиболее общие виды напряжений — растягивающие и изгибающие.

Исходные зависимости. Поведение полимеров при действии длительной статической нагрузки (напряжения) в широком интервале изменения напряжения σ , температуры T и продолжительности t действия напряжения σ характеризуют следующие зависимости:

модуля ползучести E_n от σ (рис. 5.20, а). Такие зависимости строят при различных постоянных температурах T и продолжительности действия нагрузки t ;

развивающейся деформации ϵ от напряжения σ (рис. 5.20, б). Такие зависимости строят при различных постоянных температурах T и продолжительности действия нагрузки t ;

развивающейся деформации образца ϵ от времени t при приложении постоянной нагрузки σ (рис. 5.20, в). Такие зависимости строят при различных постоянных напряжениях σ и температурах T .

Определение параметров ползучести по исходным зависимостям осуществляют следующим образом:

По зависимости E_n от σ . Модуль ползучести E_n при заданном напряжении σ определяют непосредственно по графику. Например, при $\sigma = 10$ МПа, температуре 23°C и продолжительности 1000 ч модуль $E_n = 1300$ МПа (см. рис. 5.20, а).

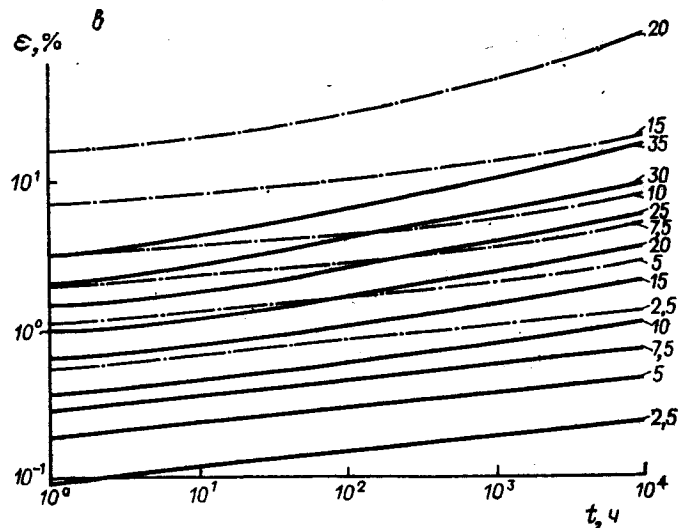
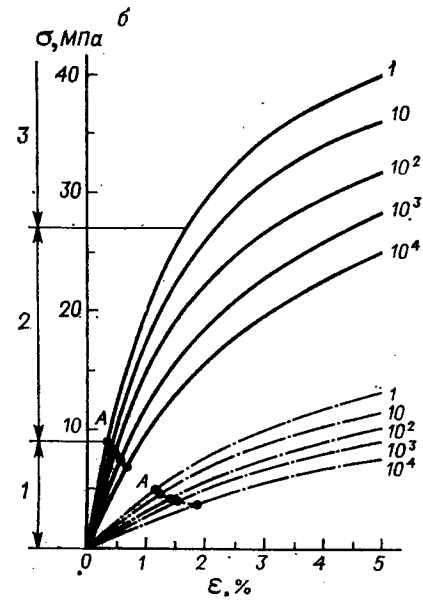
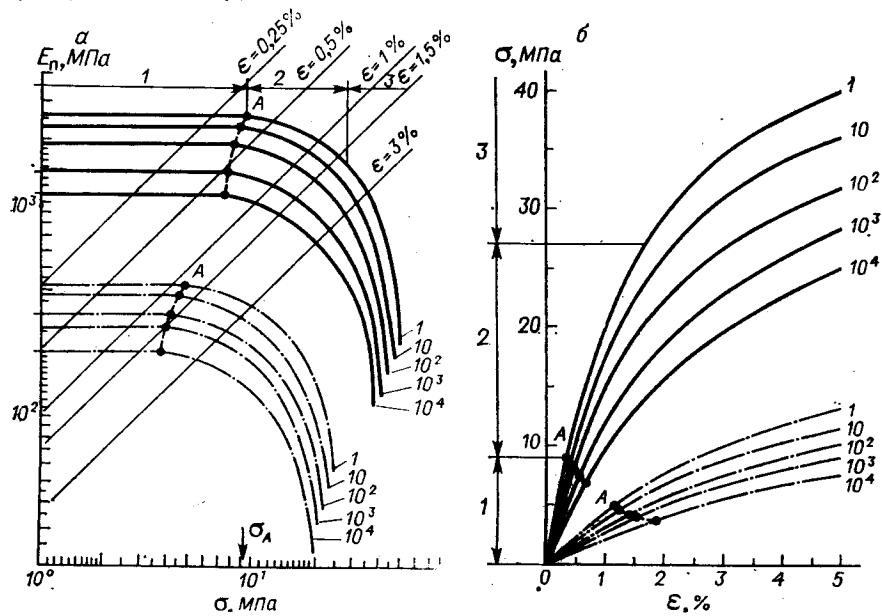


Рис. 5.20. Кривые ползучести для ПБТФ при 23 °С (сплошные линии) и 80 °С (штрихпунктирные линии): а — зависимость модуля ползучести $E_{п}$ от напряжения σ (цифры на кривых обозначают продолжительность действия напряжения, ч); б — зависимость деформации ϵ от напряжения σ (цифры на кривых обозначают то же); в — зависимость деформации ϵ от продолжительности действия напряжения σ (цифры на кривых обозначают σ).

Развивающуюся деформацию ϵ при заданном напряжении σ определяют делением σ на модуль $E_{п}$. При заданных выше параметрах $\epsilon = 10/1300 = 0,0077 = 0,77\%$. Для определения напряжения $\sigma_{п}$, которое можно приложить к детали при заданной деформации ϵ , проводят прямую заданной деформации. При построении графиков $E_{п}$ от σ в двойных логарифмических координатах прямые постоянной деформации проводят под углом 45° к оси σ . Для проведения прямой выбирают некоторое произвольное значение σ и определяют соответствующий ему модуль $E_{п}$ при заданном ϵ : $E_{п} = \sigma/\epsilon$. Через точку с полученными координатами $E_{п}$ и σ проводят прямую под углом 45°. Точка пересечения прямой с зависимостью $E_{п} - \sigma$ дает определяемое напряжение $\sigma_{п}$. Например, определим напряжение $\sigma_{п}$, которое можно приложить к детали при 23 °С, чтобы деформация в течение $t = 10\,000$ ч не превышала 0,5 %. Прямая постоянной деформации 0,5 % пересекает зависимость $E_{п} - \sigma$ в точке с координатой $\sigma_{п} = 5,4$ МПа. При этом модуль ползучести $E_{п} = 1080$ МПа.

По зависимости $\sigma - \epsilon$. Развивающуюся деформацию при заданном напряжении σ определяют непосредственно по графику. Например, при заданном $\sigma = 5$ МПа, температуре 80 °С в течение 1000 ч развивается деформация $\epsilon = 2\%$. Напряжение, которое можно приложить к детали при заданной деформации ϵ , определяют непосредственно по графику. Например, при заданной деформации $\epsilon = 1\%$, температуре 23 °С и продолжительности 10 000 ч можно приложить напряжение до 10 МПа. Модуль $E_{п}$ при заданном напряжении σ определяют делением σ на деформацию ϵ , найденную по графику. Например, при заданных выше $\sigma = 5$ МПа, $T = 80$ °С и $t = 1000$ ч $E_{п} = 5 \cdot 100/2 = 250$ МПа.

По зависимости $\epsilon - t$. Развивающуюся деформацию ϵ при заданном σ определяют непосредственно по графику. Например, при заданном $\sigma = 2,5$ МПа, температуре 80 °С в течение 1000 ч развивается деформация $\epsilon = 1\%$. Напряжение, которое можно приложить к детали при заданной деформации ϵ , определяют непосредственно по графику. Например, при заданной деформации $\epsilon = 1\%$, температуре 23 °С и времени 10 000 ч можно приложить напряжение до 10 МПа. Модуль $E_{п}$ при заданном напряжении σ определяют делением σ на деформацию ϵ , которую находят по графику. Например, при заданных $\sigma = 10$ МПа, $T = 23$ °С, $t = 10\,000$ ч $\epsilon = 1\%$, тогда модуль $E_{п} = 10 \cdot 100/1 = 1000$ МПа.

5.2.2. Зависимость ползучести от напряжения

На зависимости модуля ползучести $E_{п}$ от напряжения σ можно выделить три характерных участка (см. рис. 5.20, а). При сравнительно низких напряжениях (участок I) модуль ползучести $E_{п}$ практически не зависит от напряжения σ : увеличение σ в пределах этого участка не вызывает заметного изменения $E_{п}$. Это

так называемая область линейного деформирования, в которой модуль ползучести постоянен, а напряжение пропорционально деформации. Модуль ползучести $E_{п}$, соответствующий этой области деформирования, является начальным и имеет наибольшее значение.

На зависимости деформации ϵ от напряжения σ линейной области деформирования соответствует прямолинейный участок: напряжение пропорционально деформации (см. рис. 5.20, б). Участок зависимости деформации ϵ от времени t при напряжениях σ , соответствующий линейной области деформирования, в рассматриваемом интервале времени t (см. рис. 5.20, в) в двойных логарифмических координатах практически прямой.

С повышением напряжения σ у полимеров наблюдается нелинейное поведение. Оно проявляется в постепенном уменьшении модуля ползучести $E_{п}$ (аномалии модуля) с увеличением σ (участок 2 на рис. 5.20, а). Переход от линейной области деформирования к нелинейной обозначен точкой А с координатой σ_A (пунктиром показано перемещение точки А при изменении времени t и температуры T). Это обозначение условно, так как переход происходит плавно и координату σ_A можно определить с точностью $\pm 10 \div 15\%$. Уменьшение модуля ползучести $E_{п}$ с повышением напряжения является следствием того, что полимеры — вязкоупругие материалы, которые способны к развитию наряду с упругой высокоэластической и пластической деформации.

Постепенное уменьшение модуля ползучести $E_{п}$ с увеличением σ проявляется в отклонении зависимости напряжение σ — деформация ϵ от линейной: деформация растет быстрее, чем изменяется σ (см. рис. 5.20, б). Крутизна кривых $E_{п} - \sigma$ и $\sigma - \epsilon$ в нелинейной области характеризует интенсивность снижения модуля ползучести $E_{п}$ с повышением напряжения σ : чем круче кривая (более резкий характер зависимостей $E_{п} - \sigma$ и $\sigma - \epsilon$), тем интенсивнее снижается модуль $E_{п}$ с повышением напряжения σ .

В нелинейной области деформирования кривые деформация ϵ — время t становятся менее пологими и отклоняются от линейных в рассматриваемом интервале времени (см. рис. 5.20, в).

С повышением σ интенсивность снижения модуля ползучести и, соответственно, нарастания деформации увеличивается. Начиная с некоторого значения напряжения σ дальнейшее его увеличение приводит к резкому снижению модуля ползучести. В нелинейной области деформирования на зависимости $E_{п}$ от σ условно можно выделить участок 3 резкого снижения модуля ползучести с повышением σ . Кривые ползучести деформации ϵ от времени t при напряжениях σ , соответствующих этому участку, становятся еще круче.

Полимеры, различающиеся химическим строением, молекулярно-массовым распределением, ориентированностью, гигроскопичностью, различаются характером зависимости модуля ползу-

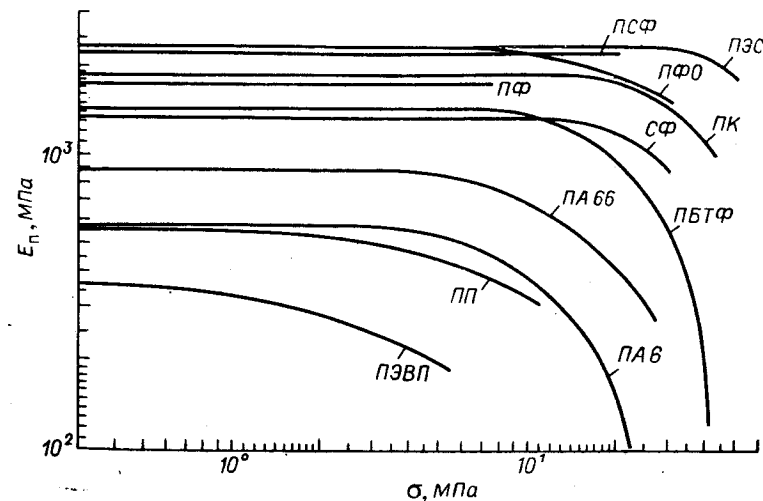


Рис. 5.21. Зависимость модуля ползучести $E_{п}$ от напряжения при 23 °С и продолжительности действия напряжения 1000 ч. Данные для ПА приведены для О. В воздуха 50—60 %.

чести $E_{п}$ от напряжения σ (рис. 5.21) и характером зависимости деформации ϵ от σ (рис. 5.22): они имеют разную протяженность области линейного деформирования, т. е. разные напряжения σ_A , с которых начинается снижение модуля ползучести $E_{п}$ с повышением прикладываемого напряжения, и разную интенсивность снижения модуля ползучести и нарастания деформации с повышением σ в нелинейной области деформирования.

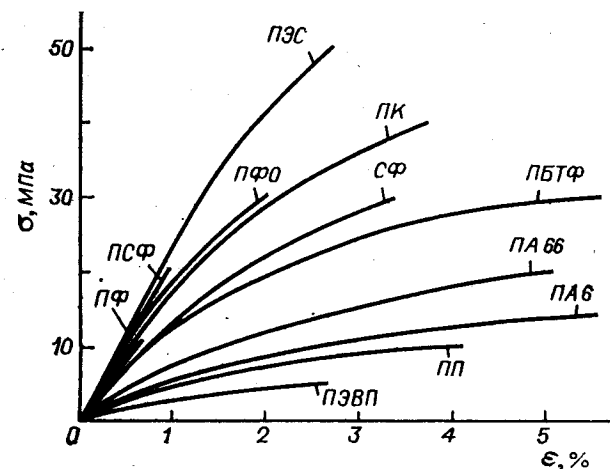


Рис. 5.22. Зависимость деформации ϵ от напряжения σ при 23 °С и продолжительности действия напряжения 1000 ч. Данные для ПА приведены при О. В воздуха 50—60 %.

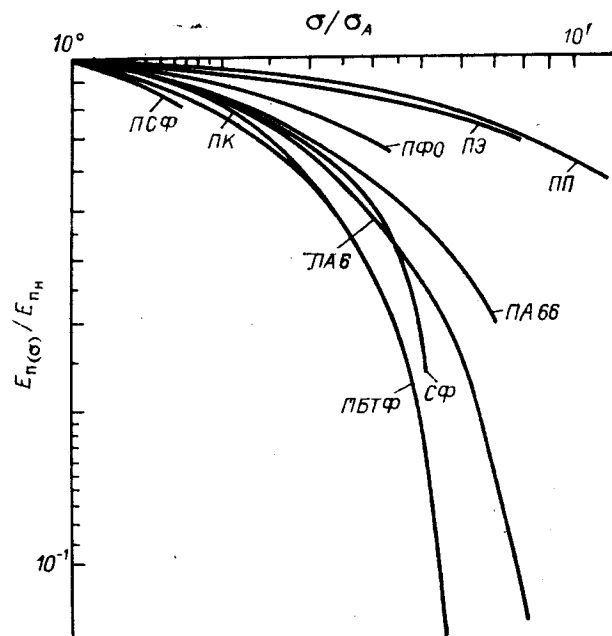


Рис. 5.23. Зависимость модуля ползучести от напряжения в приведенных координатах. Данные для ПА приведены для О. В воздуха 50–60 %.

Наиболее наглядно различие полимеров по интенсивности снижения модуля ползучести видно на графике зависимости модуля ползучести от напряжения в приведенных координатах (рис. 5.23). В этих координатах отношение модуля ползучести $E_{II}(\sigma)$ в нелинейной области деформирования к модулю ползучести E_{II} в линейной области является мерой изменения модуля по сравнению с его начальным (наибольшим) значением. Приведенное напряжение σ/σ_A является мерой изменения напряжения σ по сравнению с напряжением σ_A , с которого начинается нелинейная область деформирования. Чем интенсивнее снижается модуль ползучести с повышением напряжения, тем круче ход зависимости $E_{II}(\sigma)/E_{II} - \sigma/\sigma_A$.

Такие полимеры инженерно-технического назначения, как ПЭС, ПСФ, ПК, ПФО, ПБТФ, ПЭТФ, ПФ, СФ, ПА 66, ПА 6, имеют более высокие пределы текучести при кратковременной нагрузке и более узкое молекулярно-массовое распределение ММР (отношение среднемассовой молекулярной массы к среднечисленной $\bar{M}_w/\bar{M}_n \approx 2$), чем полиолефины ПЭ, ПП. Полимеры инженерно-технического назначения имеют значительно большую область линейного деформирования, т. е. более высокие σ_A (см. рис. 5.21) и деформации ϵ , соответствующие этой области (см. рис. 5.22), по сравнению с полиолефинами. Полимерам инженерно-

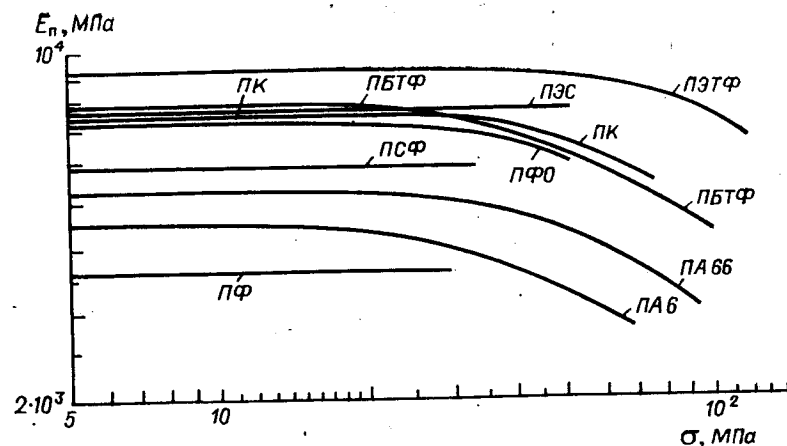


Рис. 5.24. Зависимость модуля ползучести E_{II} от σ при 23 °С и продолжительности действия напряжения 1000 ч для стеклонаполненных композиций (содержание стекловолокна 30 %, для ПК 35 %, для ПФ 20 %). Данные для ПА приведены для О. В воздуха 50–60 %.

технического назначения свойствен более резкий характер изменения модуля ползучести от напряжения в нелинейной области деформирования и, следовательно, более интенсивное снижение модуля ползучести (см. рис. 5.21, 5.23) и нарастания деформации в этой области (см. рис. 5.22).

Полимеры инженерно-технического назначения имеют, как правило, более высокие модули ползучести E_{II} в линейной области деформирования (см. рис. 5.21). В связи с большой протяженностью области линейного деформирования у полимеров инженерно-технического назначения их модули ползучести сохраняются высокими при сравнительно больших напряжениях, и при этих напряжениях развивается меньшая деформация (см. рис. 5.22). Поэтому при одной и той же заданной деформации детали из полимеров инженерно-технического назначения могут работать при более высоких напряжениях или при одном и том же напряжении у них развивается меньшая деформация.

При работе изделий возможно изменение напряжения σ . В линейной области деформирования это приводит к сравнительно меньшему изменению деформации, чем в нелинейной. С повышением напряжения в нелинейной области влияние изменения напряжения на изменение деформации возрастает. На участке 3 небольшое повышение напряжения приводит к резкому возрастанию возникающей в детали деформации. Поэтому работа детали при напряжениях, соответствующих этому участку, очень ненадежна. В тех случаях, когда при эксплуатации к деталям предъявляются повышенные требования по точности и стабильности размеров, желательно выбирать напряжения, лежащие в линейной области деформирования или близко к ней.

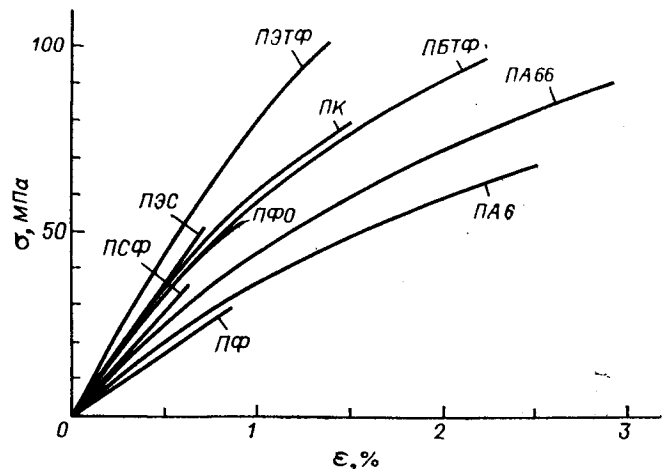


Рис. 5.25. Зависимость деформации ϵ от напряжения σ при 23 °С и продолжительности действия напряжения 1000 ч для стеклонаполненных композиций. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

Ползучесть термопластов резко снижается с введением армирующих наполнителей — стекловолокна и углеродного волокна (рис. 5.24, 5.25). При введении этих наполнителей резко возрастает начальный модуль ползучести $E_{пн}$ (особенно при введении углеродного волокна): чем больше содержание наполнителя, тем больше начальный модуль ползучести композиции (рис. 5.26—5.34). При приложении одного и того же напряжения в изделии из композиционного материала с армирующим наполнителем развивается меньшая деформация, чем в изделии из ненаполненного полимера, причем с повышением содержания наполнителя деформация уменьшается (см. рис. 5.22, 5.25).

Введение армирующих наполнителей существенно влияет на протяженность области линейного деформирования: с увеличением количества наполнителя протяженность области линейного деформирования композиции возрастает — увеличивается напряжение σ_A , до которого начальный модуль ползучести $E_{пн}$ сохраняет постоянное значение, а развивающаяся деформация пропорциональна напряжению, т. е. при более высоких напряжениях не происходит ускорения нарастания деформации с повышением σ (см. рис. 5.24, 5.25).

В нелинейной области деформирования на втором участке интенсивность снижения модуля ползучести $E_{пн}$ с повышением σ у композиционных материалов меньше, чем у ненаполненных полимеров, т. е. характер зависимости $E_{пн}$ от σ более пологий. Это определяет более низкую скорость нарастания деформации ϵ с повышением напряжения σ . При содержании наполнителя более 15—20 % интенсивность снижения $E_{пн}$ с повышением σ мало зависит от содержания наполнителя.

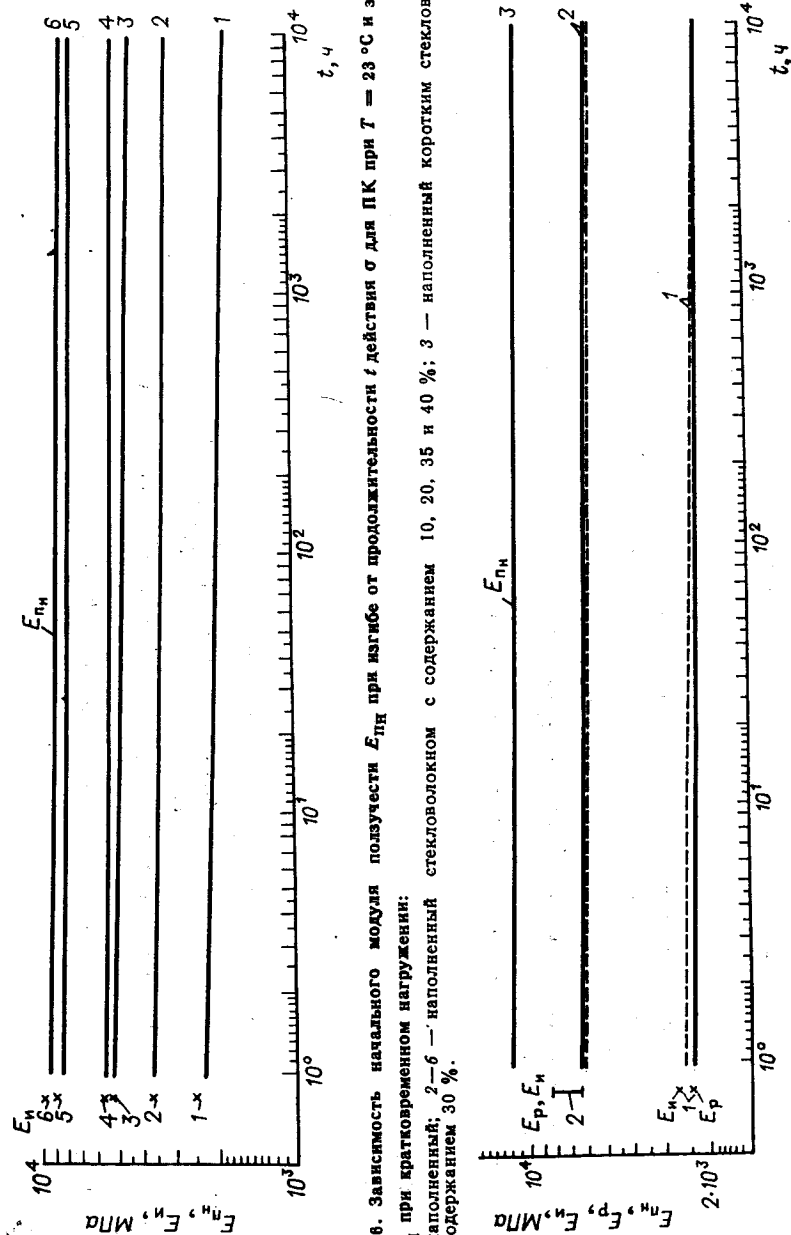


Рис. 5.26. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при изгибе от продолжительности t действия σ для ПК при $T = 23$ °С и значении $E_{пн}$ при кратковременном нагружении:
1 — ненаполненный; 2—6 — наполненный стекловолокном с содержанием 10, 20, 35 и 40 %; 3 — наполненный коротким стекловолокном с содержанием 30 %.

Рис. 5.27. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при изгибе (пунктирная) и растяжении (сплошная) от продолжительности t действия σ для ПСФ при $T = 20$ °С и значения E_p , $E_{пн}$ при кратковременном нагружении:
1 — ненаполненный; 2 — наполненный стекловолокном с содержанием 30 %; 3 — наполненный углеродным волокном с содержанием 30 %.

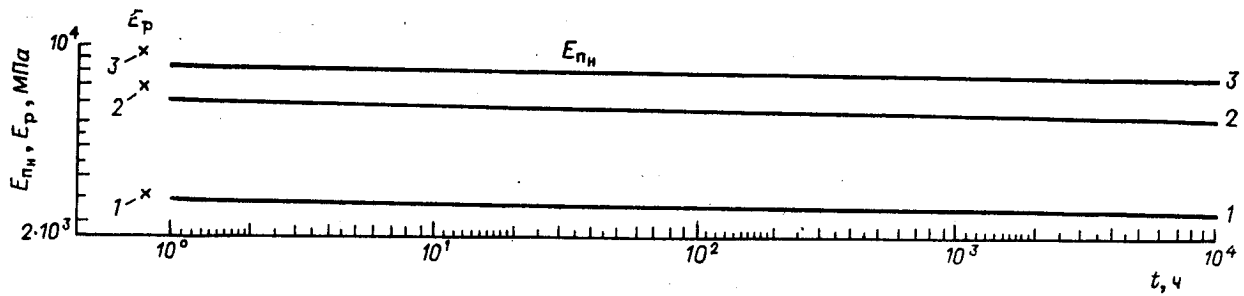


Рис. 5.28. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при растяжении от продолжительности t действия σ для ПЭС при $T = 20^\circ\text{C}$ и значения E_p при кратковременном нагружении:

1 — незаполненный; 2, 3 — наполненный стекловолокном с содержанием 20 и 30 %.

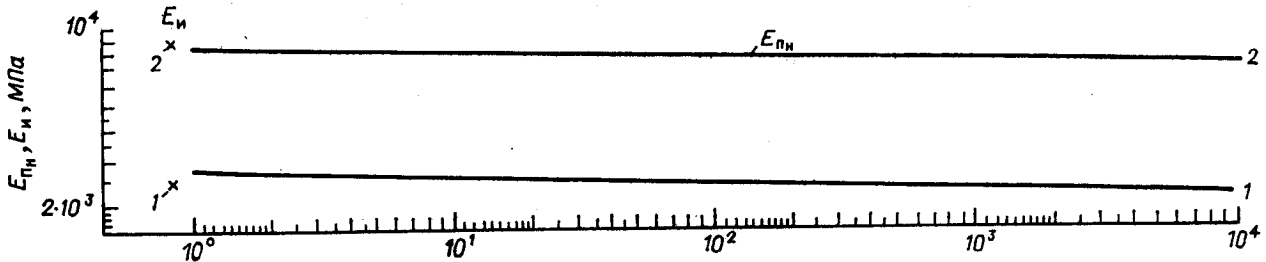


Рис. 5.29. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при изгибе от продолжительности t действия σ для ПФО при $T = 23^\circ\text{C}$ и значения E_p при кратковременном нагружении:

1 — незаполненный; 2 — наполненный стекловолокном с содержанием 30 %.

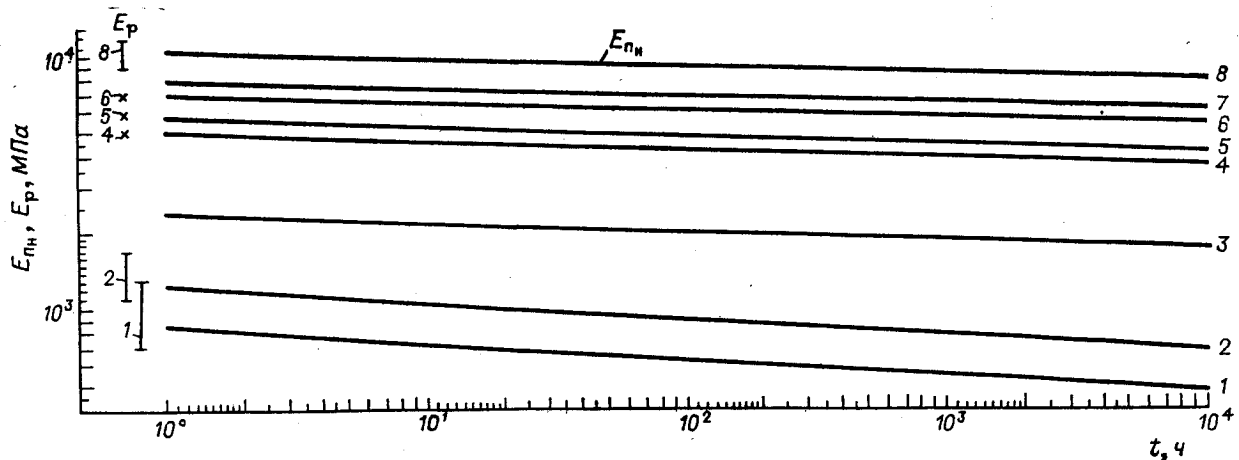


Рис. 5.30. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при растяжении от продолжительности t действия σ для ПА 6 при $T = 23^\circ\text{C}$ и значения E_p при кратковременном нагружении:

1 — незаполненный; 2—8 — наполненный стекловолокном с содержанием 6, 15, 25, 30, 35, 40 и 50 %. Данные приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

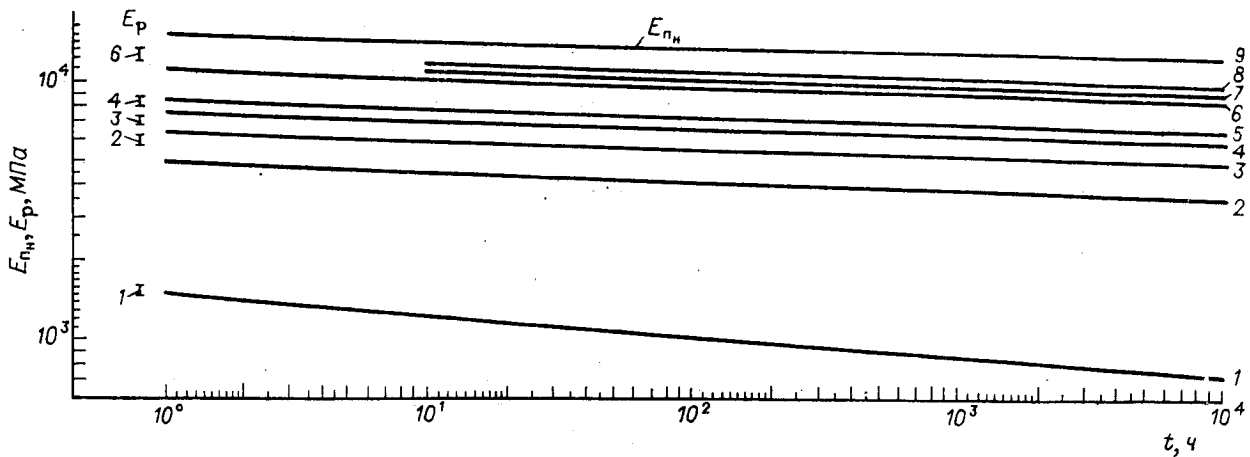


Рис. 5.31. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при растяжении от продолжительности t действия σ для ПА 66 при $T = 23^\circ\text{C}$ и значения E_p при кратковременном нагружении:

1 — неплавленный; 2—6, 8 — наполненный стекловолокном с содержанием 25, 30, 35, 40, 50 и 60 %; 7, 9 — наполненный углеродным волокном с содержанием 30 и 40 %.
Данные приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

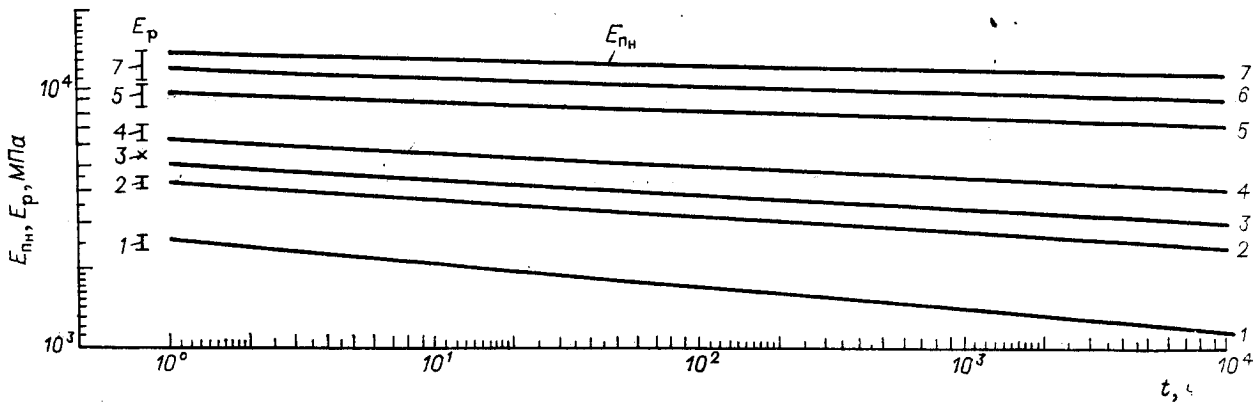


Рис. 5.32. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при растяжении от продолжительности t действия σ для ПБТФ при $T = 23^\circ\text{C}$ и значения E_p при кратковременном нагружении:

1 — неплавленный; 2—5, 7 — наполненный стекловолокном с содержанием 10, 15, 20, 30 и 40 %; 6 — наполненный углеродным волокном с содержанием 30 %.

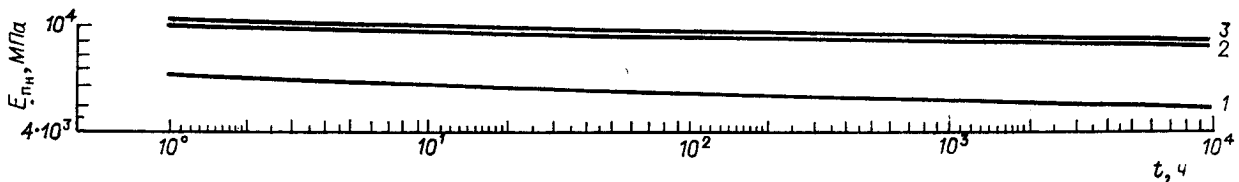


Рис. 5.33. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при растяжении от продолжительности t действия σ для ПБТФ, наполненного стекловолокном, при 23°C :

Содержание стекловолокна: 1 — 18 %; 2 — 30 %; 3 — 36 %.

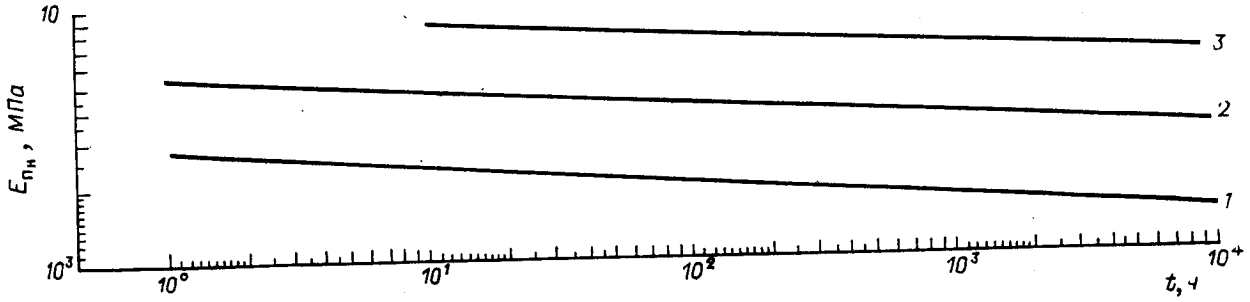


Рис. 5.34. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при изгибе от продолжительности t действия σ для ПФ при 23 °С: 1 — ненаполненный; 2, 3 — наполненный стекловолокном с содержанием 20 и 40 %.

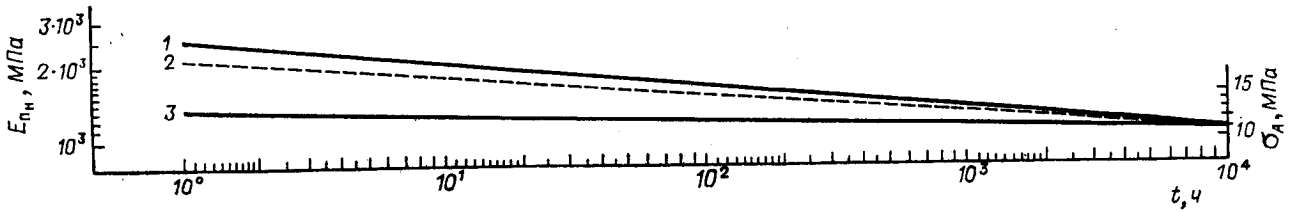


Рис. 5.35. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ (1, 2) при растяжении (1) и изгибе (2) и σ_A (3) от продолжительности t действия σ для СФ при 23 °С.

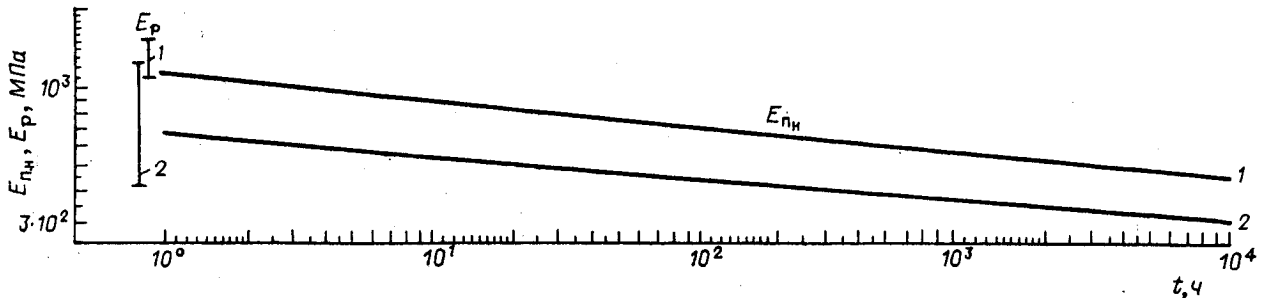


Рис. 5.36. Зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ при растяжении от продолжительности t действия σ и значения E_D при кратковременном нагружении для ПП (1) и ПЭВП (2) при 23 °С.

Высокие модули ползучести в линейной области деформирования $E_{пн}$, большая протяженность этой области (большие σ_A), малая интенсивность снижения модуля $E_{пн}$ с повышением σ в нелинейной области на участке 2 приводят к тому, что при сравнительно высоких напряжениях композиционные материалы с армирующими наполнителями по сравнению с ненаполненными полимерами имеют более высокие модули ползучести и при приложении одного и того же напряжения у них развиваются меньшие деформации. В нелинейной области деформирования (при сравнительно больших напряжениях) армирующий эффект от введения наполнителя выше, чем в линейной области: в большей мере возрастает модуль ползучести (больше соотношение $E'_{пн}/E_{пн}$ модулей ползучести композиционного и ненаполненного полимера) и в большей мере снижается развивающаяся деформация (больше соотношение ϵ/ϵ' развивающихся деформаций ненаполненного и наполненного полимера).

5.2.3. Зависимость ползучести от времени

Начальный модуль ползучести $E_{пн}$ в линейной области деформирования при $t = 1$ ч и температуре $T = 20-23$ °C очень близок к модулю упругости E_p (или $E_{пн}$ в зависимости от вида нагрузки) при кратковременном нагружении (рис. 5.26—5.36). С увеличением продолжительности t действия напряжения начальный модуль ползучести $E_{пн}$ уменьшается. В двойных логарифмических координатах зависимости $E_{пн} - t$ практически линейны в рассматриваемом интервале.

У кристаллизующихся полимеров, как правило, наблюдается более сильная зависимость снижения $E_{пн}$ от продолжительности действия напряжения, чем у аморфных, т. е. у кристаллизующихся полимеров $E_{пн}$ при больших t (порядка 10^3-10^4 ч) по сравнению с $E_{пн}$ при $t = 1$ ч снижается в большей мере, чем у аморфных.

Уменьшение начального модуля ползучести $E_{пн}$ с увеличением t приводит к тому, что зависимости $E_{пн} - \sigma$, построенные для разной продолжительности t действия напряжения, не совпадают между собой: чем больше продолжительность t , тем ниже лежит зависимость $E_{пн} - \sigma$, т. е. при одном и том же заданном напряжении σ чем больше продолжительность t действия σ , тем меньше модуль ползучести $E_{пн}$ (см. рис. 5.20, а). Это справедливо для напряжений, соответствующих как линейной, так и нелинейной области деформирования. Аналогично уменьшение начального модуля ползучести $E_{пн}$ с увеличением t приводит к тому, что зависимости $\sigma - \epsilon$, построенные для разной продолжительности действия напряжения, не совпадают: чем больше t , тем правее лежит зависимость, т. е. при одном и том же заданном напря-

жении чем больше продолжительность действия напряжения, тем большая деформация развивается в изделии (см. рис. 5.20, б). При одной и той же заданной деформации чем больше t , тем меньшее напряжение можно приложить к изделию (см. рис. 5.20, в).

Временной параметр t оказывает влияние на напряжение σ_A , с которого начинается нелинейная область деформирования: σ_A с увеличением t уменьшается (рис. 5.37—5.46). В двойных логарифмических координатах зависимости $\sigma_A - t$ практически линейны в рассматриваемом интервале t .

Аналогично временной зависимости начального модуля ползучести у кристаллизующихся полимеров, как правило, наблюдается более сильная зависимость напряжения σ_A от t , чем у аморфных.

Уменьшение напряжения σ_A с увеличением t проявляется в том, что отклонение зависимостей $E_{пн} - \sigma$, построенных для разных t , от прямой начинается тем раньше, чем больше t (см. рис. 5.20, а). Это наряду с уменьшением начального модуля ползучести $E_{пн}$ с увеличением t приводит к тому, что при одном и том же заданном напряжении в нелинейной области деформирования чем больше t , тем меньше $E_{пн}$. Аналогично уменьшение σ_A с увеличением t приводит к тому, что отклонение зависимостей $\sigma - \epsilon$, построенных для разных t , от прямой начинается тем раньше, чем больше t (см. рис. 5.20, б), что способствует тому, что при некотором заданном напряжении в нелинейной области деформирования чем больше t , тем большая деформация развивается в изделии, или при одной и той же заданной деформации чем больше t , тем меньшие напряжения можно приложить к детали (рис. 5.20, в).

Временной фактор изменяет начальный модуль ползучести $E_{пн}$ и напряжение σ_A , с которого начинается нелинейная область деформирования, но практически не влияет на интенсивность снижения модуля ползучести $E_{пн}$ с повышением σ в этой области в рассматриваемом интервале t . Поэтому зависимости модуля ползучести $E_{пн}$ от напряжения σ в нелинейной области, полученные при разной продолжительности t действия нагрузки, практически подобны. С увеличением t кривые $E_{пн} - \sigma$ параллельно смещаются вдоль линии, соединяющей σ_A при разных t (на рис. 5.20, а показано пунктиром), в результате уменьшения начального модуля ползучести. Поскольку кривые подобны, их можно совместить сдвигом параллельно самим себе в координатах $\lg E_{пн} - \lg \sigma$. Из этого следует возможность представления зависимостей модуля $E_{пн}$ от напряжения σ в инвариантной, независимой от времени форме путем совмещения зависимостей модуля $E_{пн}$ при разных временах t от напряжения в одну кривую (о приведении зависимостей $E_{пн} - \sigma$ см. выше).

У композиционных материалов с армирующими наполнителями как и у ненаполненных полимеров, начальный модуль ползуче

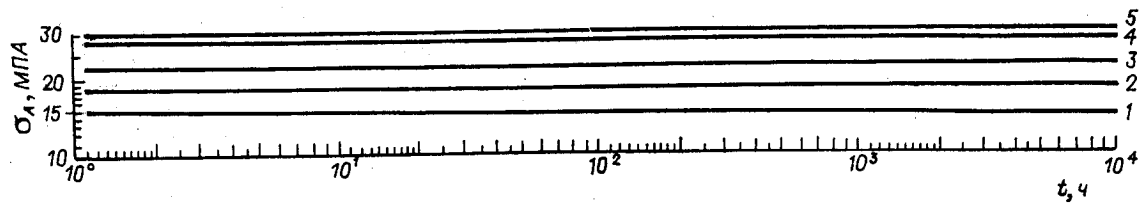


Рис. 5.37. Зависимость напряжения σ_A при изгибе от t для ПК при 23 °С:
1 — ненаполненный; 2—5 — наполненный стекловолокном с содержанием 10, 20, 35, 40 %.

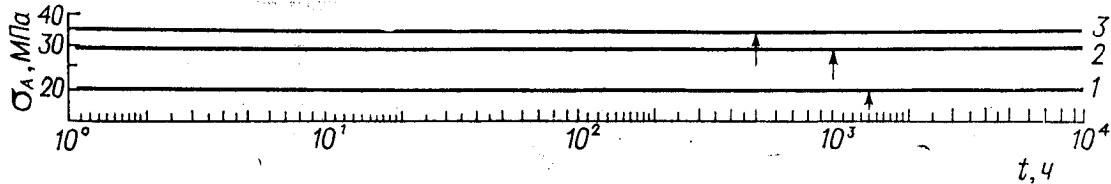


Рис. 5.38. Зависимость напряжения σ_A при изгибе и растяжении от t для ПСФ при 20 °С:
1 — ненаполненный; 2, 3 — наполненный стекловолокном с содержанием 20 и 30 %.
Стрелки означают, что значения σ_A могут быть выше указанных.

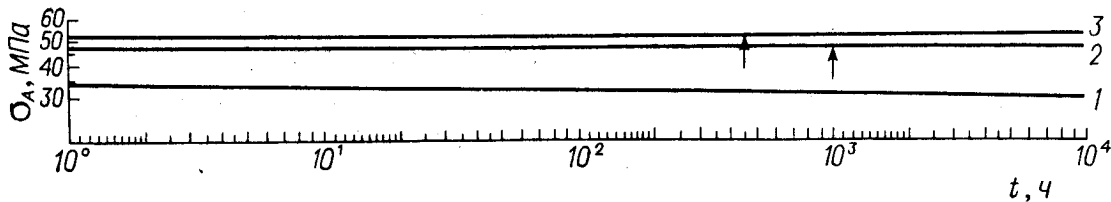


Рис. 5.39. Зависимость напряжения σ_A при растяжении от t для ПЭС при 20 °С:
1 — ненаполненный; 2, 3 — наполненный стекловолокном с содержанием 20 и 30 %;
Стрелки означают, что значения σ_A могут быть выше указанных.

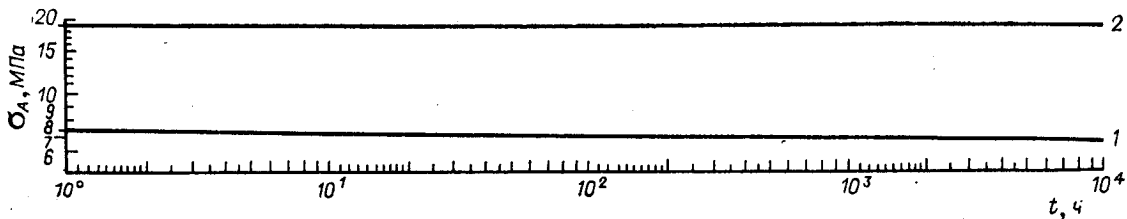


Рис. 5.40. Зависимость напряжения σ_A при изгибе от t для ПФО при 23 °С:
1 — ненаполненный; 2 — наполненный стекловолокном с содержанием 30 %.

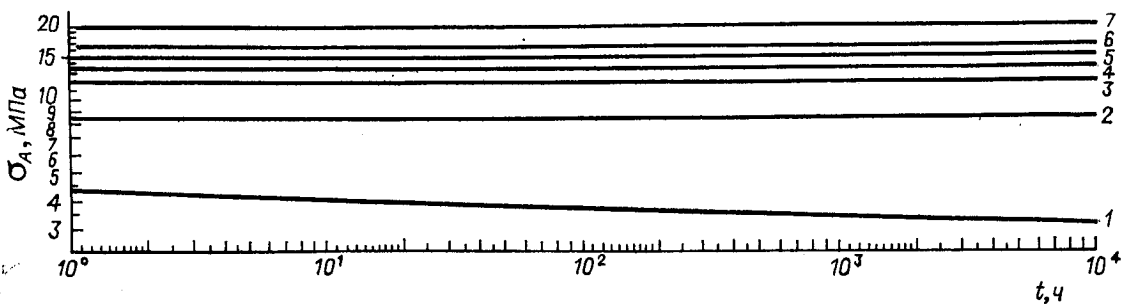


Рис. 5.41. Зависимость напряжения σ_A при растяжении от t для ПА 6 при 23 °С:
1 — ненаполненный; 2—7 — наполненный стекловолокном с содержанием соответственно 15, 25, 30, 35, 40, 50 %.
Данные приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

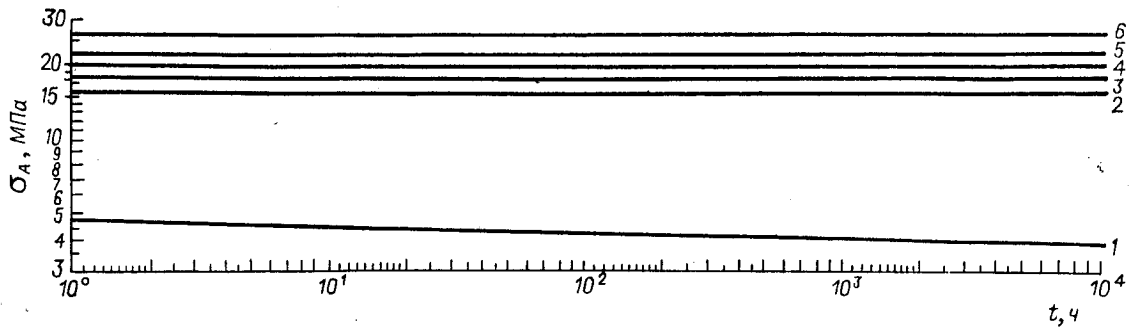


Рис. 5.42. Зависимость напряжения σ_A при растяжении от t для ПА 66 при 23 °С:
1 — наполненный; 2—6 — наполненный стекловолокном с содержанием 25, 30, 35, 40, 50 %.
Данные приведены для О.В воздуха 50—60 %.

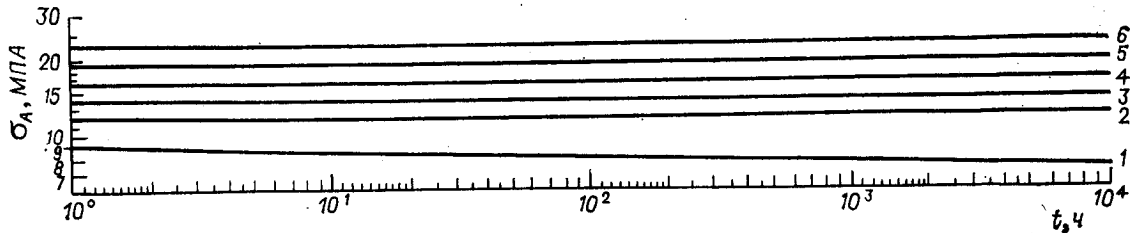


Рис. 5.43. Зависимость напряжения σ_A при растяжении от t для ПЭТФ при 23 °С:
1 — наполненный; 2—6 — наполненный стекловолокном с содержанием соответственно 10, 15, 20, 30, 40 %.

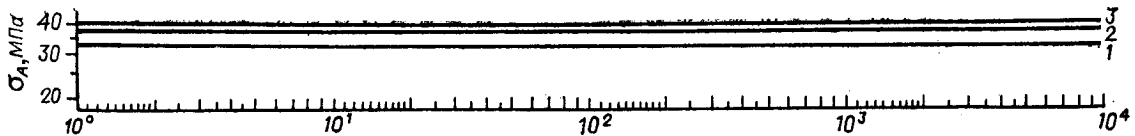


Рис. 5.44. Зависимость напряжения σ_A при растяжении от t для ПЭТФ, наполненного стекловолокном, при 23 °С:
Содержание стекловолокна: 1 — 18; 2 — 30; 3 — 36 %.

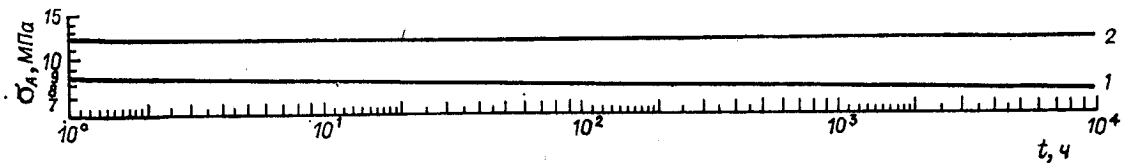


Рис. 5.45. Зависимость напряжения σ_A при изгибе от t для ПФ:
1 — наполненный; 2 — наполненный стекловолокном с содержанием 20 %.

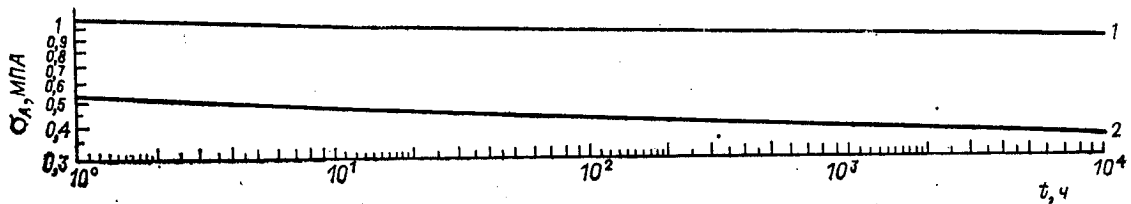


Рис. 5.46. Зависимость напряжения σ_A при растяжении от t для ПП (1) и ПЭВП (2) при 23 °С.

сти $E_{пн}$ при времени 1 ч и температуре 20—23 °С очень близок к модулю упругости E_p (или E_n в зависимости от вида нагрузки) при кратковременном нагружении (см. рис. 5.26—5.32). Введение армирующих наполнителей в полимеры оказывает влияние на временные зависимости параметров ползучести. Композиционные материалы с армирующими наполнителями по сравнению с ненаполненными полимерами имеют, как правило, более слабую зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ от продолжительности действия напряжения: временные зависимости $E_{пн}$ имеют меньший угол наклона к оси t . У композиционных полимеров при больших t (порядка 10^3 — 10^4 ч) $E_{пн}$ по сравнению с $E_{пн}$ при $t = 1$ ч снижается меньше, чем у ненаполненных полимеров. Введение наполнителя оказывает больший армирующий эффект при увеличении продолжительности t действия напряжения: в большей мере возрастает модуль ползучести (больше соотношение модулей ползучести композиционного и ненаполненного полимера) и в большей мере снижается развивающаяся деформация (больше соотношение развивающихся деформаций ненаполненного и наполненного полимера). При содержании более 15—20 % введенного наполнителя оно оказывает очень слабое влияние на временную зависимость начального модуля ползучести: зависимости $E_{пн}$ от t для композиций с разным содержанием наполнителя (превышающим 15—20 %) практически параллельны.

Введение армирующих наполнителей оказывает влияние на зависимость напряжения σ_A (начало нелинейной области деформирования) от времени t (см. рис. 5.37—5.45). У композиционных полимеров по сравнению с ненаполненными наблюдается уменьшение временной зависимости σ_A : σ_A практически не зависят от времени. Как и в случае ненаполненных полимеров, временной параметр t практически не влияет на интенсивность снижения модуля ползучести $E_{пн}$ композиционных полимеров с повышением напряжения σ в нелинейной области деформирования: кривые $E_{пн} - \sigma$, полученные при разных t , подобны, что можно использовать для построения обобщенных зависимостей модуля $E_{пн}$ от напряжения σ (разд. 5.2.6).

5.2.4. Зависимость ползучести от температуры

Температура эксплуатации оказывает существенное влияние на ползучесть термопластов. Повышение температуры снижает начальный модуль ползучести $E_{пн}$ в линейной области деформирования. На рис. 5.47—5.56 изменение модуля показано в относительных координатах: модуль $E_{пн}(T)$ при текущей температуре T нормируется по модулю $E_{пн}(T=20)$ при температуре 20 °С. Уменьшение $E_{пн}$ с повышением T приводит к тому, что зависимости $E_{пн} - \sigma$, построенные для разных T , не совпадают между собой: чем больше

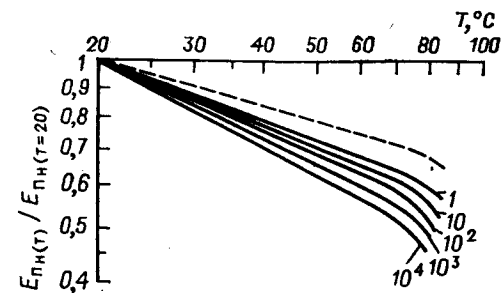


Рис. 5.47. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПК:

— — стеклонаполненный; — — ненаполненный.
Цифры на кривых обозначают продолжительность действия напряжения, ч.

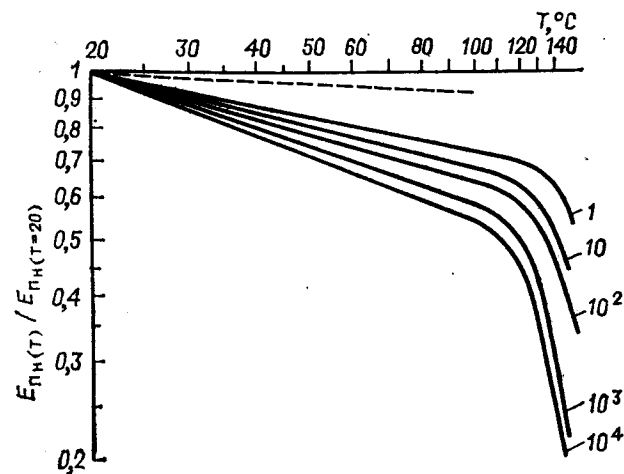


Рис. 5.48. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПСФ:

Обозначения см. рис. 5.47.

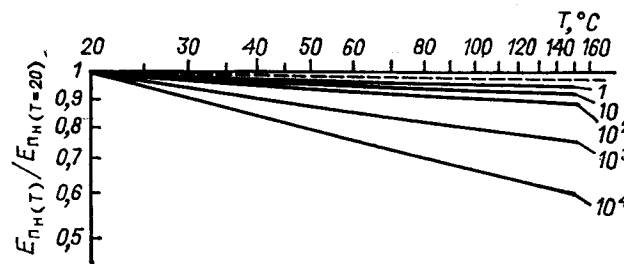


Рис. 5.49. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПЭС.

Обозначения см. рис. 5.47.

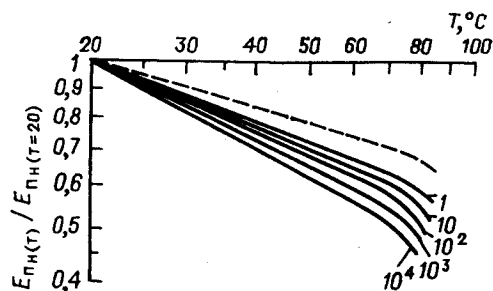


Рис. 5.50. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПФО. Обозначения см. рис. 5.47.

температура, тем ниже лежит зависимость $E_{пн} - \sigma$ (см. рис. 5.20, а), т. е. при одном и том же заданном напряжении σ чем выше температура, тем меньше модуль ползучести $E_{пн}$. Это справедливо для напряжений, соответствующих как линейной, так и нелинейной области деформирования. Аналогично уменьшение $E_{пн}$ с повышением T приводит к тому, что зависимости $\sigma - \epsilon$, построенные для разных температур, не совпадают: чем больше температура, тем правее лежит зависимость, т. е. при одном и том же заданном напряжении чем больше температура эксплуатации, тем большая деформация развивается в детали (см. рис. 5.20, б), или при одной и той же заданной деформации чем больше температура, тем меньшее напряжение можно приложить к детали (см. рис. 5.20, в).

У аморфных полимеров зависимость начального модуля ползучести от температуры в двойных логарифмических координатах

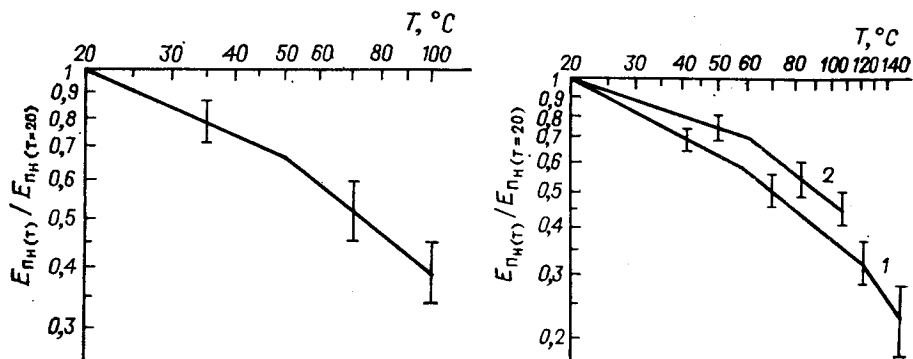


Рис. 5.51. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПА 6 стеклонаполненного. Данные приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

Рис. 5.52. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПА 66: 1 — ненаполненный; 2 — стеклонаполненный. Данные приведены для О. В. воздуха 50—60 %.

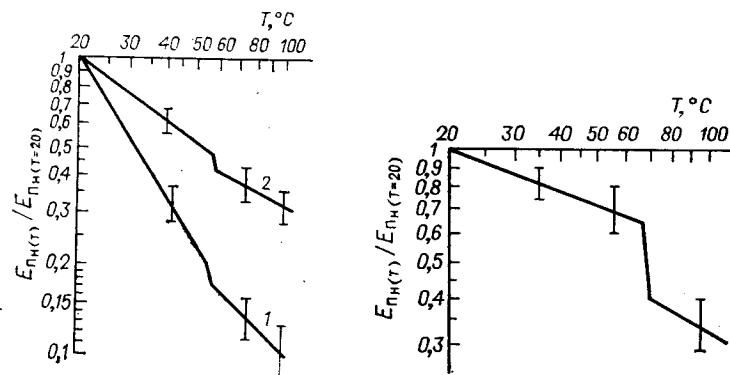


Рис. 5.53. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПЭТФ:

1 — ненаполненный; 2 — стеклонаполненный.

Рис. 5.54. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПЭТФ стеклонаполненного.

в определенном интервале температур практически линейна. Такой же характер температурной зависимости наблюдается у кристаллизующихся полимеров, которые имеют температуру стеклования ниже 20 °С. У кристаллизующихся полимеров, которые имеют температуру стеклования выше 20 °С, вблизи этой температуры наблюдается излом или скачок (модуль резко падает) температурной зависимости начального модуля ползучести.

При приближении к определенной температуре, характерной для каждого полимера, температурная зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ у аморфных и кристаллизующихся полимеров усиливается и отклоняется от линейной (в двойных логарифмических координатах) и $E_{пн}$ резко падает, а развивающаяся

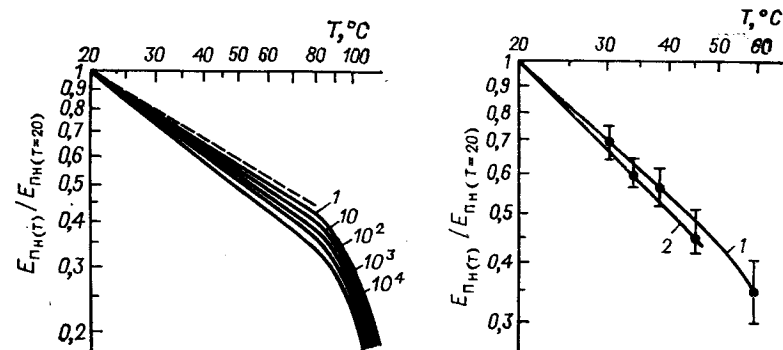


Рис. 5.55. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры T для ПФ.

Обозначения см. рис. 5.47.

Рис. 5.56. Зависимость начального модуля ползучести в относительных координатах от температуры для ПП (1) и ПЭВП (2).

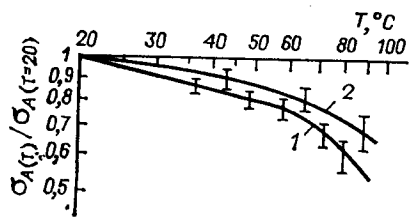


Рис. 5.57. Зависимость напряжения σ_A в относительных координатах от температуры для ПК: 1 — ненаполненный; 2 — стеклонаполненный.

деформация резко возрастает. Эта температура и ограничивает температурный интервал возможной эксплуатации полимера

при длительной статической нагрузке и ее называют максимальной температурой длительной эксплуатации под нагрузкой. У полимеров инженерно-технического назначения температура длительной эксплуатации под нагрузкой значительно выше ($> 75^\circ\text{C}$), чем у полимеров общетехнического назначения (до 65°C). Термостойкие термопласты имеют высокую температуру длительной эксплуатации под нагрузкой ($> 200^\circ\text{C}$).

Температура оказывает более сильное влияние на модуль ползучести при длительной статической нагрузке, чем на модуль упругости при кратковременной нагрузке. С увеличением продолжительности действия напряжения температурная зависимость начального модуля ползучести $E_{пн}$ несколько усиливается, т. е. при больших t повышение температуры приводит к большему снижению модуля ползучести и увеличению деформации, чем при малом t (см. рис. 5.47—5.50, 5.55). Влияние времени на температурную зависимость $E_{пн}$ практически не наблюдается у полимеров, которые имеют сравнительно сильную температурную зависимость $E_{пн}$.

Температура оказывает влияние на протяженность области линейного деформирования — на напряжение σ_A : с повышением T эта область уменьшается, а нелинейная область начинается при более низких напряжениях σ_A (рис. 5.57—5.64). На рисунках изменение σ_A с повышением температуры показано в относительных координатах: напряжение при текущей температуре $\sigma_A(t)$ нормируется по напряжению при стандартной температуре 20°C

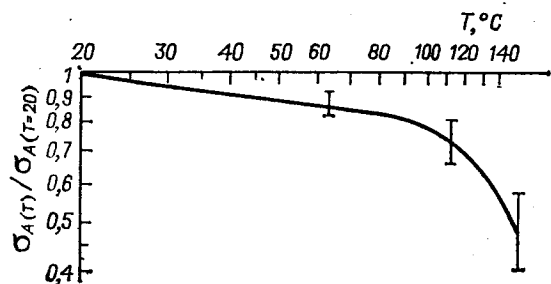


Рис. 5.58. Зависимость напряжения σ_A в относительных координатах от температуры для ПЭС.

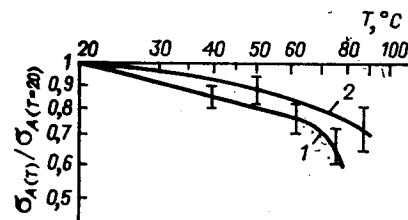


Рис. 5.59. Зависимость напряжения σ_A в относительных координатах от температуры для ПФО:

1 — ненаполненный; 2 — стеклонаполненный.

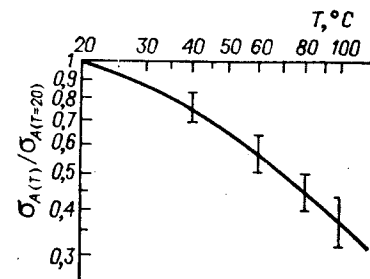


Рис. 5.60. Зависимость напряжения σ_A в относительных координатах от температуры для ПА 6 стеклонаполненного.

Данные приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

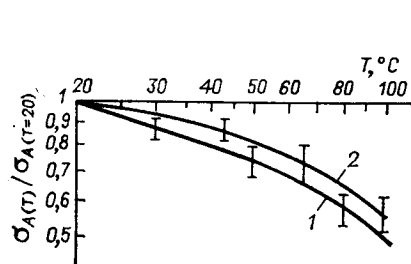


Рис. 5.61. Зависимость напряжения σ_A в относительных координатах от температуры для ПА 66:

1 — ненаполненный; 2 — стеклонаполненный. Данные приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

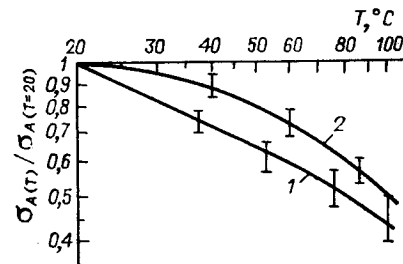


Рис. 5.62. Зависимость напряжения σ_A в относительных координатах от температуры для ПБТФ:

1 — ненаполненный; 2 — стеклонаполненный.

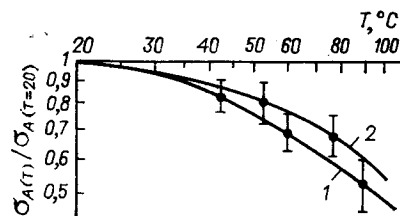


Рис. 5.63. Зависимость напряжения σ_A в относительных координатах от температуры для стеклонаполненного ПБТФ (1) и стеклонаполненного ПФ (2).

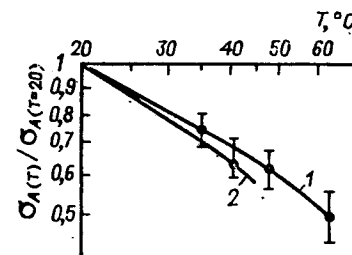


Рис. 5.64. Зависимость напряжения σ_A в относительных координатах от температуры для ПП (1) и ПЭВП (2).

$\sigma_A (T=20)$. Температурная зависимость напряжения σ_A при длительной статической нагрузке близка к температурной зависимости предела текучести σ_T при кратковременной нагрузке. При приближении к максимальной температуре длительной эксплуатации под нагрузкой зависимость напряжения σ_A от температуры усиливается, а вблизи нее резко падает.

Уменьшение области линейного деформирования (напряжения σ_A) с увеличением температуры проявляется в том, что отклонение зависимостей $E_{пн} - \sigma$ от прямой начинается тем раньше, чем выше T (см. рис. 5.20, а), что наряду с уменьшением начального модуля ползучести $E_{пн}$ с повышением T приводит к тому, что при некотором заданном напряжении в нелинейной области деформирования чем выше температура, тем меньше $E_{пн}$. Аналогично уменьшение напряжения σ_A с увеличением T приводит к тому, что отклонение зависимостей $\sigma - \epsilon$, построенных для разных температур T , от прямой начинается тем раньше, чем выше температура (см. рис. 5.20, б). Это способствует тому, что при одном некотором заданном напряжении чем выше температура эксплуатации, тем большая деформация развивается в детали, или при одной и той же заданной деформации чем выше температура, тем меньшее напряжение можно приложить к детали (см. рис. 5.20, в).

В определенном интервале температур, характерном для каждого полимера (наибольшая температура интервала ниже максимальной температуры длительной эксплуатации под нагрузкой), температура практически не влияет на интенсивность снижения $E_{пн}$ с повышением σ в нелинейной области деформирования. Поэтому кривые $E_{пн} - \sigma$ в нелинейной области деформирования, полученные при разных температурах в этом температурном интервале, подобны. С повышением температуры кривые $E_{пн} - \sigma$ параллельно смещаются вдоль линии, соединяющей σ_A при разных T (на рис. 5.20, а показана пунктиром), в результате уменьшения начального модуля ползучести $E_{пн}$. Подобие зависимостей $E_{пн}$ от σ , полученных при разных температурах, позволяет применить метод суперпозиции (сдвиг кривых параллельно самим себе) для представления их в форме инвариантной относительно температуры (раздел 5.2.6).

При приближении температуры к максимальной температуре длительной эксплуатации под нагрузкой форма зависимости модуля ползучести $E_{пн}$ от напряжения σ изменяется: становится более пологой.

Армирование полимеров анизотропными наполнителями влияет на температурные зависимости параметров ползучести. С введением армирующих наполнителей уменьшается температурная зависимость начального модуля ползучести: температурные зависимости $E_{пн}$ в относительных координатах у композиционных полимеров лежат выше, чем у ненаполненных полимеров (см. рис. 5.47—5.55). Уменьшение температурной зависимости при

введении наполнителей свидетельствует о том, что при более высоких температурах эксплуатации в большей мере возрастает модуль ползучести (больше соотношение $E'_{пн}/E_{пн}$ модулей ползучести наполненного и ненаполненного полимеров) и в большей мере снижается развивающаяся деформация (больше соотношение ϵ/ϵ' развивающихся деформаций ненаполненного и наполненного полимеров), чем при обычных температурах.

Температурные зависимости начального модуля ползучести $E_{пн}(T)/E_{пн}(T=20)$ в двойных логарифмических координатах у композиций на основе аморфных и кристаллизующихся полимеров, которые имеют температуру стеклования ниже 20 °С, практически прямые в характерном для каждого полимера температурном интервале. Как и у ненаполненных полимеров, у композиций на основе кристаллизующихся полимеров, которые имеют температуру стеклования выше 20 °С, наблюдается излом или скачок в температурной зависимости модуля ползучести вблизи этой температуры.

Введение усиливающих наполнителей влияет на температурную зависимость напряжения σ_A , с которого начинается нелинейная область: композиционные полимеры имеют более слабую зависимость σ_A от температуры, чем ненаполненные (см. рис. 5.57—5.62).

Аналогично ненаполненным полимерам, у наполненных полимеров температура в характерном для каждого полимера интервале практически не влияет на интенсивность снижения модуля ползучести $E_{пн}$ с повышением σ в нелинейной области деформирования: кривые $E_{пн} - \sigma$, полученные при разных температурах, практически подобны, что позволяет получить обобщенные зависимости $E_{пн}$ от σ , инвариантные относительно температуры (раздел 5.2.6).

5.2.5. Влияние влажности и степени кристалличности на ползучесть

Стойкость к ползучести таких гигроскопичных полимеров, как полиамиды, существенно зависит от влажности окружающей среды. При обычных условиях (относительная влажность воздуха 50—60 %) полиамиды поглощают влагу до равновесного состояния. Присутствие влаги резко снижает их модуль ползучести (см. табл. 5.1). Поэтому при подборе полиамидов для изделий, работающих под нагрузкой, необходимо учитывать условия эксплуатации по влажности. При эксплуатации во влажной среде, в том числе при относительной влажности воздуха 50—60 %, к изделиям из полиамидов при одной и той же заданной деформации можно прикладывать значительно меньшую нагрузку. В настоящей книге параметры ползучести для полиамидов приведены при наиболее часто реализуемых условиях эксплуатации по влажности, т. е. при относительной влажности воздуха 50—60 %.

На ползучесть полимеров влияет молекулярное состояние испытываемого образца: ориентация молекул, степень кристалличности. Композиции полимеров со структурообразователями, которые обеспечивают быстрый цикл кристаллизации и несколько более высокую степень кристалличности полимера в изделиях, имеют повышенные модули ползучести по сравнению с исходными полимерами.

5.2.6. Обобщенные зависимости модуля ползучести и определение параметров ползучести

При проектировании изделий, работающих при длительной постоянной нагрузке, нужны зависимости, которые позволяют определять параметры ползучести при изменении параметров эксплуатации: напряжения, температуры и продолжительности действия напряжения.

Приведенные на рис. 5.26—5.64 зависимости для различных полимеров и композиций на их основе позволяют определять параметры ползучести при разной продолжительности действия нагрузки и разной температуре при напряжениях, соответствующих линейной области деформирования, т. е. до напряжения σ_A .

При рассмотрении влияния продолжительности действия напряжения и температуры было отмечено, что они влияют на параметры ползучести в линейной области деформирования: с увеличением времени и повышением температуры снижается начальный модуль ползучести $E_{пн}$ и уменьшается протяженность области линейного поведения — уменьшается напряжение σ_A . Существенно, что в нелинейной области деформирования интенсивность снижения модуля ползучести $E_{пн}$ с повышением σ практически одинакова при различных временах (в рассматриваемом интервале) и температурах (в характерном для каждого полимера интервале), т. е. два параметра — время и температура — практически не влияют на интенсивность снижения $E_{пн}$ с повышением σ и, следовательно, на характер зависимости $E_{пн}—\sigma$ в нелинейной области деформирования. Кривые зависимости модуля ползучести $E_{пн}$ от напряжения в нелинейной области практически подобны при различных параметрах времени и температуры. При изменении времени или температуры кривые $E_{пн}—\sigma$ смещаются параллельно самим себе вдоль линии смещения напряжения σ_A (на рис. 5.20, а показана пунктиром). Это позволяет применить метод суперпозиции для получения обобщенной зависимости модуля ползучести $E_{пн}$ от напряжения σ , инвариантной относительно времени и температуры. Метод суперпозиции справедлив для многих вязкоупругих характеристик полимеров, к которым относятся параметры ползучести.

Метод суперпозиции заключается в параллельном смещении зависимостей, полученных при разных временах и температурах, в одну кривую, инвариантную относительно времени и темпера-

туры. Инвариантное относительно времени и температуры обобщение зависимостей модуля ползучести $E_{пн}$ от напряжения σ , полученных при разных параметрах времени и температуры, достигается представлением их в приведенных координатах: $E_{пн}(\sigma, T, t)/E_{пн}(T, t) — \sigma(T, t)/\sigma_A(T, t)$. В этих координатах модуль ползучести $E_{пн}(\sigma, T, t)$ в нелинейной области деформирования при напряжении σ , температуре T и времени t нормируется по начальному модулю ползучести $E_{пн}(T, t)$ при той же температуре и том же времени. Напряжение $\sigma(T, t)$ в нелинейной области деформирования при температуре T и времени t нормируется по напряжению $\sigma_A(T, t)$, с которого начинается эта область при той же температуре и времени. Обобщенными называют сложные зависимости в приведенных координатах.

Параметр $\sigma(T, t)/\sigma_A(T, t)$ характеризует удаленность приложенного напряжения $\sigma(T, t)$ от напряжения $\sigma_A(T, t)$, с которого начинается нелинейная область. Параметр $E_{пн}(\sigma, T, t)/E_{пн}(T, t)$ характеризует меру (интенсивность) снижения модуля ползучести в нелинейной области при напряжении $\sigma(T, t)$ по сравнению с начальным модулем в линейной области. Возможность применения метода суперпозиции для зависимостей модуля ползучести $E_{пн}$ от напряжения σ , полученных при разных параметрах времени и температуры, показывает, что интенсивность снижения модуля ползучести $E_{пн}(\sigma, T, t)/E_{пн}(T, t)$ в нелинейной области по сравнению с начальным значением определяется только удаленностью $\sigma(T, t)/\sigma_A(T, t)$ приложенного напряжения $\sigma(T, t)$ от $\sigma_A(T, t)$ независимо от того, при каких параметрах времени и температуры это достигнуто. Изменение параметров времени и температуры (в определенных интервалах) практически не влияет на зависимость интенсивности снижения модуля ползучести $E_{пн}(\sigma, T, t)/E_{пн}(T, t)$ от параметра $\sigma(T, t)/\sigma_A(T, t)$, характеризующего удаленность приложенного напряжения $\sigma(T, t)$ от $\sigma_A(T, t)$.

Обобщенные зависимости $E_{пн}$ от σ , инвариантные относительно температуры и продолжительности действия напряжения, для различных полимеров приведены на рис. 5.65—5.73.

Содержание вводимого армирующего наполнителя существенно влияет на начальный модуль ползучести $E_{пн}$ в линейной области деформирования и на ее протяженность — напряжение σ_A . Характер зависимостей $E_{пн}$ от σ в нелинейной области деформирования для ненаполненного полимера и композиции на его основе существенно различен. Но при более 15—20 % содержание вводимого стекловолокна мало влияет на характер зависимости $E_{пн}$ от σ в нелинейной области. Для практических расчетов кривые зависимости модуля $E_{пн}$ от напряжения σ для композиций с разным содержанием стекловолокна (более 15—20 %) можно принимать подобными. У наполненных полимеров, как и у ненаполненных, время и температура (в характерном для каждого полимера

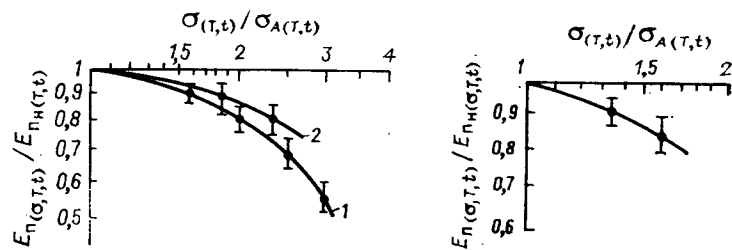


Рис. 5.65. Обобщенные зависимости модуля ползучести при изгибе для ПК: 1 — ненаполненный при $T \leq 80$ °С; 2 — стеклонаполненный при $T \leq 100$ °С.

Рис. 5.66. Обобщенная зависимость модуля ползучести при растяжении для ПЭС при $T \leq 130$ °С.

интервале) практически не влияют на интенсивность снижения E_p с повышением σ : зависимости E_p от σ , полученные при разных параметрах t и T , практически одинаковы. Это позволяет применить метод суперпозиции для получения обобщенных зависимостей модуля ползучести от напряжения для композиционных полимеров. В этом случае нормирующие множители $E_{p_n}(T, t)$ и $\sigma_A(T, t)$ в приведенных координатах учитывают влияние наполнителя.

Обобщенные зависимости модуля ползучести от напряжения для стеклонаполненных композиционных материалов на основе различных термопластов приведены на рис. 5.65—5.71.

Приведенные на рис. 5.26—5.73 зависимости для различных полимеров и композиций на их основе позволяют определять параметры ползучести при различных заданных напряжении, температуре и времени. Последовательность определения следующая:

по зависимости начального модуля ползучести E_{p_n} от t (см. рис. 5.26—5.36) при температуре 20 или 23 °С определяют начальный модуль $E_{p_n}(t)$ при заданном времени и температуре 20 или 23 °С;

по зависимости начального модуля ползучести $E_{p_n}(T)/E_{p_n}(T=20)$ от температуры (см. рис. 5.47—5.56) определяют начальный модуль ползучести $E_{p_n}(T, t)$ при заданных температуре и вре-

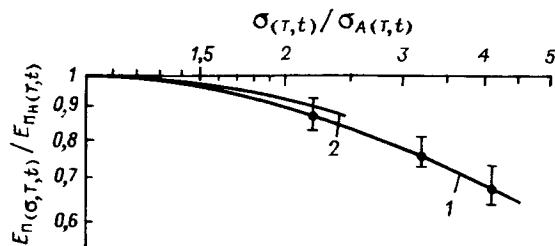


Рис. 5.67. Обобщенные зависимости модуля ползучести при изгибе для ПФО: 1 — ненаполненный при $T \leq 70$ °С; 2 — стеклонаполненный при $T \leq 80$ °С.

Рис. 5.68. Обобщенные зависимости модуля ползучести при растяжении для ПА 6:

1 — ненаполненный при $T \leq 80$ °С; 2 — стеклонаполненный при $T \leq 100$ °С.

мени. Для этого на оси температур откладывают заданную температуру T и через нее опускают вертикаль до пересечения с зависимостью $E_{p_n}(T)/E_{p_n}(T=20) - T$ при заданном времени t . Точка пересечения дает значение $E_{p_n}(T)/E_{p_n}(T=20)$, умножив которое на $E_{p_n}(T)$ при 20 °С, получают начальный модуль ползучести $E_{p_n}(T, t)$ при заданных T и t . Если зависимости E_{p_n} от t даны при 23 °С, то перед определением $E_{p_n}(T, t)$ предварительно по зависимости $E_{p_n}(T)/E_{p_n}(T=20)$ от T определяют $E_{p_n}(t)$ при $T = 20$ °С;

по зависимости напряжения σ_A от t (см. рис. 5.37—5.46) при 20 или 23 °С определяют напряжение $\sigma_A(t)$ при заданном времени и температуре 20 или 23 °С;

по зависимости $\sigma_A(T)/\sigma_A(T=20)$ от температуры (см. рис. 5.57—5.64) определяют напряжение $\sigma_A(T, t)$ при заданных температуре и времени. Для этого на оси температур откладывают заданную температуру T и через нее опускают вертикаль до пересечения с зависимостью $\sigma_A(T)/\sigma_A(T=20) - T$. Точка пересечения дает значение $\sigma_A(T)/\sigma_A(T=20)$, умножив которое на $\sigma_A(t)$

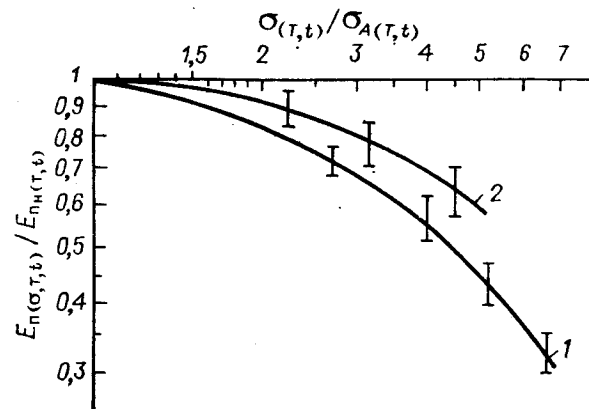


Рис. 5.69. Обобщенные зависимости модуля ползучести при растяжении для ПА 66: 1 — ненаполненный при $T \leq 100$ °С; 2 — стеклонаполненный при $T \leq 100$ °С.

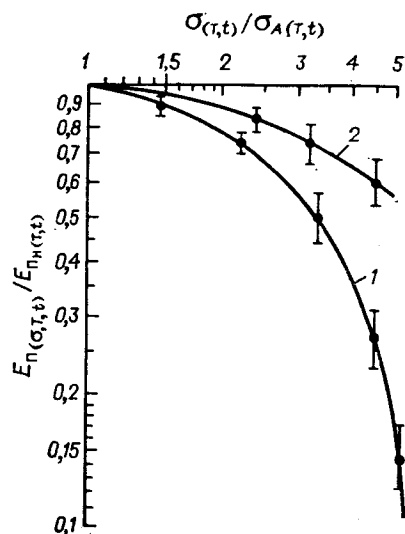


Рис. 5.70. Обобщенные зависимости модуля ползучести при растяжении для ПБТФ: 1 — ненаполненный при $T \leq 90^\circ\text{C}$; 2 — стеклонаполненный при $T \leq 100^\circ\text{C}$.

при 20°C , получают напряжение $\sigma_A(T, t)$ при заданных T и t . Если зависимости σ_A от t даны при 23°C , то перед определением $\sigma_A(T, t)$ предварительно по зависимости $\sigma_A(T) / \sigma_A(T=20)$ — T определяют $\sigma_A(t)$ при 20°C ;

по зависимости $E_p(\sigma, T, t) / E_p(\sigma, T, t) — \sigma(T, t) / \sigma_A(T, t)$ (см. рис. 5.65—5.73) определяют модуль ползучести $E_p(\sigma, T, t)$ при заданных σ, T и t . Для этого находят отношение $\sigma_T, t / \sigma_A(T, t)$, откладывают его на оси $\sigma(T, t) / \sigma_A(T, t)$ и через него опускают вертикаль до пересечения с зависимостью $E_p(\sigma, T, t) / E_p(\sigma, T, t) — \sigma(T, t) / \sigma_A(T, t)$. Точка пересечения дает значение $E_p(\sigma, T, t) / E_p(\sigma, T, t)$, умножив которое на $E_p(\sigma, T, t)$, получают модуль ползучести $E_p(\sigma, T, t)$ при заданных σ, T и t .

При проектировании изделий, работающих при длительной статической нагрузке, в расчетах применяют так называемый рабочий модуль, получаемый умножением модуля ползучести на коэффициент запаса, который принимают равным 0,5—0,75.

Пример расчета. Определить модуль ползучести $E_p(\sigma, T, t)$ ПФО при $\sigma = 10$ МПа, $T = 50^\circ\text{C}$ и $t = 5000$ ч.

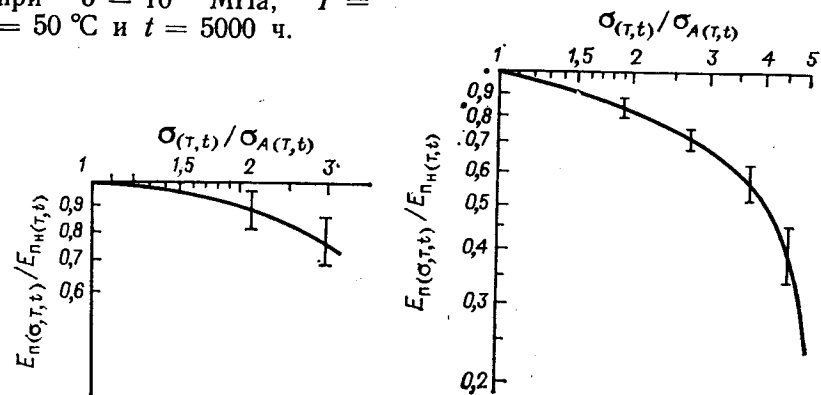


Рис. 5.71. Обобщенная зависимость модуля ползучести при растяжении для ПЭТФ стеклонаполненного при $T \leq 90^\circ\text{C}$.

Рис. 5.72. Обобщенная зависимость модуля ползучести при растяжении и изгибе для СФ при $T \leq 70^\circ\text{C}$.

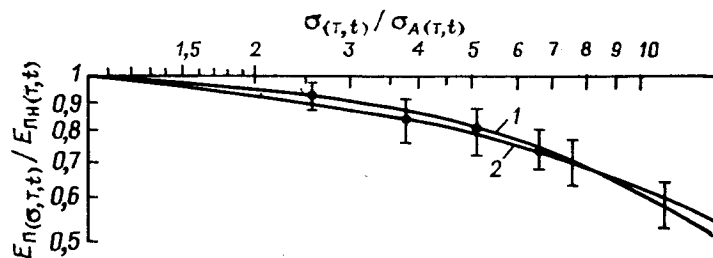


Рис. 5.73. Обобщенные зависимости модуля ползучести при растяжении для ПП при $T \leq 50^\circ\text{C}$ и ПЭВП при $T \leq 40^\circ\text{C}$.

По зависимости $E_p — t$ (см. рис. 5.29) для $t = 5000$ ч определяем $E_p(t) = 2180$ МПа при $T = 23^\circ\text{C}$.

По зависимости $E_p(T) / E_p(T=20) — T$ (см. рис. 5.50) определяем $E_p(t)$ при $T = 20^\circ\text{C}$: $E_p(t) = 2180 / 0,95 = 2295$ МПа. По этой же зависимости определяем $E_p(T, t)$ при заданной $T = 50^\circ\text{C}$: $E_p(T, t) = 2295 \cdot 0,64 = 1470$ МПа.

По зависимости $\sigma_A — t$ (см. рис. 5.40) для $t = 5000$ ч определяем $\sigma_A(t) = 6,8$ МПа при 23°C .

По зависимости $\sigma_A(T) / \sigma_A(T=20) — T$ (см. рис. 5.59) определяем $\sigma_A(t)$ при $T = 20^\circ\text{C}$: $\sigma_A(t) = 6,8 / 0,97 = 7,01$ МПа. По этой же зависимости определяем $\sigma_A(T, t)$ при заданной $T = 50^\circ\text{C}$: $\sigma_A(T, t) = 7,01 \cdot 0,79 = 5,54$ МПа.

Определяем отношение $\sigma(T, t) / \sigma_A(T, t) = 10 / 5,54 = 1,8$. По зависимости $E_p(\sigma, T, t) / E_p(\sigma, T, t) — \sigma(T, t) / \sigma_A(T, t)$ (см. рис. 5.67) находим $E_p(\sigma, T, t)$ при заданных σ, T и t : $E_p(\sigma, T, t) = 1470 \cdot 0,92 = 1350$ МПа.

Развивающаяся деформация $\epsilon = 10 \cdot 100 / 1350 = 0,74\%$.

5.2.7. Связь между параметрами при длительной статической и кратковременной нагрузке, универсальные характеристики параметров ползучести

Для определения параметров ползучести требуются длительные испытания. Поэтому важны зависимости, позволяющие по кратковременным испытаниям прогнозировать работоспособность полимеров при длительной статической нагрузке.

Сопоставление зависимостей, характеризующих поведение полимеров при длительной статической нагрузке ($E_p — \sigma, \sigma — \epsilon$, см. рис. 5.20, а, б) и при кратковременном нагружении (напряжение—деформация до предела текучести σ_T , см. рис. 2.1) показывает, что между ними есть определенная аналогия. Как при длительной статической нагрузке, так и при кратковременном нагружении наблюдается область линейного деформирования (участок I), в которой модули постоянны, а напряжения пропорциональны деформациям. При длительной статической нагрузке

поведение полимеров в этой области характеризует начальный модуль ползучести $E_{пн}$; область ограничена напряжением σ_A . При кратковременной нагрузке поведение полимеров в линейной области характеризует модуль упругости E_p (или E_n в зависимости от вида нагрузки), область ограничена пределом пропорциональности $\sigma_{пр}$.

В нелинейной области деформирования при длительной статической нагрузке условно можно выделить область постепенного снижения модуля ползучести $E_{пн}$ и повышения скорости нарастания ϵ (участок 2) и область резкого снижения $E_{пн}$ и повышения скорости нарастания ϵ (участок 3). Аналогично этому при кратковременном нагружении на диаграмме напряжение—деформация условно можно выделить участок 2 — постепенного снижения модуля и повышения скорости нарастания деформации ϵ , а при приближении к пределу текучести σ_T участок 3 — резкого снижения модуля и повышения скорости нарастания деформации ϵ , ограниченный пределом текучести.

В линейной области деформирования при длительной статической нагрузке начальный модуль ползучести $E_{пн(t=1)}$ при температуре 20—23 °С и времени 1 ч практически совпадает с модулем упругости E_p (или E_n) при кратковременном нагружении (см. рис. 5.26—5.36). С повышением продолжительности действия напряжения начальный модуль ползучести $E_{пн}$ уменьшается, но темпы его снижения с увеличением времени t для различных полимеров, относящихся к классу аморфных, близки между собой. То же (но с несколько меньшей точностью) можно сказать о темпе снижения $E_{пн}$ с увеличением t для различных полимеров, относящихся к классу кристаллизующихся. Поэтому для двух классов полимеров: аморфных и кристаллизующихся — можно построить две универсальные (т. е. применимые для разных полимеров) зависимости начального модуля ползучести $E_{пн}$ от времени t в относительных координатах. В этих координатах $E_{пн(t)}$ при текущем времени t нормируется по $E_{пн(t=1)}$ при $t = 1$ ч (рис. 5.74). Универсальные зависимости $E_{пн} - t$ позволяют прогнозировать эти модули при любом заданном времени t по $E_{пн(t=1)}$ при $t = 1$ ч. $E_{пн(t=1)}$ можно принять равным модулю упругости E_p (или E_n) при кратковременной нагрузке. Начальные модули ползучести $E_{пн}$ характеризуют поведение полимеров при длительной статической нагрузке в линейной области деформирования, когда прикладываемые напряжения не превышают напряжение σ_A .

Напряжение σ_A , на котором заканчивается линейная область деформирования при длительной статической нагрузке, естественно сопоставить с пределом пропорциональности $\sigma_{пр}$ при кратковременном нагружении. Но $\sigma_{пр}$ в справочной литературе приводится сравнительно редко. Более информативным и надеж-

ным в определении является предел текучести σ_T , кроме того, между $\sigma_{пр}$ и σ_T существует некоторая зависимость. Сопоставление напряжения σ_A при длительной статической нагрузке с пределом текучести σ_T при кратковременном нагружении для различных термопластов показало, что между ними существует определенная корреляция (рис. 5.75). Зависимость σ_A от σ_T носит универсальный характер, т. е. применима для различных термопластов.

Универсальная зависимость между напряжением σ_A и пределом текучести σ_T в двойных логарифмических координатах имеет излом. В верхней части зависимости σ_A от σ_T расположены термопласты инженерно-технического назначения: ПЭС, ПСФ, ПЭТФ, ПБТФ, ПК, ПФО, ПФ, СФ, ПА 66, ПА 6. Они имеют сравнительно высокие пределы текучести σ_T при кратковременном нагружении и сравнительно большие напряжения σ_A , до которых продолжается область линейного деформирования при длительной статической нагрузке. Полимеры общетехнического назначения ПП, ПЭ расположены в нижней части зависимости σ_A от σ_T . Они имеют сравнительно низкие пределы текучести σ_T и напряжения σ_A . Чем больше предел текучести σ_T полимера, тем больший процент от σ_T составляет σ_A . При σ_T порядка 70—75 МПа σ_A составляет от σ_T примерно 24—36%. С понижением σ_T процент, который составляет σ_A от σ_T , резко уменьшается. Особенно он мал для полимеров общетехнического назначения. Зависимости σ_A от σ_T , построенные для разной продолжительности действия напряжения, немного отстоят друг от друга: чем больше время t , тем правее лежит зависимость и меньше напряжение σ_A .

Универсальные зависимости σ_A от σ_T позволяют по известному значению предела текучести σ_T при кратковременной нагрузке прогнозировать напряжение σ_A , до которого поведение полимера при длительной статической нагрузке можно характеризовать начальным модулем ползучести $E_{пн}$.

При напряжениях, превышающих σ_A , модуль ползучести $E_{пн}$ уменьшается с повышением σ (см. рис. 5.20, а). При кратковременном нагружении модуль снижается с повышением σ при напряжениях выше предела пропорциональности $\sigma_{пр}$ (см. рис. 2.1). При характерном для каждого полимера напряжении снижение модуля ползучести и нарастание деформации резко усиливается (участок 3). При напряжениях сравнительно близких, но не достигающих предела текучести σ_T , модули ползучести $E_{пн}$ при длительной статической нагрузке становятся очень низкими, а развивающаяся деформация превышает относительное удлинение ϵ_T при пределе текучести σ_T при кратковременном нагружении.

Полимеры имеют разное химическое строение, молекулярно-массовое распределение и поэтому различаются по характеру изменения модулей с повышением напряжения σ в нелинейной области деформирования как при длительной статической

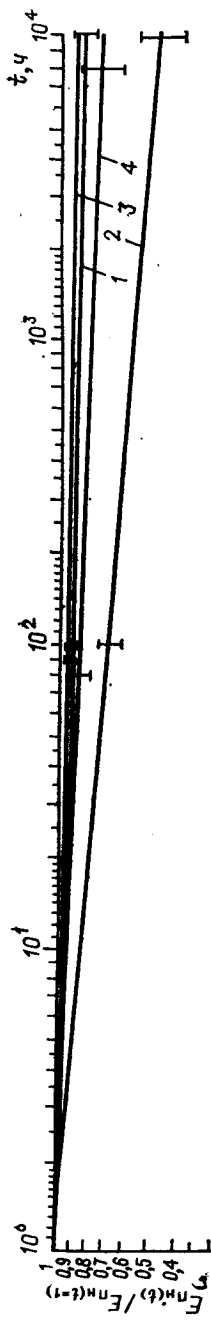


Рис. 5.74. Универсальные зависимости начального модуля ползучести от продолжительности действия напряжения:

1 — аморфные полимеры; 2 — кристаллизующиеся полимеры; 3 — стеклонаполненные композиции на основе аморфных полимеров; 4 — стеклонаполненные композиции на основе кристаллизующихся полимеров.

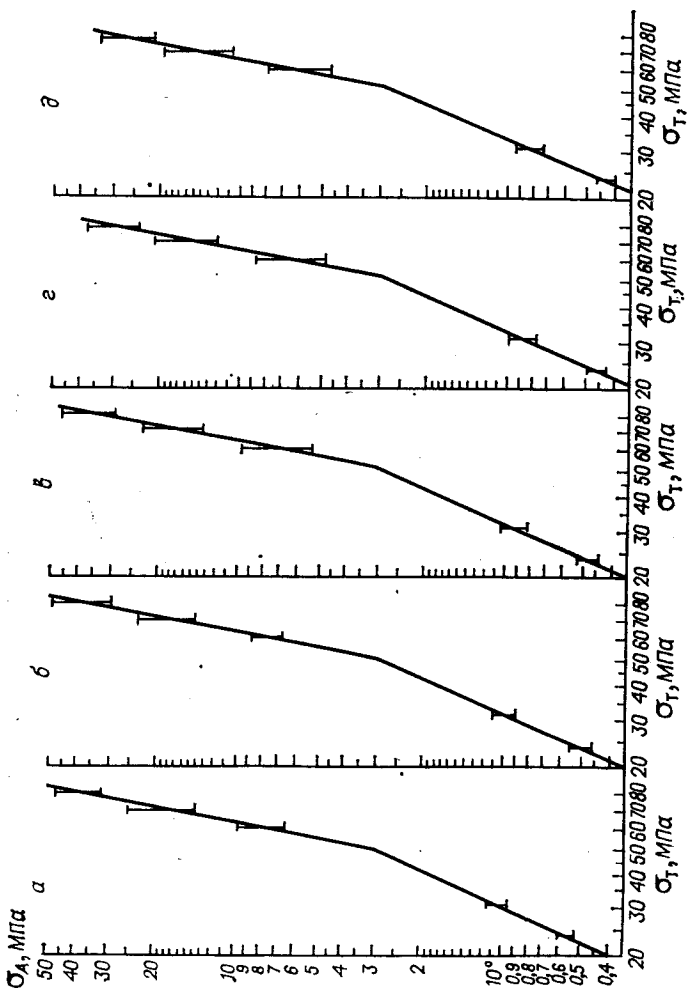


Рис. 5.75. Универсальные зависимости напряжения σ_A от предела текучести σ_T при кратковременном нагружении полимеров при разной продолжительности действия напряжения:

а — 1 ч; б — 10 ч; в — 100 ч; г — 1000 ч; д — 10^4 ч.

нагрузке, так и при кратковременном нагружении. Полимеры инженерно-технического назначения ПЭС, ПСФ, ПЭТФ, ПБТФ, ПК, ПФО, ПФ, СФ, ПА 66, ПА 6 в сравнении с полимерами общетехнического назначения имеют более высокие пределы текучести σ_T и σ_A у них составляет от σ_T сравнительно большую долю: чем больше σ_T , тем меньше отношение σ_T/σ_A (см. рис. 5.75). Эти полимеры имеют также сравнительно узкое ММР (или степень полидисперсности, оцениваемую отношением \bar{M}_w/\bar{M}_n) близкое к 2. Ширина ММР определяет ширину релаксационного спектра полимера, от которой, в свою очередь, зависит интенсивность изменения вязкоупругих характеристик (к ним относится модуль ползучести) с повышением напряжения в нелинейной области деформирования. Чем уже релаксационный спектр (ММР), тем интенсивнее изменяются вязкоупругие характеристики с повышением напряжения в нелинейной области деформирования.

Эти характерные для полимеров инженерно-технического назначения два факта: первый — сравнительно малое отношение σ_T/σ_A (σ_T ограничивает предельные напряжения при длительной статической нагрузке) и второй — узкое ММР — определяют, по-видимому, более высокую интенсивность снижения модуля ползучести E_{II} с повышением σ в нелинейной области деформирования для этих полимеров. Поэтому у них наблюдается более крутой характер обобщенных зависимостей модуля ползучести от напряжения σ (см. рис. 5.23, 5.65—5.73).

Полимеры общетехнического назначения ПП, ПЭ имеют сравнительно низкие пределы текучести σ_T и большие отношения σ_T/σ_A . Рассматриваемые полимеры промышленного выпуска имеют обычно широкое ММР. Поэтому для них характерно менее интенсивное снижение модуля ползучести с повышением σ в нелинейной области и более пологий характер обобщенных зависимостей модуля ползучести от напряжения σ .

Для полимеров характерна общая тенденция: если переход в нелинейную область деформирования происходит при более высоких напряжениях, то увеличивается интенсивность снижения модуля ползучести с повышением напряжения σ . Такая тенденция, по-видимому, носит общий характер для вязкоупругих характеристик, так как она наблюдается и для реологических свойств полимеров в расплавленном состоянии [1].

Для прогнозирования поведения полимеров при длительной статической нагрузке в нелинейной области деформирования на втором участке при напряжениях, которые превышают σ_A до 2,5—3,5 раза, можно пользоваться универсальными характеристиками модуля ползучести E_{II} от напряжения σ (рис. 5.76).

При длительном действии нагрузки прочность пластмасс ниже, чем при кратковременном нагружении.

Аналогично температурным зависимостям модуля упругости E_p (или E_{II}) при кратковременном нагружении температур-

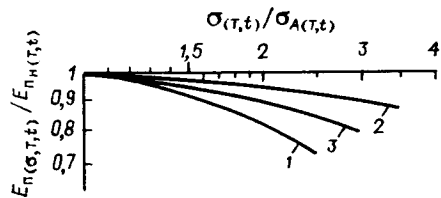


Рис. 5.76. Универсальные характеристики модуля ползучести от напряжения:
1 — полимеры с $\sigma_{T, p} > 50$ МПа и узким ММР ($\bar{M}_w/\bar{M}_n \approx 2$); 2 — полимеры с $\sigma_{T, p} < 35$ МПа и широким ММР ($\bar{M}_w/\bar{M}_n > 3$); 3 — смеси первых двух.

ные зависимости начального модуля ползучести $E_{пн}$ аморфных полимеров определяются главным образом температурой стеклования T_c (или T_B , которая коррелирует с T_c): чем выше у полимера температура T_c (T_B), тем слабее температурная зависимость модуля $E_{пн}$. В приведенных координатах $T - 20 / (T_B - 20)$, в которых удаленность текущей температуры T от обычной $T = 20^\circ\text{C}$ ($T - 20$) нормируется по удаленности температуры T_B от $T = 20^\circ\text{C}$ ($T_B - 20$), относительные температурные зависимости модуля ползучести в линейной области деформирования $E_{пн}(T) / E_{пн}(T=20)$ для различных аморфных полимеров обобщаются в универсальную зависимость (рис. 5.77). Универсальные температурные зависимости начального модуля ползучести в некоторой степени зависят от продолжительности действия напряжения: чем больше t , тем несколько сильнее зависимость и тем ниже она лежит.

Температурные зависимости напряжения σ_A при длительной статической нагрузке близки к температурным зависимостям предела текучести σ_T полимеров при кратковременном нагружении. Поэтому для прогнозирования σ_A при различных температурах можно пользоваться универсальными температурными зависимостями предела текучести (см. рис. 5.12).

Аналогично ненаполненным полимерам композиционные полимеры с армирующими наполнителями при $20-23^\circ\text{C}$ и времени $t = 1$ ч имеют начальные модули ползучести $E_{пн}$, которые очень близки к модулям упругости E_p (или E_n в зависимости от вида

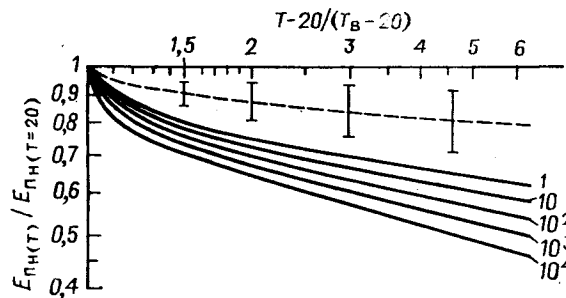


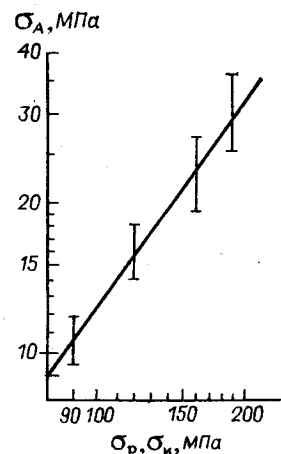
Рис. 5.77. Универсальные температурные зависимости начального модуля ползучести: — — — стеклонаполненные композиции на основе аморфных полимеров; — — — ненаполненные аморфные полимеры. Цифры на кривых обозначают продолжительность действия напряжения.

нагрузки) при кратковременном нагружении (см. рис. 5.26—5.32). Для стеклонаполненных композиций справедливы также универсальные зависимости начального модуля ползучести в относительных координатах $E_{пн}(t) / E_{пн}(t=1)$ от времени t (см. рис. 5.74). Универсальные зависимости для композиций на основе аморфных и кристаллизующихся полимеров различны.

Сопоставление напряжения σ_A , на котором заканчивается линейная область деформирования при длительной статической нагрузке, с прочностью σ_p (или σ_n в зависимости от вида нагрузки) при кратковременном нагружении для стеклонаполненных композиций показало, что между ними существует определенная корреляция (рис. 5.78). Зависимость σ_A от σ_p (или σ_n) носит универсальный характер, т. е. применима для стеклонаполненных композиций на основе различных термопластов и с разным количеством наполнителя (более 15—20%). Зависимости σ_A при разной продолжительности t действия напряжения от σ_p (σ_n) практически совпадают. С повышением прочности σ_p (или σ_n) стеклонаполненной композиции доля, которую σ_A составляет от σ_p (или σ_n), несколько повышается: увеличивается отношение σ_A к σ_p (или σ_n).

Для прогнозирования поведения стеклонаполненных композиций на основе термопластов с $\sigma_p > 50$ МПа при длительной статической нагрузке в нелинейной области деформирования при напряжениях, которые превышают σ_A до 3 раз, можно пользоваться универсальной характеристикой модуля ползучести от напряжения в приведенных координатах (рис. 5.79).

Аналогично температурным зависимостям модуля упругости E_p (или E_n) при кратковременном нагружении температурные зависимости начального модуля ползучести $E_{пн}$ для стеклонапол-



ненных композиций на основе аморфных полимеров коррелируют с теплостойкостью по Вика T_B : с повышением T_B наблюдается более слабая зависимость $E_{пн}$ от температуры. В приведенных координатах $T - 20 / (T_B - 20)$ относительные температурные зависимости начального

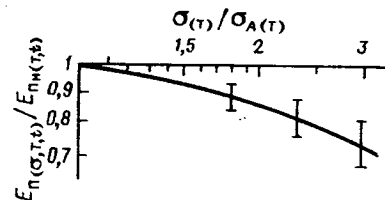


Рис. 5.78. Универсальная зависимость напряжения σ_A от прочности σ_p , σ_n при кратковременном нагружении для стеклонаполненных полимеров.

Рис. 5.79. Универсальная характеристика модуля ползучести от напряжения для стеклонаполненных композиций на основе полимеров с $\sigma_p > 50$ МПа.

Таблица 5.2. Модули ползучести E_{Π} и прикладываемые постоянные напряжения

В числителе E_{Π} , в знаменателе σ_{Π}

Материалы расположены в порядке убывания E_{Π} (σ_{Π}) ненаполненного полимера при

Режим испытания: 1 — напряжение растяжения (если нет данных при растяжении); 2 — напряжение изгиба (если нет данных при изгибе, для ориентировочного сопоставления

Пластмасса	Режим испытания	Т, °С	Продолжительность действия																					
			10			100			Дефор															
			0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	0,25	0,5	1											
ПЭС	1	20	2450	2450	2450	2400	2200	2400	2400	2400				6,1	12,3	24,5	36	44	6	12	24			
			2410	2410	2410	2350	2100	2300	2300	2300				6,1	12,2	24,1	35,2	42	5,8	11,5	23			
		40	2400	2400	2400	2300	2050	2280	2280	2280				6	12	24	34,5	41	5,7	11,4	22,8			
			2400	2400	2400	2270	2000	2220	2220	2220				6	12	24	34	40	5,6	11,2	22,2			
		60	2400	2400	2400	2220	1950	2200	2200	2200				6	12	24	33,3	39,5	5,5	11	22,2			
			2400	2400	2380	2100	1800	2150	2150	2100				6	12	23,8	31,5	35	5,4	10,7	21			
		80	2400	2400	2250	1900	1650	2140	2150	2020				6	12	22,5	28,5	32,5	5,3	10,7	20,2			
			2400	2400	2100	1750	1450	2120	2120	1950				6	12	21	26,2	29	5,3	10,6	19,5			
		100	9000	9000				8300	8300					22,5	45				20,8	41,5				
			2370	2370	2350	2170	2000	2250	2250	2250				5,9	11,8	23,5	32,5	40	5,6	11,2	22,5			
ПЭС-НС 30	1	20	1950	1950	1950	1800	1680	1850	1850	1850				4,9	9,7	19,5	27	33,5	4,6	9,2	18,5			
			1750	1750	1750	1630	1500	1620	1620	1620				4,4	8,7	17,5	24,5	30	4	8,1	16,2			
		40	1600	1600	1600	1500	1400	1500	1500	1500				4	8	16	22,5	27,5	3,7	7,5	15			
			1550	1550	1550	1450	1350	1400	1400	1400				3,9	7,8	15,5	22	27	3,5	7	14			
		60	1450	1450	1450	1370	1280	1300	1300	1300				3,6	7,2	14,5	20,5	25,5	3,2	6,5	13			
			1200	1200	1200	1130	1050	1100	1100	1100				3	6	12	17	21	2,7	5,5	11			
		80	960	960	960	930	880	700	700	700				2,4	4,8	9,6	14	17,7	1,7	3,5	7			
		100																						
120																								
140																								
150																								

σ_{Π} , вызывающие разную деформацию

$t = 1000 - 10\ 000$ ч

нения, для ориентировочного сопоставления пластмасс можно брать данные при изгибе);
ния пластмасс можно брать данные при растяжении).

напряжения, ч																							
мация, %																							
1000			10 000			1000			10 000														
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2												
2300	2120	2320	2320	2320	2200	2010	2120	2120	2120	2100	1950	34,5	42,5	5,8	11,7	23,2	33	41	5,3	10,7	21,2	31,5	39,2
2200	2000	2100	2100	2100	2000	1800	1800	1800	1800	1800	1700	33	40	5,2	10,5	21	30	36	4,5	9	18	27	34
2140	1950	2000	2000	2000	1900	1750	1600	1600	1600	1600	1530	32	39	5	10	20	28,5	35	4	8	16	24	30,5
2100	1900	1900	1900	1900	1820	1660	1500	1500	1500	1500	1450	31,5	38	4,7	9,4	19	27,2	33,3	3,7	7,5	15	22,5	29
2000	1800	1850	1850	1850	1750	1600	1450	1450	1450	1450	1400	30	36	4,6	9,2	18,5	26,2	3,2	3,6	7,2	14,5	22	28
1900	1700	1800	1800	1800	1620	1450	1370	1370	1370	1370	1250	28,5	34	4,5	9	18	24,3	29	3,4	6,9	13,7	20,5	25
1750	1600	1800	1800	1650	1400	1200	1320	1320	1300	1150	1000	26,2	32	4,5	9	16,5	21	24	3,3	6,6	13	17,2	20
1650	1500	1700	1700	1570	1300	1100	1300	1300	1270	1100	940	25	30	4,2	8,5	15,7	19,5	22	3,2	6,5	12,7	16,5	19
		6700	6700				6500	6500											16,2	32,5			
2100	1950	2300	2300	2300	2150	2000	2200	2200	2200	2050	1920	31,5	39	5,7	11,7	23	32,2	40	5,5	11	22	31	38,4
1720	1600	1780	1780	1780	1650	1550	1660	1660	1660	1600	1500	26	32	4,4	8,8	17,8	25	31	4,1	8,9	16,6	24	30
1550	1450	1550	1550	1550	1460	1380	1400	1400	1400	1350	1270	23,2	29	3,9	7,7	15,5	22	27,6	3,5	7	14	20,2	25,4
1420	1330	1400	1400	1400	1340	1250	1260	1260	1260	1230	1150	21,2	26,5	3,5	7	14	20	25	3,1	6,3	12,6	18,5	23
1320	1250	1300	1300	1300	1250	1180	1150	1150	1150	1120	1070	20	25	3,2	6,5	13	18,8	23,6	2,9	5,7	11,5	16,8	21,4
1240	1130	1150	1150	1150	1120	1070	980	980	980	980	940	18,6	22,6	2,9	5,7	11,5	16,8	21,4	2,4	4,9	9,8	14,7	18,8
1050	1000	640	640	640	640	640	480	480	480	480	480	15,7	20	1,6	3,2	6,4	9,6	12,8	1,2	2,4	4,8	7,2	9,6
700	680	470	470	470	470	470	330	330	330	330	330	7	680	470	470	470	470	470	330	330	330	330	330
10,5	13,6	1,2	2,3	4,7	7	9,4	0,8	1,6	3,3	5	6,6												

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим испытания	Т, °С	Продолжительность действия								
			10					100			
			Дефор								
			0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	
ПСФ	2	20	2500	2500	2450	2300	2100	2400	2400	2380	
			6,2	12,5	24,5	34,5	42	6	12	23,8	
		40	2100	2100	2050	1900	1770	1950	1950	1950	
			5,2	10,5	20,5	28,5	35,4	4,9	9,7	19,5	
		60	1900	1900	1900	1750	1600	1750	1750	1750	
			4,7	9,5	19	26,2	32	4,4	8,7	17,5	
		80	1750	1750	1720	1600	1450	1600	1600	1600	
			4,4	8,7	17,2	24	29	4	8	16	
		100	1700	1700	1680	1550	1450	1500	1500	1500	
			4,2	8,5	16,8	23,2	29	3,7	7,5	15	
120	1550	1550	1550	1430	1330	1350	1350	1350			
	3,9	7,7	15,5	21,5	26,5	3,4	6,7	13,5			
140	1150	1150	1150	1100	1050	940	940	940			
	2,9	5,7	11,5	16,5	21	2,3	4,7	9,4			
150	1000	1000	1000	960	910	700	700	700			
	2,5	5	10	14,5	18,2	1,7	3,5	7			
ПСФ-НС 30	1	20	7000	7000				5600	5600		
			17,5	35				14	28		
		40	6800	6800				5400	5400		
			17	34				13,5	27		
		60	6700	6700				5300	5300		
			16,8	33,5				13,2	26,5		
		80	6600	6600				5200	5200		
			16,5	33				13	26		
		100	6500	6500				5100	5100		
			16,2	32,5				12,7	25,5		
ПЭТФ-НС 18	1	23	6300	6300	5800	5250	4800	5900	5900	5400	
			15,7	31,5	58	79	96	14,8	29,5	54	
		40	5100	5100	4700	4350	4000	4800	4800	4500	
			12,7	25,5	47	65	80	12	24	45	
		60	4350	4350	4000	3650	3300	4100	4100	3800	
			11	21,7	40	55	66	10,2	20,5	38	
		80	2500	2500	2400	2300	2150	2350	2350	2300	
			6,2	12,5	24	34,5	43	5,9	11,7	23	
		90	2350	2350	2250	2120	2000	2200	2200	2150	
			5,9	11,7	22,5	32	40	5,5	11,1	21,5	

напряжения, ч											
				1000				10 000			
мация, %											
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
2200	2000	2300	2300	2300	2100	2000	2100	2100	2100	2000	1875
33	40	5,7	11,5	23	31,5	40	5,2	10,5	21	30	37
1800	1680	1800	1800	1800	1700	1600	1650	1650	1650	1600	1500
27	33,6	4,5	9	18	25,5	32	4,1	8,2	16,5	24	30
1620	1500	1550	1550	1550	1470	1400	1400	1400	1400	1350	1270
24,2	30	3,9	7,7	15,5	22,2	28	3,5	7	14	20,2	25,4
1500	1400	1400	1400	1400	1350	1250	1250	1250	1250	1220	1160
22,5	28	3,5	7	14	20,2	25	3,1	6,2	12,5	18,3	23,2
1420	1320	1300	1300	1300	1250	1170	1150	1150	1150	1120	1070
21,2	26,4	3,2	6,5	13	19	23,4	2,9	5,7	11,5	17	21,4
1300	1200	1100	1100	1100	1080	1030	920	920	920	920	890
19,5	24	2,7	5,5	11	16,2	20,6	2,3	4,6	9,2	13,8	17,8
930	900	640	640	640	640	640	540	540	540	540	540
14	18	1,6	3,2	6,4	9,6	12,8	1,3	2,7	5,4	8,1	10,7
700	680	450	450	450	450	450	350	350	350	350	350
10,5	13,6	1,1	2,2	4,5	6,7	9	0,9	1,7	3,5	5,2	7
		5500	5500				4600	4600			
		13,7	27,5				11,5	23			
		5350	5350				4500	4500			
		13,4	26,7				11,3	22,5			
		5220	5220				4400	4400			
		13	26,1				11	22			
		5200	5200				4300	4300			
		13	26				10,7	21,5			
		5100	5100				4250	4250			
		12,7	25,5				10,6	21,2			
5000	4600	5300	5300	5000	4650	4250	4000	4000	3900	3700	3500
75	92	13,2	26,5	50	70	85	10	20	39	55,5	70
4150	3800	4300	4300	4100	3800	3550	3250	3250	3200	3050	2900
62	76	10,7	21,5	41	57	71	8,1	16,2	32	46	58
3500	3200	3650	3650	3400	3200	2950	2750	2750	2700	2550	2400
52,5	64	9,1	18,9	34	48	59	6,9	13,7	27	38,2	48
2200	2050	2100	2100	2100	1950	1880	1600	1600	1600	1570	1500
33	41	5,2	10,5	21	29,2	37,6	4	8	16	23,5	30
2000	1950	1950	1950	1900	1800	1750	1480	1480	1480	1450	1400
30	38	4,9	9,7	19	27	35	3,7	7,4	14,8	22	28

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим испытаний	Т, °С	Продолжительность действия																				
			10					100															
			Дефор																				
0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1																
ПЭТФ-НС 30	1	23	9600	9300	8300	7300		9500	9300	8200													
			24	46,5	83	110		23,5	46,5	82													
		40	7700	7500	6800	6000		7700	7500	6800													
			19,2	37,5	68	90		19,2	37,5	68													
		60	6550	6400	5700	5000		6600	6420	5700													
16,5	32		57	75		16,5	32,1	57															
80	3750	3750	3500	3250	2950	3750	3750	3500															
	9,4	18,7	35	49	59	9,4	18,7	35															
	3500	3500	3250	3000	2750	3500	3500	3250															
8,7	17,5	32,5	45	55	8,7	17,5	32,5																
ПЭТФ-НС 36	1	23	10400	10 000	9000	7800		10 000	9800	8700													
			26	5	90	117		25	49	87													
		40	8400	8200	7400	6500		8000	7900	7100													
			21	41	74	97,5		20	39,5	71													
		60	7100	7000	6200	5400		6900	6800	6000													
17,7	35		62	81		17,2	34	60															
80	4100	4100	3800	3500	3200	3950	3950	3700															
	10,2	20,5	38	52,5	64	10	19,4	37															
	3800	3800	3500	3250	3000	3700	3700	3400															
9,5	19	35	49	60	9,2	18,5	34																
ПФО	1,2	23	2800	2550	2200		2800	2550	2200														
			7	12,7	22		7	12,7	22														
		40	2250	2080	1800		2200	2020	1780														
			5,6	10,4	18		5,5	10,1	17,8														
		60	1900	1770	1550		1850	1720	1500														
4,7	8,9		15,5		4,6	8,6	15																
ПФО-НС 30	1,2	23	7500	6800	5600		8000	7200	5900														
			19	34	56		20	36	59														
		40	6700	6200	5200		6800	6240	5100														
			16,7	31	52		17	31,2	51														
		60	5900	5400	4500		6000	5500	4600														
14,6	27		45		15	27,5	46																
80	5400	5000	4100		5500	5000	4200																
13,5	25	41		13,8	25	42																	
ПК	1,2	23	2200	2200	2040	1800	1600	2000	2000	1900													
			5,5	11	20,4	27	32	5	10	19													

напряжения, ч											
1000						10 000					
мация, %											
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
7200		9300	9100	8100	7100		9200	9000	8000	7100	
110		23	45,5	81	107		23	45	80	107	
6000		7500	7400	6600	5900	5300	7400	7200	6600	5800	5200
90		18,7	37	66	88,4	106	18,5	36	66	87	104
5000		6400	6300	5600	4900		6300	6200	5500	4900	4400
75		16	31,5	56	73,5		15,7	31	55	73,5	88
3250	2950	3700	3700	3450	3200	2900	3650	3650	3400	3150	2900
49	59	9,2	18,5	34,5	48	58	9,1	18,2	34	47	58
3000	2750	3450	3450	3200	3000	2700	3400	3400	3200	2900	2700
45	55	8,6	17,2	32	45	54	8,5	17	32	43,5	54
7700		9600	9400	8400	7400		9200	9000	8100	7200	6600
115		24	47	84	111		23	45	81	108	130
6300		7800	7600	7000	6200	5400	7400	7300	6700	6000	5400
94,5		19,5	38	70	93	108	18,5	36,5	67	90	108
5300		6600	6500	5800	5200		6300	6200	5600	5000	4500
79,5		16,5	32,5	58	78		15,7	31	56	75	90
3400	3150	3800	3800	3600	3300	3500	3650	3650	3500	3250	3000
51	63	9,5	19	36	49,5	61	9,1	18,2	35	49	60
3150	2850	3600	3600	3400	3100	2850	3400	3400	3200	3000	2750
47,3	57	9	18	34	46,5	57	8,5	17	32	45	55
		2380	2200	1950			1950	1880	1700	1500	
		5,9	11	19,5			4,9	9,4	17	22,5	
		1800	1700	1530	1350		1500	1460	1330	1200	1070
		4,5	8,5	15,3	20,2		3,7	7,3	13,3	18	21,4
		1450	1400	1250	1030		1200	1200	1080	1000	900
		3,6	7	12,5	15,5		3	6	10,8	15	18
		7200	6600	5500			6800	6400	5300		
		18	33	55			17	32	53		
		6100	5700	4800			5700	5400	4600		
		15,3	28,5	48			14,2	27	46		
		5420	5100	4350			5100	4850	4150		
		13,7	25,5	43,5			12,7	24,2	41,5		
		5000	4700	3900			4600	4400	3750		
		12,5	23,5	39			11,6	22	37,5		
1650	1470	1850	1850	1800	1620	1450	1750	1750	1650	1500	1360
25	29,4	4,6	9,2	18	24	29	4,3	8,7	16,5	22,5	27,2

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим испытания	Т, °С	Продолжительность действия															
			10					100										
			Дефор															
0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1											
ПК	1,2	40	1750	1750	1680	1500	1350	1600	1600	1570	4,4	8,7	16,8	23	27	4	8	15,7
			1470	1470	1420	1300	1170	1340	1340	1300	3,7	7,3	14,2	19,5	23,4	3,3	6,7	13
			1250	1250	1200			1100	1100	1060	3,1	6,2	12			2,7	5,5	10,6
ПК-НС 10	1,2	23	2700	2700	2520	2350	2120	2600	2600	2480	6,8	13,5	25,2	35,5	42,4	6,5	13	24,8
			2220	2220	2150	2000	1820	2150	2150	2080	5,6	11,1	21,5	30	36,4	5,4	10,7	20,8
			1920	1920	1850	1720	1600	1870	1870	1820	4,8	9,6	18,5	26	32	4,7	9,3	18,2
ПК-НС 20	1,2	23	5400	5200	4600	3950		5400	5200	4600	13,5	26	46	59		13,5	26	46
			4450	4350	3900	3350		4450	4350	3900	11,2	21,8	39	51		11,2	21,7	39
			3850	3800	3400	2250		3850	3800	340	9,6	19	34	44,5		9,6	19	34
ПК-НС 30	1,2	23	3500	3420	3080	2700		3500	3420	3080	8,8	17,1	30,8	40		8,8	17,1	30,8
			3220	3150	2800	2300		3220	3150	2800	8,2	15,8	28	36,5		8,2	15,8	28
			4900	4900	4400	4000	3550	4700	4700	4300	12,2	24,5	44	60	71	11,7	23,5	43
ПК-НС 35	1,2	23	4050	4050	3750	3450	3050	3880	3880	3600	10,1	20,2	37,5	51	61	9,8	19,4	36
			3500	3700	3250	3000	2700	3380	3380	3150	8,8	17,5	32,5	45	54	8,4	16,8	31,5
			3150	3150	2950	2600	2400	3050	3050	2850	7,9	15,7	29,5	40	48	7,6	15,2	28,5
ПК-НС 35	1,2	23	2950	2950	2700	2450	2150	2800	2800	2600	7,4	14,7	27	37	43	7,1	14	26
			8200	7850	6600			7800	7500	6400	20,5	39,2	66			19,5	37,5	64

напряжения, ч											
				1000				10 000			
мацня, %											
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
1400	1250	1400	1400	1400	1300	1170	1330	1330	1320	1210	1120
21	25	3,5	7	14	19,5	23,4	3,3	6,6	13,2	18,5	22,4
1170	1070	1180	1180	1180	1140	1050	1070	1070	1060	990	920
17,7	21,4	2,9	5,9	11,8	17	21	2,6	5,3	10,6	14,7	18,4
970		980	980	950	860	790	840	840	830	760	690
14,6		2,4	4,9	9,5	13	16	2,1	4,2	8,3	11,5	13,8
2280	2080	2500	2500	2400	2220	2050	2400	2400	2300	2150	2000
34,2	41,6	6,2	12,5	24	33,5	41	6	12	23	32,5	40
1930	1780	2080	2080	2000	1850	1750	1970	1970	1900	1800	1680
29	35,6	5,2	10,4	20	28	35	5	9,8	19	27	33,6
1700	1580	1800	1800	1750	1650	1550	1700	1700	1650	1570	1480
25,5	31,6	4,5	9	17,5	24,5	31	4,2	8,5	16,5	23,8	29,6
1520	1430	1650	1650	1600	1490	1400	1540	1540	1500	1420	1340
23	28,6	4,1	8,2	16	22,5	28	3,7	7,7	15	21,4	26,8
3950		5100	5000	4450	3800		4950	4850	4350	3750	
59		12,8	25	44,5	58		12,5	24,2	43,5	57	
3350		4200	4150	3700	3300		4100	4050	3650	3220	
51		10,5	20,7	37	49		10,3	20,2	36,5	48,6	
2950		3650	3600	3250	2850		3550	3500	3200	2800	
44,5		9,1	18	32,5	43		8,9	17,5	32	42	
2700		3300	3280	2950	2600		3250	3250	2900	2550	
40		8,3	16,4	29,5	39		8,2	16,2	29	39	
2300		3050	3000	2700	2350		3000	2950	2650	2320	
36,5		7,7	15	27	35,5		7,5	14,8	26,5	35,2	
3900	3450	4500	4500	4200	3800	3400	4150	4150	3900	3600	3200
58	69	11,2	22,5	42	57	68	10,2	20,7	39	54	64
3300	3000	3700	3700	3500	3200	2900	3450	3450	3300	3050	2800
50	60	9,4	18,5	35	48,5	58	8,7	17,2	33	46	56
2900	2650	3220	3220	3050	2850	2550	3000	3000	2900	2650	2450
44	53	8,1	16,1	30,5	42,5	51	7,5	15	29	40	49
2620	2370	2900	2900	2750	2500	2300	2700	2700	2550	2400	2200
49,5	47,4	7,3	14,5	27,5	37	46	6,8	13,5	25,5	36	44
2380	2100	2700	2700	2500	2300	2080	2500	2500	2380	2180	2000
35,6	42	6,8	13,5	25	34,5	41,6	6,2	12,5	23,8	33	40
		7400	7200	6200			7200	7000	6020	5100	
		18,5	36	62			18	35	60,2	77	

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим испытания	Т, °С	Продолжительность действия									
			10					100				
			Дефор									
0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1					
ПК-НС 35	1,2	40	6700	6500	5600	4800		6400	6200	5450		
			16,8	32,5	56	72		15,5	31	54,5		
		60	5900	5700	5000	4250		5600	5400	4800		
			14,7	28,5	50	63		14	27	48		
		80	5300	5100	4500	3800		5050	4900	4300		
13,3	25,5		45	57		12,7	24,5	43				
ПК-НС 40	1,2	100	4900	4700	4050			4700	4500	3900		
			12,2	23,5	40,5			11,8	22,5	39		
		23	9100	8600	7200			8500	8200	6900		
			23	43	72			21,5	41	69		
		40	7500	7200	6200	5200		7000	6800	5900		
18,7	36		62	78		17,5	34	59				
ПФ	2	60	6500	6300	5500	4700		6100	5900	5200		
			16,3	31,5	55	70		15,3	29,5	52		
		80	5900	5650	4900	4100		5500	5300	4700		
			10,8	28,2	49	62		13,8	26,5	47		
		100	5400	5200	4400	3700		5150	5000	4300		
13,6	25		44	55		12,8	25	43				
ПФ-НС 20	2	23	2500	2300	1950	1700	1500	2000	1950	1650		
			6,2	11,5	19,5	25	30	5	9,7	16,5		
		40	1750	1700	1450	1250	1120	1400	1400	1200		
			4,4	8,5	14,5	19	22,4	3,5	7	12		
		60	1350	1350	1150	1000	900	1050	1050	960		
3,3	6,7		11,5	15	18	2,6	5,2	9,6				
ПФ-НС 20	2	80	1100	1100	980	960	780	860	860	800		
			2,7	5,5	9,8	13	15,6	2,1	4,3	8		
		23	5400	4600				4500	3900	3200		
			13,5	23				11,3	19,5	32		
		40	3850	3400	2700			3150	2900	2400		
9,7	17		27			8	14,5	24				
ПФ-НС 20	2	60	3000	2700	2200			2450	2350	1950		
			7,5	13,5	22			6,1	11,7	19,5		
		80	2500	3200	1900			2020	1950	1630		
			6,3	11,5	19			5,1	9,7	16,3		
		90	2350	2130	1750			1900	1800	1500		
5,9	10,6		17,5			4,7	9	15				

напряжения, ч											
1000						10 000					
маця, %											
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
4700		6100	5950	5300	4500		5900	5800	5150	4500	
70		15,2	29,7	53	68		14,8	29	51,5	67	
4100		5350	5200	4700	4000		5100	5000	4500	3900	
62		13,5	26	47	60		12,7	25	45	59	
3700		4800	4700	4150	3600		4600	4500	4000	3500	
56		12	23,5	41,5	54		11,5	22,5	40	53	
3350		4500	4350	3800	3200		4250	4100	3700	3150	
50		11,3	21,7	38	49		10,8	20,5	37	47	
		8200	7900	6700			7800	7500	6500		
		20,5	39,5	67			19,5	37,5	65		
5000		6800	6600	5800	5000		6400	6200	5500	4800	
76		17	33	58	74		16	31	55	72	
4500		5900	5700	5100	4400		5600	5500	4900	4200	
67		14,8	28,5	51	66		14	27,5	49	64	
4000		5350	5200	4600	3900		5050	4950	4400	3800	
60		13,5	26	46	59		12,6	24,7	44	57	
3600		4900	4700	4100	3500		4650	4500	4000	3400	
54		12,2	23,5	41	53		11,7	22,5	40	51	
1450	1270	1750	1730	1500	1300	1170	1400	1400	1250	1100	1000
22	25,4	4,4	8,6	15	19,5	23,4	3,5	7	12,5	16,5	20
1070	960	1150	1150	1050	920	840	960	960	900	810	750
16,2	19,2	2,8	5,7	10,5	14	16,8	2,4	4,8	9	12,2	15
860	780	840	840	790	720	660	740	740	710	650	600
13	15,6	2,1	4,2	7,9	11	13,2	1,8	3,7	7,1	9,8	12
720	660	680	680	660	600	550	600	600	590	550	500
11	13,2	1,7	3,4	6,6	9	11	1,5	3	5,9	8,3	10
		3500	3250	2700			2550	2500	2170	1900	
		8,7	16,2	27			6,5	12,5	21,7	29	
		2500	2420	2020	1800		1800	1800	1620	1450	1300
		6,3	12,1	20,2	27		4,5	9	16,2	21,8	26
		1900	1870	1600	1430		1400	1400	1300	1150	1050
		4,7	9,3	16	21,5		3,5	7	13	17,5	21
1400		1600	1600	1380	1220		1160	1160	1100	970	900
21		4	8	13,8	18,5		2,9	5,8	11	14,5	18
1300		1500	1480	1270	1130		1080	1080	1000	900	820
19,5		3,7	7,4	12,7	17		2,7	5,4	10	13,6	16,4

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим испытания	Т, °С	Продолжительность действия																								
			10				100																				
			Дефор																								
			0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1																	
СФ	1	23	2000	2000	1800	1570	1400	1700	1700	1600	5	10	18	23,5	28	4,2	8,5	16									
			1300	1300	1220	1100	1000	1070	1070	1050	3,2	6,5	12,2	16,5	20	2,6	5,3	10,5									
		40	980	980	960	870	800	800	800	800	2,4	4,9	9,6	13,2	16	2	4	8									
			800	800	800	740	680	660	660	660	2	4	8	11	13,5	1,6	3,3	6,6									
		60	1800	1800	1530	1350	1200	1500	1500	1350	4,5	9	15,3	20,5	24	3,7	7,5	13,5									
	1250		1250	1120	1000	920	1020	1020	950	3,1	6,2	11,2	15	18,4	2,5	5,1	9,5										
	2	23	970	970	900	800	730	780	780	760	2,4	4,8	9	12	14,6	1,9	3,9	7,6									
			800	800	760	680	630	640	640	630	2	4	7,6	10,2	12,6	1,6	3,2	6,3									
		40	2300	2200	1750	1470	1300	1900	1850	1520	5,8	11	17,5	22,5	26	4,7	9,2	15,2									
			1050	1050	920	800	720	840	840	760	2,6	5,2	9,2	12	14,4	2,1	4,2	7,6									
60		470	470	470	460	400	400	400	400	1,2	2,3	4,7	6,6	8	1	2	4										
	370	370	370	345	315	310	310	310	0,9	1,8	3,7	5,2	6,3	0,8	1,5	3,1											
ПБТФ	1,2	23	280	280	280	280	262	250	250	250	0,7	1,4	2,8	4,2	5,2	0,6	1,2	2,5									
			3800	3600	3050	2700	2450	3500	3350	2850	9,5	18	30,5	40	49	8,8	16,7	28,5									
		40	2550	2500	2200	2000	1800	2350	2350	2050	6,4	12,5	22	30	36	5,9	11,7	20,5									
			1750	1750	1580	1420	1300	1600	1600	1450	4,4	8,7	15,8	21,2	26	4	8	14,5									
		60	1520	1520	1350	1200	1100	1370	1370	1240	3,7	7,6	13,5	18	22	3,4	6,7	12,4									
	1350		1350	1200	1050	980	1240	1240	1100	3,3	6,7	12	16	19,6	3,1	6,2	11										
	ПБТФ-НС 10	1,2	23	1850	1700	1750	1750	1660	1500	1400	1620	1620	1550	1430	1330	28	34	4,4	8,7	16,5	23	28	4	8,1	15,5	21,5	26,6
				1300	1220	1180	1180	1150	1050	980	1100	1070	1000	930	20	24,4	2,9	5,9	11,5	16	19,6	2,7	5,5	10,7	15	18,6	
			40	1100	1030	1030	1030	980	910	840	950	920	850	790	16,8	20,6	2,6	5,1	9,8	13,7	16,7	2,3	4,7	9,2	12,7	15,8	
				1000	920	920	920	870	800	740	840	800	750	700	15	18,4	2,3	4,6	8,7	12	14,8	2,1	4,2	8	11,4	14	
60			2550	2300	2600	2600	2300	2050	1900	2400	2400	2150	1950	1800	37	46	6,5	13	23	31	38	6	12	21,5	29,5	36	
	1850	1700	1750	1750	1660	1500	1400	1620	1620	1550	1430	1330	28	34	4,4	8,7	16,5	23	28	4	8,1	15,5	21,5	26,6			

напряжения, ч																							
1000						10 000																	
мация, %																							
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2												
1400	1250	1350	1350	1320	1200	1100	1100	1100	1100	1020	950	21	25	3,3	6,7	13,2	18	22	2,7	5,5	11	15,5	19
960	890	830	830	830	800	740	640	640	640	640	610	14,5	17,8	2	4,1	8,3	12	14,8	1,6	3,2	6,4	9,6	12,2
750	700	620	620	620	610	580	470	470	470	470	460	11,2	14	1,5	3,1	6,2	9,2	11,6	1,2	2,3	4,7	7	9,2
630	600	500	500	500	500	480	370	370	370	370	370	9,5	12	1,2	2,5	5	7,5	9,6	0,9	1,8	3,7	5,6	7,4
1200	1100	1300	1300	1200	1050	960	1100	1100	1020	930	860	18	22	3,2	6,5	12	16	19,2	2,8	5,5	10,2	14	17,2
860	800	880	880	840	780	710	730	730	700	640	590	13	16	2,2	4,4	8,4	11,7	14,2	1,8	3,6	7	9,6	11,8
700	640	650	650	640	600	540	530	530	530	500	470	10,5	12,8	1,6	3,2	6,4	9	10,8	1,3	2,6	5,3	7,5	9,4
570	540	520	520	520	480	460	420	420	420	410	390	7,7	10,8	1,3	2,6	5,2	7,3	9,2	1	2,1	4,2	6,2	7,8
1250	1100	1400	1400	1200	1000	900	1080	1080	980	960	770	19	22	3,5	7	12	15,2	18	2,7	5,4	9,8	13	15,4
680	600	780	780	740	660	580	540	540	540	500	460	10,2	12	2	3,9	7,4	9,8	11,6	1,4	2,7	5,4	7,5	9,2
390	360	390	390	390	380	350	320	320	320	320	310	5,8	7,2	1	1,9	3,9	5,7	7	0,8	1,6	3,2	4,8	6,2
300	290	300	300	300	290	280	220	220	220	220	215	4,5	5,8	0,7	1,5	3	4,5	5,6	0,5	1,1	2,2	3,4	4,3
250	250	230	230	230	230	226	180	180	180	180	180	3,7	5	0,6	1,1	2,3	3,4	4,5	0,4	0,9	1,8	2,7	3,6
2550	2300	2600	2600	2300	2050	1900	2400	2400	2150	1950	1800	37	46	6,5	13	23	31	38	6	12	21,5	29,5	36
1850	1700	1750	1750	1660	1500	1400	1620	1620	1550	1430	1330	28	34	4,4	8,7	16,5	23	28	4	8,1	15,5	21,5	26,6
1300	1220	1180	1180	1150	1050	980	1100	1100	1070	1000	930	20	24,4	2,9	5,9	11,5	16	19,6	2,7	5,5	10,7	15	18,6
1100	1030	1030	1030	980	910	840	950	950	920	850	790	16,8	20,6	2,6	5,1	9,8	13,7	16,7	2,3	4,7	9,2	12,7	15,8
1000	920	920	920	870	800	740	840	840	800	750	700	15	18,4	2,3	4,6	8,7	12	14,8	2,1	4,2	8	11,4	14

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим исп- пания	Т, °С	Продолжительность действия																					
			10					100																
			Дефор																					
0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1																	
ПВТФ-НС 15	1,2	23	4600	4350	3700	3200	2900	4300	4100	3500														
			11,6	21,7	37	49	58	10,8	20,5	35														
		40	3100	3020	2700	2400	2170	2900	2850	2550														
			7,8	15,1	27	3,6	43,4	7,3	14,2	25,5														
		60	2100	2100	1870	1680	1560	2000	2000	1800														
			5,3	10,5	18,7	25,5	31,2	5	10	18														
		80	1820	1800	1620	1440	1320	1700	1700	1500														
			4,6	9	16,2	21,8	26,4	4,2	8,5	15														
		100	1630	1600	1420	1280	1170	1520	1500	1300														
			4	8	14,2	19	23,4	3,7	7,5	13														
ПВТФ-НС 20	1,2	23	5700	5300	4400	3900	3500	5300	5000	4200														
			14,3	26,5	44	59	70	13,2	25	42														
		40	3750	3620	3150	2850	2550	3600	3500	3050														
			9,5	18,1	31,5	43	51	9,1	17,5	30,5														
		60	2600	2600	2200	2000	1850	2400	2400	2120														
			6,3	13	22	30	37	6	12	21,2														
		80	2200	2170	1930	1720	1580	2100	2100	1650														
			5,5	10,8	19,3	26	31,6	5,3	10,5	18,5														
		100	1950	1900	1670	1500	1380	1900	1850	1650														
			4,9	9,5	16,7	23	27,6	4,7	9,2	16,5														
ПВТФ-НС 30	1,2	23	9300	8200	6700	5700	5000	8500	7500	6200														
			23	41	67	86	100	21	37,5	62														
		40	6300	5800	4900	4250	3850	5700	5400	4550														
			15,7	29,5	49	65	77	14,3	27	45,5														
		60	4300	4100	3500	3100	2800	3900	3750	3250														
			10,7	20,5	35	47	56	9,8	18,7	32,5														
		80	3750	3500	3000	2600	2350	3350	3200	2700														
			9,4	17,5	30	39	47	8,4	16	27														
		100	3350	3150	2620	2300	2100	3000	2850	2400														
			8,4	15,7	26,2	25	42	7,5	14,2	24														
ПВТФ-НС 40	1,2	23						12 500	10 700	8600														
								31	53,5	86														
		40						8700	7700	6400														
								21,5	38,5	64														
		60						5900	5400	4550														
								14,5	27	45,5														

напряжения, ч																
1000							10 000									
мация, %																
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
3100	2800	3500	3400	3000	2700	2450	3200	3200	2800	2500	2300					
47	56	8,8	17	30	40	49	8	16	28	38	46					
2300	2100	2370	2370	2180	1950	1800	2170	2170	2020	1850	1700					
35	42	5,9	11,8	21,8	29,5	36	5,4	10,8	20,2	28	34					
1630	1500	1600	1600	1500	1400	1300	1450	1450	1400	1300	1200					
24,5	30	4	8	15	21	26	3,6	7,2	14	19,5	24					
1360	1280	1400	1400	1300	1180	1100	1250	1250	1200	1100	1000					
20,5	15,6	3,5	7	13	17,7	22	3,1	6,2	12	16,5	20					
1150	1050	1250	1250	1160	1050	970	1120	1120	1020	920	850					
17,5	21	3,1	6,2	11,6	16	19,4	2,7	5,6	10,2	14	17					
3700	3350	4500	4350	3750	3350	3000	4100	4000	3500	3100	2850					
56	67	11,3	21,7	37,5	60	60	10,3	20	35	47	57					
2750	2500	3050	3050	2720	2450	2250	2750	2750	2500	2250	2100					
41,5	50	7,7	15,2	27,2	37	45	6,9	13,7	25	34	42					
1900	1780	2050	2050	1900	1740	1600	1850	1850	1750	1600	1480					
29	35,6	5,1	10,2	19	26	32	4,6	9,2	17,5	24	29,6					
1650	1500	1800	1800	1640	1480	1380	1600	1600	1500	1350	1250					
25	30	4,5	9	16,4	22,2	27,6	4	8	15	20,5	25					
1470	1350	1600	1600	1450	1300	1200	1450	1450	1330	1200	1120					
22	27	4	8	14,5	19,5	24	3,6	7,2	13,3	18,2	22,4					
5400	4700	7500	6800	5700	5000	4400	6800	6300	5300	4650	4200					
80	94	18,7	34	57	75	88	17	31,5	53	70	84					
4000	3650	5100	4900	4200	3750	3400	4550	4450	3850	3500	3150					
60	73	12,8	24,5	42	56	68	11,5	22,2	38,5	52	63					
2900	2600	3400	3350	2930	2600	2400	3050	3050	2700	2400	2250					
44	52	8,6	16,7	29,3	40	48	7,6	15,2	27	36,5	45					
2400	2200	3000	2900	2500	2250	2050	2650	2600	2300	2050	1880					
36	44	7,5	14,5	25	34	41	6,7	13	23	31	37,6					
2150	1950	2650	2570	2220	2000	1800	2400	2350	2050	1850	1680					
32,5	39	6,7	12,7	22,2	30	36	6	11,7	20,5	28	33,8					
7200		12 000	10 400	8300	7000		11 600	10 000	8100	6900						
108		30	50,2	83	105		28,5	50	81	103						
5500	4800	9200	8200	6700	5700		8200	7300	6100	5300	4650					
83	96	23	41	67	87		20	36,5	61	79	93					
4000	3550	5600	5200	4400	3800	3450	5500	5100	4300	3750	3400					
60	71	14	26	44	58	69	13,7	25,5	43	57	68					

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим ис-пытания	Т, °С	Продолжительность действия										
			10					100					
			Дефор										
			0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1			
ПБТФ-НС 40	1,2	80						5100	4600	3900			
								12,7	23	39			
ПБТФ-НС 40	1,2	100						4600	4100	3400			
								11,3	20,5	34			
ПБТФ-НУ _в 30	1	23						10 800					
ПА 66	1,2	23	1070	1050	900	780	700	900	900	780			
			2,7	5,2	9	11,7	14,2	2,2	4,5	7,8			
		40	700	700	600	540	490	610	610	545			
			1,7	3,5	6	8,1	9,8	1,5	3	5,4			
		60	550	550	485	435	390	480	480	440			
			1,4	2,7	4,8	6,5	7,8	1,2	2,4	4,4			
		80	450	450	410	360	325	410	410	375			
			1,1	2,2	4,1	5,4	6,5	1	2	3,7			
		100	400	400	365	320	290	360	360	340			
			1	2	3,6	4,7	5,8	0,9	1,8	3,4			
ПА 66-НС 25	1	23	350	350	350	340	325	330	330	330			
			0,9	1,7	3,5	5,1	6,5	0,8	1,6	3,3			
		40	4600	4400	4000	3450	3100	4150	4050	3700			
			11,5	22	40	52	62	10	20,2	37			
		60	3800	3700	3300	2900	2600	3450	3400	3100			
			9,6	18,5	33	44	52	8,6	17	31			
		80	3300	3200	2900	2500	2250	3000	2950	2700			
			8,3	16	29	38	45	7,5	14,7	27			
		100	2700	2650	2450	2150	1950	2400	2380	2200			
			6,8	13,2	24,5	32,5	39	6,3	11,9	22			
ПА 66-НС 30	1	23	2250	2200	2000	1750	1580	2050	2000	1850			
			5,6	11	20	26,5	31,6	5,1	10	18,5			
		40	2000	1950	1750	1540	1380	1800	1750	1600			
			4	9,7	17,5	23	27,6	4,5	8,7	16			
		60	6200	6000	5100	4450	4000	5600	5400	4800			
			15,5	30	51	67	80	14	27	48			
		80	5200	5000	4350	3750	3350	4600	4500	4000			
			13	25	43,5	57	67	11,5	22,5	40			
		100	4500	4300	3800	3300	2950	4000	3900	3550			
			11,3	21,5	38	49	59	10	19,5	35,5			

напряжения, ч											
1000						10 000					
мащя, %											
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
3300	3000	4900	4450	3700	3250	2900	4750	4250	3500	3050	2700
50	60	12,2	22,2	37	49	58	11,8	21,2	35	46	54
3000	2600	4350	3900	3300	2800	2550	4300	3800	3150	2700	2400
44,5	52	10,8	19,5	33	43	51	10,7	19	31,5	41	48
		10 000					9000				
		25					22,5				
690	630	800	800	710	640	575	720	720	650	580	530
10,5	12,6	2	4	7,1	9,7	11,5	1,8	3,6	6,5	8,8	10,6
485	450	540	540	500	450	410	490	490	465	415	385
8,3	9	1,3	2,7	5	6,8	8,2	1,2	2,4	4,6	6,2	7,7
390	360	440	440	410	370	340	390	390	380	345	315
5,9	7,2	1,1	2,2	4,1	5,6	6,8	1	1,9	3,8	5,1	6,3
335	305	360	360	340	305	200	315	315	305	280	260
5,1	6,2	0,9	1,8	3,4	4,6	5,6	0,8	1,6	3	1,2	5,2
295	270	330	330	305	280	255	300	300	290	265	240
4,4	5,4	0,8	1,6	3	1,2	5,1	0,7	1,5	2,9	3,9	4,8
325	305	300	300	300	285	275	270	270	270	270	255
4,8	6,1	0,7	1,5	3	4,3	5,5	0,7	1,3	2,7	4	5,1
3250	2900	3850	3800	3500	3100	2800	3600	3550	3300	2950	2650
49	58	10	19	35	47	56	9,0	17,7	33	44,5	53
2750	2500	3200	3150	2900	2600	2350	3000	3000	2800	2500	2300
41	50	8	15,7	29	39	47	7,5	15	28	38	46
2400	2170	2800	2750	2550	2280	2050	2600	2600	2400	2150	1950
36	43,4	7	13,7	25,5	34,5	41	6,5	13	24	32,5	39
2000	1800	2250	2220	2100	1920	1750	2080	2080	2000	1850	1700
30	36	5,6	11,1	21	29	35	5,2	10,4	20	28	34
1650	1500	1900	1880	1750	1570	1430	1750	1730	1630	1480	1350
25	30	4,7	9,4	17,5	23,5	28,6	4,3	8,6	16,3	22,2	27
1440	1300	1700	1680	1550	1380	1250	1500	1480	1400	1250	1150
21,5	26	4,2	8,4	15,5	21	25	3,7	7,4	14	19	23
4150	3700	5300	5200	4600	4000	3600	4900	4800	4350	3800	3450
62	74	13,3	26	46	60	72	12,2	24	43,5	57	69
3500	3100	4400	4300	3850	3400	3050	4100	4000	3700	3250	2900
52	62	11	21,5	38,5	51	61	10,3	20	37	49	58
3150	2800	3800	3700	3350	2950	2650	3550	3500	3200	2800	2550
47,5	56	9,6	18,5	33,5	44	53	9	17,5	32	42,5	51

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим испытания	T, °C	Продолжительность действия								
			10			100			Дефор		
			0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	
ПА 66-НС 30	1	80	3650 9,1	3500 17,5	3100 31	2700 41	2400 48	3250 8,1	3200 16	3000 30	
		100	3100 7,8	3000 15	2620 26,2	2250 34,5	2050 41	2800 7	2700 13,5	2450 24,5	
		120	2700 6,8	2600 13	2270 22,7	1950 29,5	1770 35	2400 6	2350 11,7	2100 21	
ПА 66-НС 35	1	23	7300 18,3	7000 35	6000 60	5100 77	4550 91	6800 17	6500 32,5	5600 56	
		40	6100 15,3	5800 29	5050 50,5	4350 65	3900 78	5600 14	5400 27	4750 47,5	
		60	5300 13,3	5100 25,5	4300 43	3700 56	3350 67	4900 12,2	4750 23,7	4150 41,5	
ПА 66-НС 40	1	80	4300 10,8	4150 20,7	3600 36	3100 47	2800 56	3900 9,8	3800 19	3350 33,5	
		100	3650 9,1	3500 17,5	3000 30	2600 39	2350 47	3300 8,3	3200 16	2800 28	
		120	3200 8	3050 15,2	2620 26,2	2270 34	2000 40	2900 7,3	2800 14	2450 24,5	
ПА 66-НС 50	1	23	8000 20	7600 38	6500 65	5600 84	5000 100	7300 18,2	7000 35	6100 61	
		40	6700 16,6	6400 32	5600 56	4800 72	4300 86	6100 15,3	5900 29,5	5200 52	
		60	5800 14,5	5600 28	4800 48	4150 62	3700 74	5300 13,2	5200 26	4500 45	
ПА 66-НС 30	1	80	4700 11,8	4550 22,7	3900 39	3400 51	3050 61	4300 10,8	4200 21	3700 37	
		100	4000 10	3800 19	3350 33,5	2900 43,5	2550 51	3700 9,3	3600 18	3150 31,5	
		120	3500 8,8	3350 16,7	2900 29	2500 38	2250 45	3250 8,1	3100 15,5	2750 27,5	
ПА 66-НС 35	1	23	10 800 26,5	10 000 50	8400 84	7200 108	6400 128	10 000 25	9300 46,5	8000 80	
		40	9000 23,3	8400 42	7000 70	6000 90	5350 107	8200 20,3	7800 39	6700 67	
		60	7800 19,5	7400 37	6200 62	5300 80	4750 95	7200 18	6800 34	5800 58	

напряжения, ч											
1000			10 000								
мацня, %											
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
2650 40	2400 48	3100 7,8	3050 15,2	2750 27,5	2450 37	2200 44	2850 7,1	2800 14	2550 25,5	2300 35	2080 41,6
2120 32,5	1900 38	2600 6,5	2550 12,7	2300 23	2020 30,5	1840 36,8	2400 6	2400 12	2200 22	1940 29	1750 35
1820 27,5	1650 33	2300 5,8	2250 11,2	2000 20	1800 26,5	1600 32	2100 5,3	2050 10,2	1900 19	1680 25	1500 30
4900 73	4400 88	6300 15,8	6100 30,5	5400 54	4700 70	4200 84	5800 14,5	5600 28	5000 50	4400 66	4000 80
4100 62	3700 74	5200 13	5000 25	4500 45	4000 59	3550 71	4850 12,2	4700 23,5	4250 42,5	3750 57	3400 68
3600 54	3200 64	4600 11,6	4500 22,5	4000 40	3450 52	3100 62	4200 10,5	4100 20,5	3700 37	3250 49	2950 59
2900 44	2600 52	3700 9,3	3600 18	3220 32,2	2850 42,5	2550 51	3400 8,5	3350 16,7	3020 30,2	2650 40	2400 48
2450 37	2200 44	3150 7,9	3050 15,2	2750 27,5	2400 36	2150 43	2900 7,3	2820 14,1	2550 25,5	2250 34	2050 41
2150 32,5	1900 38	2750 6,9	2700 13,5	2380 23,8	2050 31	1850 37	2500 6,3	2450 12,2	2200 22	1950 29,5	1750 35
5300 80	4800 96	6900 17	6700 33,5	5900 59	5100 77	4600 92	6500 16,2	6300 31,5	5600 56	4900 75	4450 89
4500 68	4050 81	5700 14,2	5500 27,5	4900 49	4350 65	3900 78	5400 13,5	5300 26,5	4750 47,5	4200 63	3750 75
3950 59	3500 70	5000 12,5	4900 24,5	4350 43,5	3800 57	3400 68	4700 11,8	4600 23	4100 41	3650 55	3300 66
3250 49	2900 58	4000 10	3900 19,5	3500 35	3100 46	2800 56	3800 9,5	3750 18,7	3400 34	3000 45	2700 54
2750 41,5	2450 49	3400 8,5	3300 16,5	3000 30	2600 39	2350 47	3200 8,1	3100 15,5	2850 28,5	2500 38	2250 45
2400 36	2150 43	2950 7,5	2850 14,2	2550 25,5	2250 34	2000 40	2800 7	2700 13,5	2450 24,5	2150 33	1950 39
6800 103	6100 122	8500 21	8200 41	7200 72	6200 94	5600 112	8200 20,5	8000 40	7000 70	6000 92	5300 106
5800 87	5200 104	7100 17,8	6900 34,5	6100 61	5300 80	4800 96	6800 17	6600 33	5900 59	5100 78	4600 92
5000 76	4500 90	6200 15,5	6000 30	5300 53	4600 70	4150 83	5900 14,5	5800 29	5100 51	4450 67	4000 80

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим ис- пытания	Т, °С	Продолжительность действия																		
			10					100													
			Дефор																		
			0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1											
ПА 66-НС 50	1	80	6300 15,3	6000 30	5100 51	4400 66	3900 78	5800 14,5	5600 28	4800 48											
		100	5400 13,5	5100 25,5	4300 43	3700 56	3300 66	4900 12,3	4700 23,5	4000 40											
		120	4700 11,6	4400 22	3700 37	3200 48	2850 57	4300 10,6	4100 20,5	3500 35											
ПА 66-НС 60	1	23	14 500 36	13 300 66,5	10 800 108	9100 137	8000 160	11 000 27	10 500 52	8900 89											
		40	12 000 30	11 000 55,5	9000 90	7700 118	6900 138	9200 23	8800 44	7600 76											
		60	10 500 22,5	9800 49	7900 79	6700 102	6000 120	8000 20	7700 38,5	6600 66											
		80	8500 20	7500 37,5	6300 63	5400 82	4800 96	6500 16,3	6300 31,5	5500 55											
		100	7200 18	6700 33,5	5500 55	4700 70,5	4150 83	5500 13,7	5300 26,5	4500 45											
		120	6300 15,5	5800 29	4800 48	4100 62	3600 72	4800 12	4600 23	4000 40											
ПА 66-НУ _В 30	1	23						10 500 26,2													
ПА 66-НУ _В 40	1	23						13 800 34,5													
ПА 6-НС 15	1	23	2500 6,3	2420 12,1	2100 21	1860 28	1709 34	2100 5,3	2080 10,4	1850 18,5											
		40	1950 4,9	1870 9,3	1600 16	1440 21,5	1300 26	1640 4,1	1600 8	1400 14											
		60	1550 3,9	1480 7,4	1260 12,6	1130 16,8	1020 20,4	1300 3,2	1260 6,3	1120 11,2											
		80	1240 3,1	1170 5,8	1000 10	890 13,5	815 16,3	1050 2,6	1020 5,1	900 9											
		100	1050 2,6	990 4,9	850 8,5	750 11,3	680 13,6	880 2,2	860 4,3	740 7,4											
ПА 6-НС 25	1	23	4750 11,8	4400 22	3650 36,5	3200 48,5	2900 58	4200 10,5	3950 20	3350 33,5											
		40	3700 9,2	3350 16,7	2800 28	2450 37	2000	3250 8,2	3000 15	2550 25,5											

напряжения, ч																			
1000						10 000													
матия, %																			
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2								
4150 63	3750 75	5000 12,5	4900 24,5	4350 43,5	3800 57	3400 68	4800 12	4700 23,5	4200 42	3700 56	3350 67								
3500 62	3100 62	4300 10,7	4200 21	3700 37	3200 49	2900 58	4100 10,2	4000 20	3600 36	3150 47,5	2800 56								
3050 46	2700 54	3700 9,2	3600 18	3200 32	2750 42	2500 50	3500 8,7	3400 17	3020 30,2	2700 40	2400 48								
7600 115	6800 136	10 500 26	10 000 50	8700 87	7500 114	6800 136	9100 22,5	8800 44	7900 79	6900 104	6200 124								
6600 100	5900 118	8600 21,5	8400 42	7300 73	6300 95	5700 114	7600 19	7400 37	6600 66	5900 89	5300 106								
5700 87	5100 102	7500 18,8	7200 36	6400 64	5500 84	5000 100	6700 16,6	6400 32	5800 58	5100 77	4600 92								
4800 72	4250 85	6100 15,2	6000 30	5200 52	4600 69	4100 82	5400 13,5	5300 26,5	4800 48	4250 64	3800 76								
3900 59	3500 70	5200 13	5000 25	4400 44	3850 58	3450 69	4600 11,5	4500 22,5	4000 40	3550 54	3200 64								
3500 53	3100 62	4500 11,2	4350 21,7	3850 38,5	3350 50	3000 60	4000 10	3900 19,5	3500 35	3100 47	2800 56								
							8600 21,5												
							12 200 30,5												
1650 25	1520 30,4	1750 4,3	1750 8,7	1600 16	1450 21,7	1340 26,8	1420 3,5	1420 7,1	1350 13,5	1240 18,6	1150 23								
1260 19	1150 23	1350 3,4	1350 6,7	1225 12,2	1100 16,5	1010 20,2	1100 2,7	1100 5,5	1020 10,2	940 14,4	880 17,6								
1000 15	900 18	1060 2,6	1060 5,3	950 9,5	860 13	790 15,8	860 2,1	860 4,3	800 8	730 11	680 13,6								
800 12	730 14,6	870 2,1	860 4,3	770 7,7	700 10,5	640 12,8	700 1,7	700 3,5	650 6,5	600 9	550 11								
660 10	600 12	730 1,8	720 3,6	650 6,5	580 8,8	530 10,6	600 1,5	600 3	550 5,5	500 7,5	465 9,3								
2950 45	2700 54	4000 10	3800 19	3220 32,2	2850 43	2600 52	3700 9,3	3550 17,7	3020 30,2	2700 41	2450 49								
2250 34	2050 41	3100 7,8	2900 14,5	2470 24,7	2200 33	2000 40	2850 7,2	2700 13,5	2320 23,2	2050 31	1880 37,6								

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим испытанья	Т, °С	Продолжительность действия								
			10					100			
			Дефор								
			0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	
ПА 6-НС 25	1	60	2900	2600	2180	1900		2550	2380	2000	
			7,2	13	21,8	29		6,4	11,9	20	
			2350	2100	1750	1530		2100	1920	1600	
ПА 6-НС 30	1	23	5600	5100	4250	3700	3350	4900	4550	3850	
			14	25,5	42,5	56	67	12,3	22,7	38,5	
			4350	3900	3250	2800		3800	3550	3000	
ПА 6-НС 35	1	23	6800	6100	5000	4400		6200	5600	4700	
			16,8	30,5	50	67		15,5	28	47	
			5200	4650	3850	3400		4800	4400	3600	
ПА 6-НС 40	1	23	7500	6800	5600	4900		7000	6400	5300	
			19	34	56	74		17,5	32	53	
			5800	5100	4200	3700		5400	4900	4000	
ПА 6-НС 25	1	80	2350	2100	1750	1530		2100	1920	1600	
			5,9	10,5	17,5	23		5,3	9,6	16	
			1950	1700	1450	1270		1750	1600	1340	
ПА 6-НС 30	1	40	4350	3900	3250	2800		3800	3550	3000	
			11	19,5	32,5	43		9,6	17,7	30	
			3400	3100	2550	2220		3000	2750	2300	
ПА 6-НС 35	1	40	4100	3650	3000	2600		3800	3400	2820	
			10,3	18,2	30	39		9,5	17	28,2	
			3300	2900	2400	2050		3100	2750	2300	
ПА 6-НС 40	1	40	4600	4100	3350	2900		4300	3850	3200	
			11,5	20,5	33,5	44		10,8	19,2	32	
			3700	3250	2700	2300		3500	3100	2550	
ПА 6-НС 25	1	100	1950	1700	1450	1270		1750	1600	1340	
			4,9	8,8	14,5	19,3		4,3	8	13,4	
			2350	2100	1750	1530		2100	1920	1600	
ПА 6-НС 30	1	60	2750	2450	2000	1770		2400	2200	1840	
			6,9	12,2	20	26,5		6	11	18,4	
			2300	2020	1700	1480		2050	1880	1550	
ПА 6-НС 35	1	60	4100	3650	3000	2600		3800	3400	2820	
			10,3	18,2	30	39		9,5	17	28,2	
			3300	2900	2400	2050		3100	2750	2300	
ПА 6-НС 40	1	60	4600	4100	3350	2900		4300	3850	3200	
			11,5	20,5	33,5	44		10,8	19,2	32	
			3700	3250	2700	2300		3500	3100	2550	
ПА 6-НС 25	1	100	1950	1700	1450	1270		1750	1600	1340	
			4,9	8,8	14,5	19,3		4,3	8	13,4	
			2350	2100	1750	1530		2100	1920	1600	
ПА 6-НС 30	1	80	2750	2450	2000	1770		2400	2200	1840	
			6,9	12,2	20	26,5		6	11	18,4	
			2300	2020	1700	1480		2050	1880	1550	
ПА 6-НС 35	1	80	4100	3650	3000	2600		3800	3400	2820	
			10,3	18,2	30	39		9,5	17	28,2	
			3300	2900	2400	2050		3100	2750	2300	
ПА 6-НС 40	1	80	4600	4100	3350	2900		4300	3850	3200	
			11,5	20,5	33,5	44		10,8	19,2	32	
			3700	3250	2700	2300		3500	3100	2550	
ПА 6-НС 25	1	100	1950	1700	1450	1270		1750	1600	1340	
			4,9	8,8	14,5	19,3		4,3	8	13,4	
			2350	2100	1750	1530		2100	1920	1600	
ПА 6-НС 30	1	100	2750	2450	2000	1770		2400	2200	1840	
			6,9	12,2	20	26,5		6	11	18,4	
			2300	2020	1700	1480		2050	1880	1550	
ПА 6-НС 35	1	100	4100	3650	3000	2600		3800	3400	2820	
			10,3	18,2	30	39		9,5	17	28,2	
			3300	2900	2400	2050		3100	2750	2300	
ПА 6-НС 40	1	100	4600	4100	3350	2900		4300	3850	3200	
			11,5	20,5	33,5	44		10,8	19,2	32	
			3700	3250	2700	2300		3500	3100	2550	

напряжения, ч											
1000						10 000					
маця, %											
1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
1760	1600	2400	2250	1900	1680	1520	2250	2150	1840	1620	1480
26,5	32	6	11,2	19	25,5	30,4	5,7	10,7	18,4	24,5	29,6
1420	1275	1950	1800	1530	1350	1225	1900	1770	1500	1300	1200
21,4	25,5	4,9	9	15,3	20	24,5	4,8	8,8	15	20	24
1170	1050	1650	1520	1280	1120	1020	1520	1430	1220	1180	980
17,5	21	4,1	7,6	12,8	17	20,4	3,8	7,1	12,2	16	19,6
3400	3100	4400	4200	3600	3150	2900	3800	3700	3200	2820	2600
51	62	11	21	36	47,5	58	9,6	18,5	32	43	52
2600	2350	3350	3150	2700	2400	2200	2950	2850	2480	2200	2000
39,5	47	8,4	15,7	27	36	44	7,4	14,2	24,8	33	40
2050	1850	2650	2500	2120	1900	1700	2300	2240	1900	1700	1550
31	37	6,6	12,5	21,2	28,4	34	5,8	11,2	19	25,5	31
1620	1450	2150	2000	1700	1500	1360	1860	1800	1540	1360	1250
24,4	29	5,4	10	17	22,5	27,2	4,7	9	15,4	20,5	25
1360		1800	1670	1420	1240	1020	1600	1520	1300	1150	1050
20,5		4,5	8,3	14,2	18,8	22,1	4	6,6	13	17,2	21
4100	3750	5800	5400	4500	4000	3600	5800	5400	4500	4000	3600
63	75	14,5	27	45	60	72	14,5	27	45	60	72
3200		4500	4100	3450	3000	2700	4600	4200	3500	3050	
48		11,3	20,5	34,5	45	54	11,5	21	35	46	
2500		3550	3250	2700	2400	2150	3650	3300	2750	2400	
37,5		8,9	16,2	27	36	43	9,2	16,5	27,5	36	
2000		2850	2600	2100	1900		2850	2600	2150	1900	
30		7,1	13	21,5	28,5		7,1	13	21,5	28,5	
1750		2400	2160	1800	1470		2400	2160	1800	1470	
26,5		6	10,8	18	23,5		6	10,8	18	23,5	
4700	4200	6500	6000	5000	4450	4000	6200	5800	4900	4300	3900
70	84	16	30	50	67	80	15,5	29	49	65	78
3550		5000	4600	3800	3400	3000	4850	4400	3750	3300	2950
53		12,5	23	38	51	60	12	22	37,5	50	59
2800		4000	3600	3000	2650	2350	3800	3500	2900	2600	2300
42		10	18	30	40	47	9,5	17,5	29	38	46
2250		3200	2900	2400	2100		3100	2800	2350	2050	
33,5		8	14,5	24	32		7,8	14	23,5	31	
1850		2700	2450	2000	1760		2600	2350	1950	1700	
28		6,8	12,2	20	26,5		6,5	11,7	19,5	26	

Продолжение табл. 5.2

Пластмасса	Режим ис- пытания	T, °C	Продолжительность действия										
			10			100			Дефор				
			0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	0,25	0,5	1
ПА 6-НС 50	1	23	10 200	9000	7400	6400		9400	8400	7000			
			25,5	45	74	97		23,5	42	70			
		40	8000	7000	5700	4900		7200	6400	5300			
			20	35	57	74		18	32	53			
		60	6200	5400	4400	3800		5800	5100	4200			
			15,5	27	44	58		14,5	25,5	42			
80	5000	4300	3500			4600	4000	3300					
	12,5	21,5	35			11,5	20	33					
100	4200	3700	2950			3900	3400	2750					
	10,5	18,5	29,5			9,8	17	27,5					
ПА 12	1	23	1150	910	720	630	560	980	800	640			
			29	4,5	7,2	9,5	11,2	2,4	4	6,4			
		40	650	590	510	460	420	560	520	450			
			1,6	2,9	5,1	6,9	8,4	1,4	2,6	4,5			
		60	430	430	400	370	340	380	380	350			
			1,1	2,1	4	5,6	6,8	0,9	1,9	3,5			
80	290	290	290	275	245	275	275	250					
	0,7	1,4	2,9	4,1	4,9	0,7	1,4	2,5					
ПА 11	1	20	640	630	580	530	480	640	620	540			
			1,6	3,1	5,8	7,9	9,6	1,6	3,1	5,4			
ПА 11-Э	1	20	330	330	310	280	260	250	250	240			
			0,8	1,6	3,1	4,2	5,2	0,6	1,2	2,4			
ПП	1	23	870	780	660	580	520	700	630	550			
			2,1	3,9	6,6	8,8	10,4	1,7	3,1	5,5			
		40	520	500	445	395	363	430	415	370			
			1,3	2,5	4,4	6,1	7,3	1,1	2	3,7			
		60	320	300	270	250	230	290	262	235			
			0,8	1,5	2,7	3,7	4,6	0,7	1,3	2,3			
ПЭВП	1	23	490	440	380	340	300	400	355	305			
			1,2	2,2	3,8	5	6	1	1,8	3			
40	300	275	250	230	215	255	237	210					
	0,7	1,4	2,5	3,4	4,3	0,6	1,2	2,1					

Примечания: 1. Для ПА и композиций на их основе данные приведены при E_D от σ при различных T и t , построенным на основе данных, приведенных в каталогах доверительные интервалы не указаны. Возможное отклонение данных учитывает коэф-

мацья, %	напряжения, ч											
	1000						10 000					
	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2	0,25	0,5	1	1,5	2
6100			8000	7300	6200	5400	4800	7300	6800	5800	5100	4700
	92		20	36,5	62	82	96	18	39	58	78	94
4600			6200	5600	4700	4100		5700	5200	4400	3850	3500
	70		15,3	28	47	62		14	26	44	58	70
3600			5000	4500	3700	3300		4500	4150	3500	3050	2750
	54		12,4	22,5	37	49		11,3	20,7	35	46	55
2850			4000	3600	2950	2600		3600	3300	2750	2400	2200
	43		10	18	29,5	39		9	16,5	27,5	36	44
2400			3400	3000	2500	2200		3100	2800	2300	2050	1800
	36		8,5	15	25	33		7,7	14	23	31	36
550	490		800	680	540	470	420	720	610	475	415	370
	8,8	9,8	2	3,4	5,4	7	8,4	1,8	3	4,7	6,2	7,4
400	360		480	440	380	342	310	440	410	340	300	275
	6	7,2	1,2	2,2	3,8	5,2	6,2	1,1	2	3,4	4,5	5,5
315	290		330	330	300	275	250	300	300	270	245	220
	4,7	5,8	0,8	1,6	3	4,1	5	0,7	1,5	2,7	3,6	4,4
235	215		245	240	225	210	190	250	230	210	190	170
	3,5	4,3	0,6	1,2	2,2	3,1	3,8	0,6	1,1	2,1	2,8	3,4
480	430		600	570	490	435	390	420	420	400	360	340
	7,2	8,6	1,5	2,8	4,9	6,5	7,8	1	2,1	4	5,4	6,8
230	210		222	222	220	205	190	230	230	220	200	185
	3,4	4,2	0,5	1,1	2,2	3	3,8	0,6	1,1	2,2	3	3,7
500	450		540	490	440	410	380	410	400	355	310	
	7,5	9	1,3	2,4	4,4	6,2	7,6	1	2	3,5	4,7	
350	320		350	350	320	300	280	290	290	283	270	255
	5,3	6,4	0,9	1,7	3,2	4,5	5,6	0,7	1,4	2,8	4,1	5,1
210	195		250	230	212	195	180	220	220	210	195	185
	3,2	3,9	0,6	1,1	2,1	2,9	3,6	0,5	1,1	2,1	3	3,7
270	250		340	300	260	230	210	280	265	225	200	180
	4,1	5	0,8	1,5	2,6	3,4	4,2	0,7	1,3	2,2	3	3,6
190	175		215	200	176	162	150	190	180	162	145	135
	2,8	3,5	0,5	1	1,8	2,4	3	0,5	0,9	1,6	2,2	2,7

О.В. воздуха 50-60%. 2. Модули E_D при различных T , t и σ получены по зависимостям различных фирм и периодической литературе (см. Библиографический список), поэтому фициент запаса.

модуля ползучести $E_{пн}(T)/E_{пн}(T=20)$ для стеклонаполненных композиций на основе различных аморфных полимеров совмещаются (с определенной точностью) в одну универсальную зависимость (см. рис. 5.77).

Для стеклонаполненных композиций температурные зависимости напряжения σ_A при длительной статической нагрузке близки к температурным зависимостям прочности σ_p (или σ_n) при кратковременном нагружении. Поэтому для прогнозирования σ_A при различных температурах можно пользоваться универсальными температурными зависимостями σ_p или σ_n (см. рис. 5.11, 5.13).

Определение параметров ползучести по универсальным характеристикам. Зная предел текучести σ_T (или прочность σ_p , σ_n для стеклонаполненных композиций) и модуль упругости E_p (или E_n) при кратковременном нагружении, можно прогнозировать параметры ползучести полимеров, используя универсальные характеристики. Последовательность определения следующая: начальный модуль ползучести $E_{пн}(t=1)$ при времени $t = 1$ ч и температуре $T = 20^\circ\text{C}$ задается равным кратковременному модулю упругости E_p (или E_n) при 20°C ;

по универсальной зависимости начального модуля ползучести $E_{пн}(t)/E_{пн}(t=1)$ от времени t (см. рис. 5.74) определяют $E_{пн}(t)$ при заданном t . Для этого на оси времен откладывают заданное t и из него опускают вертикаль до пересечения с зависимостью $E_{пн}(t)/E_{пн}(t=1) - t$. Точка пересечения дает значение $E_{пн}(t)/E_{пн}(t=1)$, умножив которое на $E_{пн}(t=1)$ при $t = 1$ ч, получают начальный модуль ползучести $E_{пн}(t)$ при заданном времени t и температуре $T = 20^\circ\text{C}$;

по универсальной температурной зависимости начального модуля ползучести $E_{пн}(T)/E_{пн}(T=20) - T - 20/(T_B - 20)$ (см. рис. 5.77) определяют $E_{пн}(T, t)$ при заданных температуре и времени. Для этого находят отношение $T - 20/(T_B - 20)$, откладывают его на оси $T - 20/(T_B - 20)$ и через него опускают перпендикуляр до пересечения с зависимостью $E_{пн}(T)/E_{пн}(T=20) - T - 20/(T_B - 20)$. Точка пересечения дает значение $E_{пн}(T)/E_{пн}(T=20)$, умножив которое на $E_{пн}(t)$ при $T = 20^\circ\text{C}$, получают начальный модуль ползучести $E_{пн}(T, t)$ при заданных T и t ;

по универсальной зависимости σ_A от σ_T или σ_A от σ_p (σ_n) (см. рис. 5.75, 5.78) определяют $\sigma_A(T=20)$ при 20°C ;

по универсальной температурной зависимости $\sigma_{T.p}(T)/\sigma_{T.p}(T=20)$ (см. рис. 5.12) [зависимость $\sigma_A(T)/\sigma_A(T=20) - T - 20/(T_B - 20)$ совпадает с зависимостью $\sigma_{T.p}(T)/\sigma_{T.p}(T=20) - T - 20/(T_B - 20)$] определяют напряжение σ_A при заданной температуре. Для этого рассчитанное отношение $T - 20/(T_B - 20)$ откладывают

на оси $T - 20/(T_B - 20)$ и через него опускают вертикаль до пересечения с зависимостью $\sigma_{T.p}(T)/\sigma_{T.p}(T=20) - T - 20/(T_B - 20)$. Точка пересечения дает значение $\sigma_{T.p}(T)/\sigma_{T.p}(T=20)$, умножив которое на $\sigma_A(T=20)$ при $T = 20^\circ\text{C}$, получают $\sigma_A(T)$ при заданной температуре. Для стеклонаполненных композиций используют универсальную температурную зависимость $\sigma_p(T)/\sigma_p(T=20)$ (см. рис. 5.11) и повторяют ту же операцию; по универсальной характеристике модуля ползучести $E_{пн}(\sigma, T, t)/E_{пн}(T, t) - \sigma(T, t)/\sigma_A(T, t)$ (см. рис. 5.76) находят модуль $E_{пн}(\sigma, T, t)$ при заданных σ, T, t . Для этого находят отношение $\sigma(T, t)/\sigma_A(T, t)$, откладывают его на оси $\sigma(T)/\sigma_A(T)$ и через него опускают вертикаль до пересечения с зависимостью $E_{пн}(\sigma, T, t)/E_{пн}(T, t) - \sigma(T)/\sigma_A(T)$. Точка пересечения дает значение $E_{пн}(\sigma, T, t)/E_{пн}(T, t)$, умножив которое на $E_{пн}(T, t)$, получают модуль ползучести $E_{пн}(\sigma, T, t)$ при заданных σ, T, t .

5.2.8. Справочные данные по параметрам ползучести пластмасс

Справочные данные по параметрам ползучести для различных полимеров и композиций на их основе приведены в табл. 5.2*. Данные приводятся для различных температур эксплуатации и разной продолжительности приложения напряжения.

5.3. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ (УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ)

Усталостное разрушение происходит, когда на деталь действует повторяющаяся кратковременная циклическая нагрузка. Такая нагрузка может быть при эксплуатации многих деталей, которые совершают вращательное или возвратно-поступательное движение, таких как зубчатые шестерни, валы, подшипники, муфты и т. п. Циклическая нагрузка в виде вибрации оказывает большое влияние на работоспособность деталей двигателей, автомобилей, самолетов и других транспортных машин. У пластмасс механизм усталостного разрушения более сложен, чем у традиционных материалов, так как осложняется нагревом за счет гистерезиса. Это связано с тем, что полимеры являются вязкоупругими материалами.

5.3.1. Параметры усталости, усталостная кривая

Усталость (утомление) при циклической нагрузке характеризуют: усталостная прочность σ_y — напряжение, при котором происходит усталостное разрушение полимера после заданного числа циклов N ;

* Авторы признательны С. Ф. Маевой за помощь в сборе и систематизации этих данных.

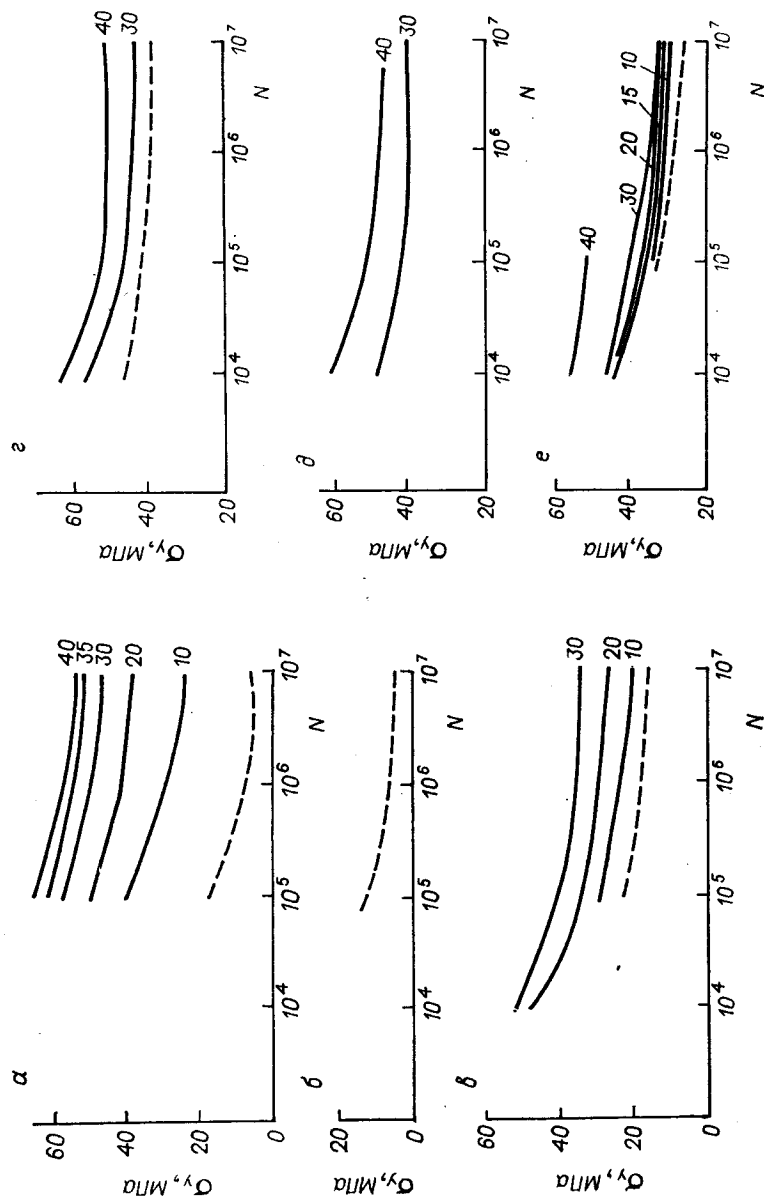


Рис. 5.80. Кривые усталости для ПК (а), ПСФ (б), ПФО (в), ПА 66 (д), ПА 66 (е), ПА 66 (е), ПБТФ (е).
 — — — неполненные полимеры; — — — наполненные стекловолокном.
 Цифры на кривых обозначают содержание стекловолокна, %
 Для ПА данные приведены при 0,5 В воздуха 50—60%.

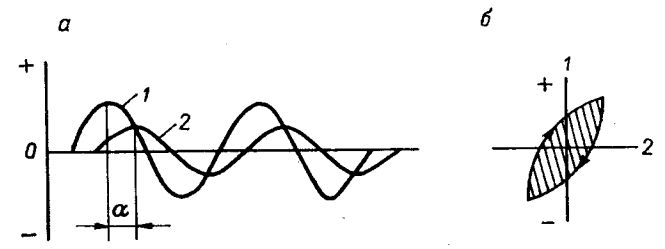


Рис. 5.81. Знакопеременное симметричное изменение нагрузки (среднее напряжение равно нулю) при испытании полимера:
 а — изменение напряжения (1) и деформации (2); α — сдвиг фаз; б — кривая напряжение (1) — деформация (2) в одном цикле.

выносливость N_B — число циклов до разрушения при заданном уровне напряжения σ .

Поведение полимеров при циклической нагрузке в широком интервале изменения напряжения и числа циклов характеризует зависимость усталостной прочности σ_y от числа циклов нагружения N (рис. 5.80). Такие зависимости строят при различных постоянных температурах и частотах нагружения. Графическое изображение зависимости $\sigma_y - N$ называют усталостной кривой. Поскольку число циклов N обычно изменяется в широком интервале (несколько десятичных порядков), усталостные кривые представляют в координатах $\sigma_y - \lg N$. Усталостную кривую получают в результате испытания образцов при различных уровнях напряжения.

В процессе эксплуатации изделий при действии многократной нагрузки реализуются различные виды деформации и различные режимы приложения нагрузки. Поэтому испытания на усталость проводят при различных видах деформации: изгиб, растяжение—сжатие и другие при различных законах изменения нагрузки (или деформации) в пределах одного цикла: знакопеременный симметричный (рис. 5.81, а), знакопеременный асимметричный, знакопеременный пульсирующий, знакопостоянный. Прикладываемая нагрузка может колебаться вокруг нулевого значения или вокруг некоторой приложенной заранее статической нагрузки, т. е. перед испытанием на усталость образец предварительно нагружают. При испытаниях можно поддерживать постоянной амплитуду напряжения, амплитуду деформации или другие режимы. Разные методы испытания дают различные результаты. Испытания проводят на разных видах образцов: брусках, цилиндрах, лопатках.

Для пластмасс, у которых усталостное разрушение происходит в результате сильного влияния тепла за счет нагрева, усталостное напряжение может изменяться при изменении любого параметра, от которого зависит рассеивание тепла (конструкция и толщина образца, частота нагружения). Поэтому для оценки и сопоставления различных пластмасс по усталостной прочности данные для различных полимеров и композиций на их основе

должны приводиться при едином методе испытания и на одном и том же виде образца. Приведенные в книге данные по усталости (см. табл. 6.12) отражают результаты испытаний, полученных при знакопеременном изгибе (напряжение изменяется по гармоническому закону), в режиме постоянной амплитуды нагрузки, при частоте 30 Гц и на образце в виде консольного бруска. Эти условия испытаний дают однозначный критерий оценки как для случая термического разрушения, так и для случая разрушения образца под влиянием распространения трещин и позволяют выявить те особенности работоспособности пластмасс при циклическом нагружении, которые обусловлены их вязкоупругостью.

5.3.2. Влияние напряжения и числа циклов

С увеличением числа циклов N усталостное напряжение σ_y при циклической нагрузке снижается или с повышением напряжения число циклов до разрушения уменьшается (см. рис. 5.80). Разрушение полимеров при действии циклической нагрузки может происходить в результате распространения трещин, нагрева или от совокупности этих факторов.

Отформованные изделия имеют микроскопические дефекты: пузырьки, различные включения, разрывы и т. п. Под действием нагрузки эти дефекты могут стать концентраторами локальных напряжений. При достаточно высоких нагрузках локальные напряжения могут создать усилия, которые превосходят локальную прочность полимера. В результате возникают локальные разрушения. С увеличением числа циклов разрушения увеличиваются и возникает трещина или их семейство. Трещины растут до тех пор, пока не произойдет разрушение всей детали в результате ослабления сечения. Число циклов, при котором происходит разрушение, уменьшается с повышением прикладываемого напряжения.

Большинство пластмасс разрушается не только за счет распространения трещин. На усталостную кривую $\sigma_y - N$ большое влияние оказывает разрушение образца, связанное с нагревом полимера за счет гистерезиса. По причине того, что полимеры — вязкоупругие материалы и для них характерны релаксационные явления, у них наблюдается несовпадение по времени фаз прикладываемого напряжения и развивающейся деформации — деформация отстает во времени от прикладываемого напряжения (см. рис. 5.81). Величина сдвига фаз у различных полимеров разная. Кривая напряжение—деформация в одном цикле дает петлю гистерезиса. Замкнутая площадь определяет ту часть энергии от общей энергии, приложенной к материалу, которая выделяется в виде тепла в каждом цикле. Рассеивание тепла связано с гистерезисом. Пластмассы характеризуются плохой теплопроводностью, поэтому они нагреваются за счет тепла, генерированного в каждом цикле.

Нагрев при циклической нагрузке может приводить к понижению жесткости и прочности полимера, что происходит всегда при повышении температуры (раздел 5.1.1), или к термическому разрушению. Первое наблюдается в том случае, когда после некоторого начального повышения температуры скорость теплопередачи от полимера к окружающей среде и скорость генерирования тепла уравниваются и температура стабилизируется. Материал может переносить действие циклической нагрузки, но более низкого уровня из-за снижения жесткости и прочности в результате повышения температуры.

Термическое разрушение наблюдается, когда скорость генерирования тепла превышает скорость теплопередачи в окружающую среду. Температура полимера повышается до тех пор, пока он не теряет способности переносить действие нагрузки в результате потери прочности, размягчения или термической деструкции.

С увеличением прикладываемого напряжения возрастает скорость повышения температуры, что приводит к уменьшению числа циклов до разрушения. Поэтому как при разрушении в результате образования трещин, так и при разрушении в результате нагрева полимера увеличение напряжения снижает число циклов до разрушения (см. рис. 5.80).

Механизм разрушения полимеров во многом определяется их характеристикой — податливостью потерь I'' , которая определяет интенсивность тепловыделений при циклическом нагружении. Величина I'' — мнимая компонента податливости I — величины, характеризующей способность полимеров к развитию обратимых деформаций под действием приложенных напряжений ($I'' = \epsilon_0 \sin \alpha / \sigma_0$, где ϵ_0 и σ_0 — амплитуды деформации и напряжения). Податливость потерь I'' растет с повышением температуры и частоты нагружения. Полимеры с низкой податливостью потерь ($I'' < 0,1 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{Н}$) разрушаются главным образом за счет распространения трещин, так как они генерируют небольшое количество тепла, которое легко передается в окружающую среду. К ним относятся ПСФ, ПВХВ. Полимеры с промежуточными значениями податливости потерь $(0,1-0,5) \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{Н}$ разрушаются одновременно за счет распространения трещин и в результате повышения температуры от нагрева. К ним относятся ПК, ПММА, ПФ, ПЭТФ. Полимеры с высокой податливостью потерь $(0,5-5) \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{Н}$ имеют тенденцию к тепловому усталостному разрушению, так как у них начальное значительное повышение температуры совпадает с увеличением податливости потерь при повышении температуры. К ним относятся ПА, ПП, ПЭВП, ФТ.

На усталостную прочность существенно влияет структура полимера. В общем случае кристаллизующиеся полимеры обладают гораздо более высокой усталостной прочностью, чем аморфные (см. рис. 5.80), поскольку двухфазная структура, где кристал-

лическая фаза вплавлена в податливую аморфную, замедляет рост трещин.

Повышение молекулярной массы полимера увеличивает усталостную прочность. Это объясняется несколькими факторами: во-первых, с ростом молекулярной массы и плотности молекулярных цепей растет прочность и условия для прорастания трещин ухудшаются; во-вторых, уменьшение числа концов цепи также играет большую роль, поскольку концы цепей могут быть источниками субмикроскопических трещин. Увеличение молекулярной массы, как правило, значительно больше повышает усталостную прочность, чем прочность и предел текучести при кратковременном нагружении. Например, при числе циклов $N = 10^5$ средневязкий ПК (с ПТР 3,5—10) имеет усталостную прочность 17,5 МПа, а высоковязкий (с ПТР < 3,5) 37,5 МПа, т. е. примерно, в два раза выше. В то же время предел текучести высоковязкого ПК по сравнению со средневязким увеличивается всего на несколько процентов. Увеличение усталостной прочности ПК с увеличением его молекулярной массы соизмеримо с ростом ударной прочности.

Различные полимеры отличаются по характеру кривой усталости (см. рис. 5.80): одни имеют менее вогнутые кривые усталости, приближающиеся к прямой, у других после начального резкого снижения усталостного напряжения σ_y с увеличением числа циклов N наблюдается замедление темпа снижения σ_y . Усталостные кривые приближаются к так называемому предельному напряжению усталости, или квазипределу усталостной прочности. При таком напряжении деталь очень долго может работать не разрушаясь, т. е. ее срок жизни может оказаться очень большим. Предельное напряжение усталости является важной характеристикой и определяет тот уровень напряжений, при котором деталь может долго работать при циклическом нагружении.

Усталостная прочность пластмасс при циклической нагрузке меньше прочности при кратковременном нагружении. С увеличением числа циклов эта разница возрастает.

Введение армирующего наполнителя (например, стекловолокна) повышает стойкость композиции к циклическим нагрузкам: такие композиции имеют более высокую усталостную прочность, чем ненаполненные полимеры (см. рис. 5.80). С увеличением содержания наполнителя усталостная прочность возрастает. Введение стекловолокна оказывает влияние на характер кривых усталости: стеклонаполненные композиции имеют несколько более пологие кривые усталости, т. е. с увеличением числа циклов меньше снижается усталостная прочность. Это особенно проявляется у полимеров, у которых введение стекловолокна приводит к существенному увеличению усталостной прочности, например, у ПК.

Ослабление зависимости усталостной прочности от числа циклов приводит к тому, что эффект армирования от введения

стекловолокна в большей мере проявляется при больших числах циклов: с увеличением числа циклов растет отношение усталостной прочности стеклонаполненного полимера к усталостной прочности ненаполненного полимера.

Напряжение существенно влияет на выносливость при циклической нагрузке. Поэтому повысить работоспособность деталей можно снижением действующих в них напряжений за счет обрешивания поверхности, добавления жестких фланцев или таким изменением конструкции детали, при котором достигается оптимальное распределение нагрузки.

5.3.3. Влияние температуры, частоты нагружения, влажности и толщины детали

На усталостную прочность при циклической нагрузке большое влияние оказывают температура эксплуатации, частота нагружения, влажность окружающей среды и толщина детали.

Влияние температуры. Повышение температуры снижает способность полимера сопротивляться усталости: усталостные напряжения уменьшаются. Это объясняется несколькими причинами. С повышением температуры снижается жесткость и прочность полимера (раздел 5.1.1). Кроме того, с повышением температуры увеличивается податливость потерь, в результате чего возрастает интенсивность тепловыделений, что еще больше увеличивает температуру полимера.

Влияние частоты. В отличие от металлов, у которых частота нагружения в довольно широком интервале сравнительно слабо влияет на усталостную прочность, полимеры проявляют большую зависимость усталостной прочности от частоты: с ее увеличением снижается усталостная прочность (рис. 5.82, а). Это вызвано тем, что количество генерируемого тепла в единицу времени при циклической нагрузке зависит от частоты: чем она больше, тем больше энергии рассеивается в виде тепла. К тому же, с увеличением частоты увеличивается податливость потерь полимера, что также способствует увеличению количества генерируемого тепла и еще большему повышению температуры.

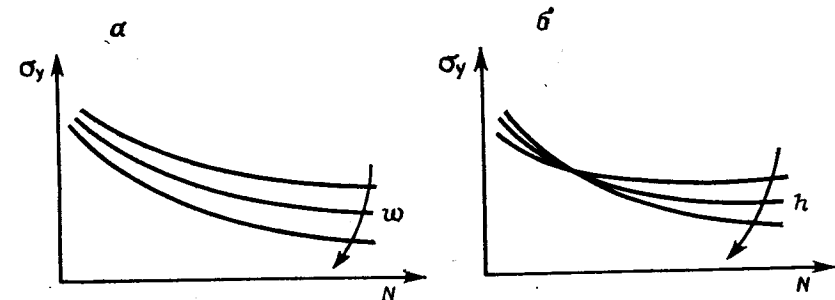


Рис. 5.82. Влияние частоты нагружения ω (а) и толщины образца h (б) на усталостную прочность при циклической нагрузке.

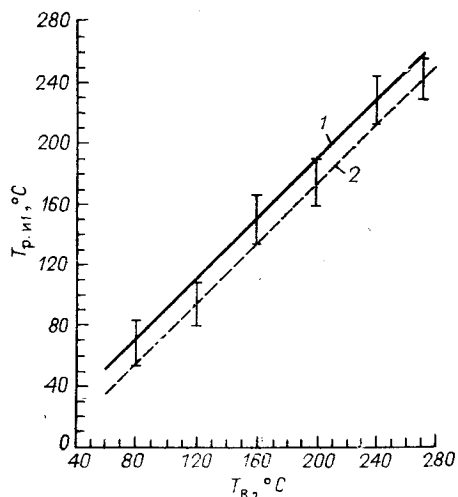
Влияние влажности. В среде влажного воздуха гигроскопичные полимеры (например, полиамиды) имеют меньшую усталостную прочность, чем в сухом состоянии (см. табл. 5.1). Это объясняется тем, что с увеличением влажности снижаются жесткость и прочность полимера (раздел 5.1.2).

Влияние толщины. При циклической нагрузке тепло генерируется по всей толщине детали, а отводится только с ее поверхности. Скорость отдачи тепла в окружающую среду зависит от толщины детали: с ее увеличением она уменьшается. Поэтому с увеличением толщины детали температура нагрева детали возрастает, а усталостная прочность уменьшается (см. рис. 5.82, б). Для улучшения теплопередачи при проектировании изделий нужно избегать излишне толстых стенок.

5.4. СВЯЗЬ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПЛАСТМАСС

В этом разделе рассматривается связь между некоторыми стандартизуемыми параметрами, применяемыми для оценки поведения пластмасс в условиях эксплуатации.

Параметры, характеризующие теплостойкость. Для оценки теплостойкости полимеров применяют температуру размягчения по Вика T_B при нагрузке 9,8 Н и температуру размягчения при изгибе при напряжении 0,46 МПа ($T_{р.и1}$) и 1,8 МПа ($T_{р.и2}$). Температура T_B коррелирует с температурой перехода из твердого в высокоэластическое состояние: для аморфных полимеров T_B коррелирует с температурой стеклования T_c , а для кристаллизующихся с температурой плавления $T_{пл}$. Температура размягчения при изгибе $T_{р.и1}$ несколько меньше температуры размягчения по Вика T_B (рис. 5.83). Между температурами $T_{р.и1}$ и T_B



существует определенная корреляция. Зависимости между $T_{р.и1}$ и T_B несколько различаются для аморфных и кристаллизующихся полимеров: у кристаллизующихся полимеров температура $T_{р.и1}$ отличается от T_B больше, чем у аморфных.

Введение стекловолокна и минеральных наполнителей

Рис. 5.83. Зависимость между $T_{р.и1}$ и T_B :

1 — ненаполненные аморфные, наполненные (стекловолокном, минеральными наполнителями) аморфные и кристаллизующиеся полимеры; 2 — ненаполненные кристаллизующиеся полимеры.

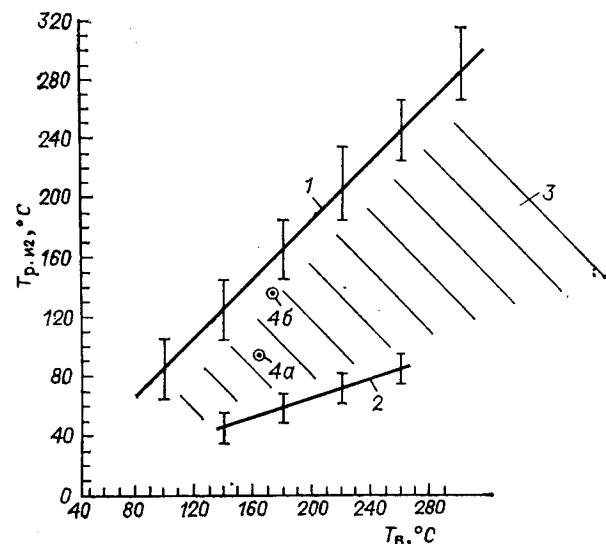


Рис. 5.84. Зависимость между $T_{р.и2}$ и T_B :

1 — ненаполненные, наполненные стекловолокном и минеральными наполнителями аморфные полимеры, стеклонеполненные кристаллизующиеся полимеры; 2 — ненаполненные кристаллизующиеся полимеры, у которых $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К); область 3 — наполненные стеклянными шариками и минеральными наполнителями кристаллизующиеся полимеры; точки 4a и 4б — для СФ и ПФ.

в аморфные полимеры практически не влияет на зависимость между температурами $T_{р.и1}$ и T_B . Введение этих наполнителей в кристаллизующиеся полимеры повышает температуру размягчения при изгибе $T_{р.и1}$. Зависимость между $T_{р.и1}$ и T_B для этих композиций лежит выше, чем для ненаполненных полимеров, и практически совпадает с этой же зависимостью для аморфных полимеров.

Повышение нагрузки оказывает небольшое влияние на теплостойкость аморфных полимеров: температура $T_{р.и2}$, определяемая при сравнительно большой нагрузке, мало отличается от $T_{р.и1}$, определяемой при низкой нагрузке — на 5—10 °С, и не намного меньше температуры размягчения по Вика T_B (рис. 5.84). Между температурой $T_{р.и2}$ (как и $T_{р.и1}$) и температурой T_B существует корреляция. В отличие от аморфных, у кристаллизующихся полимеров повышение нагрузки оказывает существенное влияние на теплостойкость — она значительно уменьшается: температура $T_{р.и2}$ меньше $T_{р.и1}$ в 2,5—2,9 раза и меньше T_B в 3—3,2 раза. Различие во влиянии повышения нагрузки на теплостойкость у аморфных и кристаллизующихся полимеров объясняется тем, что кристаллизующиеся полимеры имеют две температуры перехода в твердом состоянии: температуру стеклования T_c и плавления $T_{пл}$. Наличие второй температуры перехода — температуры стеклования T_c оказывает существенное

влияние на теплостойкость под нагрузкой. Исключение составляют кристаллизующиеся полимеры, у которых сравнительно большая разность между температурами плавления $T_{пл}$ и стеклования — отношение $T_{пл}/T_c > 2,05$ (при T в К). К ним относятся СФ и ПФ. У них наблюдается меньшая разность между $T_{р.и2}$ и T_B , чем для большинства кристаллизующихся полимеров, у которых $T_{пл}/T_c < 1,7$ (при T в К) — точки для этих полимеров лежат выше основной зависимости между $T_{р.и2}$ и T_B , характерной для большинства кристаллизующихся полимеров. У кристаллизующихся полимеров, у которых стеклование происходит при температурах выше обычной $T = 20-23^\circ\text{C}$, температура $T_{р.и2}$ близка к T_c или попадает в область стеклования. Если стеклование происходит при обычной температуре или ниже ее (например, у ПЭ, ПП, СФ), температура $T_{р.и2}$ находится между $T_{пл}$ и T_c .

Наполненные стекловолокном и минеральными наполнителями аморфные полимеры имеют примерно такую же зависимость между $T_{р.и2}$ и T_B , что и ненаполненные. В отличие от аморфных полимеров, армирование анизотропным наполнителем, например, стекловолокном, существенно повышает теплостойкость под нагрузкой кристаллизующихся полимеров: температура $T_{р.и2}$ значительно возрастает и зависимость между температурами $T_{р.и2}$ и T_B практически совпадает с такой же зависимостью для аморфных полимеров.

Параметры, характеризующие ударную прочность. Для оценки ударной прочности применяют ударную вязкость по Шарпи (образец лежит на двух опорах) на образцах без надреза $a_{б.н}$ и с надрезом a_n и ударную вязкость по Изоду (образец закреплен консольно) на образцах без надреза и с надрезом $a_{н.н}$ (глава 6). Сопоставление ударных вязкостей, определяемых на образцах, закрепленных консольно $a_{н.н}$ и лежащих на двух опорах a_n (в том и другом случае образцы с надрезом), приведено на рис. 5.85. При сравнительно небольших значениях ударной вязкости (a_n примерно до 10 кДж/м^2 , $a_{н.н}$ примерно до 100 Дж/м) наблюдается область хрупкого разрушения. В этой области располагаются ненаполненные хрупкие и наполненные полимеры. В области хрупкого разрушения наблюдается корреляция между ударной вязкостью $a_{н.н}$, определяемой на образцах, закрепленных консольно, и ударной вязкостью, определяемой на образцах, лежащих на двух опорах a_n .

При сравнительно больших значениях ударной вязкости наблюдается область пластического разрушения. В этой области располагаются главным образом ненаполненные пластичные полимеры и модифицированные полимеры с повышенной ударной прочностью. В области пластического разрушения не наблюдается четкой корреляции между $a_{н.н}$ и a_n . Это объясняется различиями в механизме поглощения энергии в образцах, закрепленных по-разному.

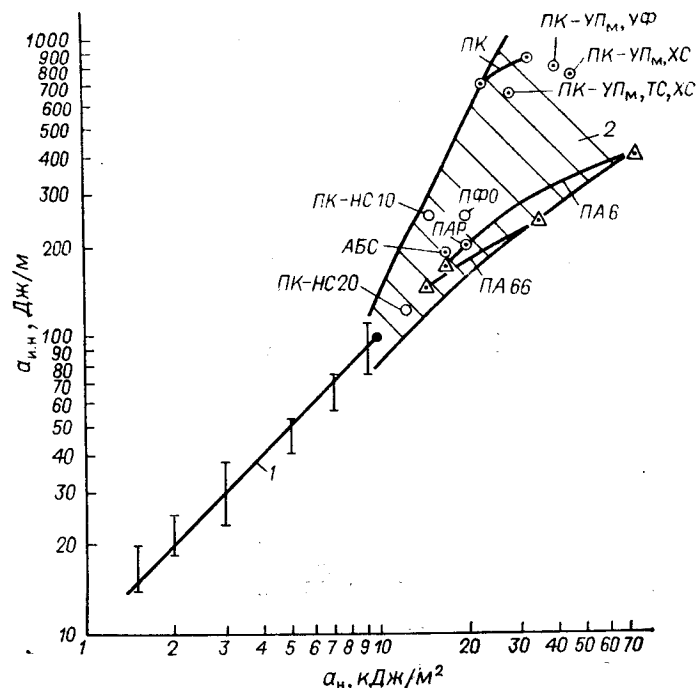


Рис. 5.85. Зависимость между $a_{н.н}$ и a_n для ненаполненных полимеров и композиций на их основе:

1 — хрупкое разрушение; 2 — пластическое разрушение.

Изделие не разрушается под действием удара при соблюдении двух условий: если оно способно поглотить (адсорбировать) общую кинетическую энергию удара и если напряжения, развивающиеся в изделии за счет удара, не превышают прочности полимера. Процесс поглощения энергии при ударе в общем случае включает три стадии: 1) ведущую к начальному разлому; 2) распространение трещины, которое может сопровождаться действием таких вторичных механизмов, как образование шейки, изгибание и скручивание; 3) разрушение, отделение отбитых кусков и т. д. На первой стадии реализуются следующие механизмы поглощения энергии при ударе: сжатие материала, следующее непосредственно за моментом удара; изгибание, особенно в тех случаях, когда конструкция детали позволяет находящемуся под ударом сечению изгибаться без излишней локальной концентрации энергии; затухание или внутреннее поглощение энергии удара материалом и рассеивание ее в виде тепла. Поглощение энергии при различных механизмах зависит от большого числа факторов: свойств материала (модуля упругости, относительного удлинения при разрыве и др.), способа закрепления образца, его толщины и пр.

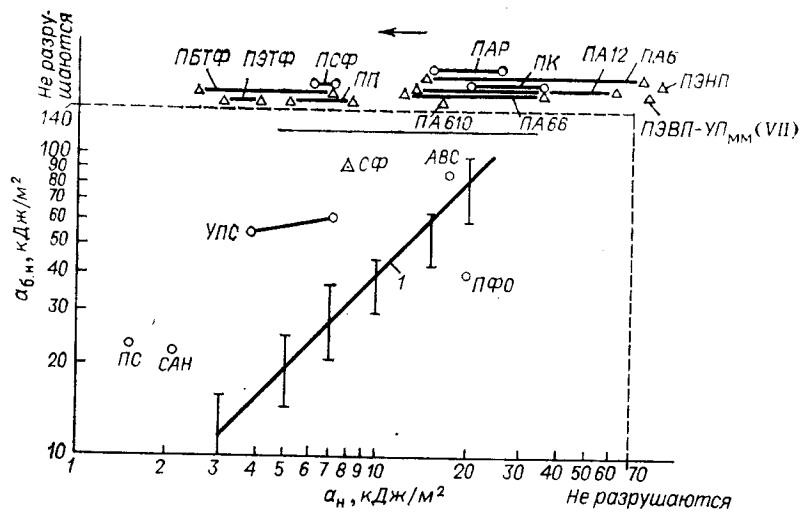


Рис. 5.86. Зависимость между a_n и $a_{б.н}$ для наполненных стекловолокном и минеральными наполнителями аморфных и кристаллизующихся полимеров. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50%.

Это определяет отсутствие корреляции между a_n и $a_{б.н}$ при пластическом разрушении.

Сопоставление ударных вязкостей по Шарпи, определяемых на образцах без надреза $a_{б.н}$ и с надрезом a_n , показано на рис. 5.86. Надрез на образце является концентратором напряжения. Корреляция между $a_{б.н}$ и a_n наблюдается только для наполненных стекловолокном и минеральными наполнителями аморфных и кристаллизующихся полимеров, которые при кратковременном ударном воздействии разрушаются хрупко. Сравнение ударных вязкостей, определяемых на образцах без надреза $a_{б.н}$

и с надрезом a_n , показывает чувствительность ударной вязкости полимера к надрезу: чем больше это отличие, тем более чувствительна ударная вязкость полимера к надрезу. Стрелка на рисунке показывает направление, в котором повышается чувствительность ударной вязкости полимеров к надрезу. Большая чувствительность ударной вязкости полимера к надрезу снижает его работоспособность в результате воз-

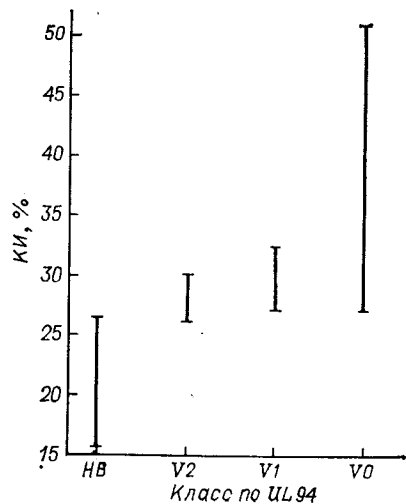


Рис. 5.87. Сопоставление КИ с samozатухаемостью по стандарту UL 94 для различных полимеров и композиций на их основе.

Рис. 5.88. Зависимость между B_p и B_{24} :

1 — гигроскопичные полимеры и композиции на их основе ($B_{24} > 0,2\%$); 2 — менее гигроскопичные полимеры и композиции на их основе ($B_{24} < 0,2\%$).

можного нанесения повреждения при обработке или эксплуатации изделия.

В реальных изделиях основными источниками концентрации напряжения являются надрезы, острые углы, канавки, углубления, отверстия, грубая или текстурированная поверхность, нарушения сплошности изделия, такие как ребра и приливы. Их влияние на ударную прочность изделия можно уменьшить за счет увеличения радиусов, гладкого сопряжения различных геометрических форм и пр. Существуют и другие важные источники концентрации напряжений. Они связаны с процессом переработки: несплошности в материале — пузыри, пористость, линии течения и пр. Сопоставление ударных вязкостей $a_{б.н}$ и a_n показывает чувствительность ударной прочности полимера к различного рода дефектам, которые могут возникнуть при переработке. Частицы наполнителей (стекловолокна, углеродного волокна и др.) также являются концентраторами напряжений и могут снизить ударную прочность полимера (см. раздел 4.3).

Параметры, характеризующие огнестойкость. Для оценки огнестойкости полимеров применяют классификацию (НВ, V2, V1, V0) по стандарту UL94 и кислородный индекс КИ. В отличие от метода определения КИ, стандарт UL94 учитывает падение горящих частиц. Строгой корреляции между КИ и классами полимеров по стандарту UL94 не

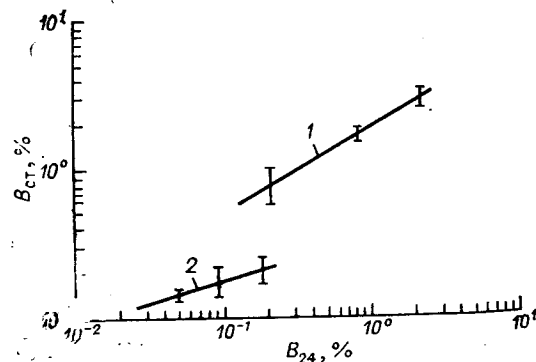


Рис. 5.89. Зависимость между $B_{ст}$ и B_{24} :

1 — гигроскопичные полимеры и композиции на их основе ($B_{24} > 0,2\%$); 2 — менее гигроскопичные полимеры и композиции на их основе ($B_{24} < 0,2\%$).

наблюдается (рис. 5.87). Стандарт UL94 более четко классифицирует полимеры по самозатухаемости.

Параметры, характеризующие водопоглощение и влагопоглощение. В качестве этих параметров применяют водопоглощение в течение 24 ч пребывания в воде V_{24} , равновесное водопоглощение V_p (полимер полностью насыщается водой) и равновесное влагопоглощение в стандартных условиях $V_{ст}$ (при относительной влажности воздуха 50—60 %). Между параметрами водопоглощения V_p и V_{24} наблюдается корреляция (рис. 5.88). Зависимости между параметрами V_p и V_{24} несколько различаются для гигроскопичных ($V_{24} > 0,2\%$) и менее гигроскопичных ($V_{24} < 0,2\%$) полимеров. У гигроскопичных полимеров наблюдается большая разность между равновесным водопоглощением V_p и водопоглощением за 24 ч. Сопоставление между параметрами $V_{ст}$ и V_{24} показано на рис. 5.89. Между ними наблюдается корреляция, но она различна для полимеров с разной гигроскопичностью. Разность между параметрами $V_{ст}$ и V_{24} у гигроскопичных полимеров ($V_{24} < 0,2\%$) больше.

Глава 6

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СВОЙСТВАМ ПЛАСТМАСС И ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ПЛАСТМАСС ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ

В главе приведены справочные данные по параметрам эксплуатационных свойств пластмасс, процедура выбора пластмасс вручную по комплексу заданных эксплуатационных свойств пластмасс (количественный метод), которая значительно облегчает и сокращает время выбора пластмасс для изделий, и примеры выбора пластмасс этим методом.

6.1. ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТМАСС

В разделе приведены справочные данные в соответствии с классификацией пластмасс по значениям отдельных параметров эксплуатационных свойств для различных полимеров и композиционных материалов на их основе (различных типов марок)*. В каждой таблице пластмассы расположены в порядке снижения среднего значения параметра эксплуатационного свойства. Для удобства пользования таблицами и быстроты нахождения требуемого параметра условно введены группы, которые обозначены соответствующими номерами. Интервал изменения параметра в каждой группе учитывает точность измерения параметра и возможный разброс данных по различным источникам (использовали нормативно-техническую документацию и каталоги на продукцию, включая продукцию ведущих зарубежных фирм). В каждой группе приведен перечень пластмасс, которые по сред-

* Авторы признательны Д. П. Ли, Е. В. Закс за помощь в сборе и систематизации этих данных.

нему значению параметра удовлетворяют требованию группы. Обозначения названий пластмасс и типов марок см. в начале книги, композиционных материалов — в разделе 4.3.1.

Для облегчения пользования этими данными ниже перечислено содержание таблиц.

- Табл. 6.1. Группы пластмасс по температуре размягчения по Вика T_B
- Табл. 6.2. Группы пластмасс по температуре размягчения при изгибе $T_{р.из}$
- Табл. 6.3.1. Группы пластмасс по температуре длительной эксплуатации $T_{дл}$ при тепловом старении с учетом сохранения механических (включая ударную прочность) и электрических свойств
- Табл. 6.3.2. Группы пластмасс по температуре длительной эксплуатации $T_{дл}$ при тепловом старении с учетом сохранения механических (исключая ударную прочность) и электрических свойств
- Табл. 6.3.3. Группы пластмасс по температуре длительной эксплуатации $T_{дл}$ при тепловом старении с учетом сохранения электрических свойств
- Табл. 6.4. Группы пластмасс по температуре хрупкости при изгибе $T_{хр}$
- Табл. 6.5. Группы пластмасс по пределу текучести при растяжении $\sigma_{т.р}$
- Табл. 6.6. Группы пластмасс по прочности при разрыве σ_p
- Табл. 6.7. Группы пластмасс по модулю упругости при растяжении E_p
- Табл. 6.8. Группы пластмасс по прочности при изгибе $\sigma_{из}$
- Табл. 6.9. Группы пластмасс по модулю упругости при изгибе $E_{из}$
- Табл. 6.10. Группы пластмасс по прочности при сжатии $\sigma_{ож}$
- Табл. 6.11. Группы пластмасс по модулю упругости при сжатии $E_{ож}$
- Табл. 6.12. Группы пластмасс по усталостной прочности при действии циклической нагрузки σ_y
- Табл. 6.13. Группы пластмасс по твердости вдавливанием шарика H_B
- Табл. 6.14. Группы пластмасс по ударной вязкости по Шарпи на образцах без надреза $a_{б.н}$
- Табл. 6.15. Группы пластмасс по ударной вязкости по Шарпи на образцах с надрезом a_n
- Табл. 6.16. Группы пластмасс по ударной вязкости по Изоду на образцах с надрезом $a_{и.н}$
- Табл. 6.17. Группы пластмасс по коэффициенту трения по стали $K_{тр}$
- Табл. 6.18. Группы пластмасс по коэффициенту износа по сетке $K_{ивн}$
- Табл. 6.19. Группы пластмасс по электрической прочности $E_{пр}$
- Табл. 6.20. Группы пластмасс по удельному объемному электрическому сопротивлению ρ_v
- Табл. 6.21. Группы пластмасс по удельному поверхностному электрическому сопротивлению ρ_s
- Табл. 6.22. Группы пластмасс по диэлектрической проницаемости $\epsilon_{пр}$
- Табл. 6.23. Группы пластмасс по тангенсу угла диэлектрических потерь $tg \delta$
- Табл. 6.24. Группы пластмасс по дугостойкости ДС
- Табл. 6.25. Группы пластмасс по самозатухаемости
- Табл. 6.26. Группы пластмасс по кислородному индексу КИ
- Табл. 6.27. Группы пластмасс по коэффициенту светопропускания $K_{ев}$
- Табл. 6.28. Группы пластмасс по коэффициенту преломления n_D
- Табл. 6.29. Вспенивающиеся полимеры
- Табл. 6.30. Пластмассы для использования в контакте с пищевыми продуктами и в медицине
- Табл. 6.31. Группы пластмасс по среднему коэффициенту линейного теплового расширения α
- Табл. 6.32.1. Группы пластмасс по равновесному водопоглощению $V_{ст}$ в стандартных условиях
- Табл. 6.32.2. Группы пластмасс по водопоглощению V_{24} в течение 24 ч при 23 °С
- Табл. 6.32.3. Группы пластмасс по равновесному водопоглощению V_p при 23 °С
- Табл. 6.33. Группы пластмасс по плотности ρ
- Табл. 6.34. Группы пластмасс по литевой усадке Δ
- Табл. 6.35. Группы пластмасс по коэффициенту Пуассона μ

Таблица 6.1. Группы пластмасс по температуре размягчения по Вика T_B (нагрузка 9,8 Н)

Пластмасса, тип марки	$T_B, ^\circ\text{C}$	Пластмасса, тип марки	$T_B, ^\circ\text{C}$
21 группа	320—301	12 группа	170—161
ПОД-ТС	340—290	ПВХП-Э	170
20 группа	300—281	ПА 11-Э	170—169
ФН	290—280	ПТ-НС 10	169
19 группа	280—261	ПТ-НСЛ 15	168
ПИ-ТС; ПИ	280	СФ-НС 30	171—164
ПАЛИ-НС, НТ	270	ПП-НС _у 40—30	168—166
ПБО	>260	ПТ-ЭП (графит 15)	165
18 группа	260—241	СФ	168—160
ПАИ	>250	ПА 12-Э ₁ ; ПА 12-Э ₂	164—162
ПОД	>250	11 группа	160—151
ФН-А (углеродное во- локно)	250	ПМП	180—140
ПА 66-НС	260—235	ПП-ТС, МР	180—140
ПА 66-НМН	245	ПТ	165—155
ПЭТФ-НС	250—235	ПП-НС _у 20	158
17 группа	240—221	ПА 12-ПР	155
ПЭТФ	235	ПФО	180—130
ПА 66	240—220	ПП-НС _у 10	154
ПЭС-НС	>226	ПК-НС	155—150
ПЭС	226	ПП-НА 40	151
16 группа	220—201	ПК	153—148
ПБТФ-НС	220—217	10 группа	150—141
ПА 6-НС	220—213	ПК-УП _м , ХС	150
ПБТФ	218—210	ПК-УП _м , УФ	150
ПА 6-УП _{м1} ; ПА 6-УП _{м2}	212	БСПЭ	155—140
ПА 6	215—205	ПП	155—140
ПА 6-НС _ш 50	210	ПП-НТ 40-20	147
ПА 6-НМН 30	210	9 группа	140—131
ПА 6 блочный	220—200	ПП-МР ₂	145—130
ПА 610	220—200	ПЭВП-УП ₁ ; ПЭВП-УП ₂	140—125
АК	220—200	8 группа	130—121
ПА 6-Э	204	САМ	130
ПАР	205—200	АБС/ПК	130—125
15 группа	200—191	ПП-МР ₁	130—125
ПК-УП _м , ТС, ХС	200	ПЭВП-НС 30	128—126
ПАЛИ	200	ПЭВП	128—125
ПСФ-НС	202—182	ПЭВП ВМ	125
14 группа	190—181	ПТ-Э	127—123
ПСФ	200—180	7 группа	120—111
ПА 11-НС 30	187—184	ФТ-ТС ₁	143—95
ПА 11	181	ПММА	125—110
ПА 11-НС _ш 30	181	ФТ	130—105
13 группа	180—171	САН-НС 30	120—115
ПТ-НСЛ 25	175	6 группа	110—101
ПВХП-ТС	175	АБС-ТС	115—105
ПА 12-НС	174—173	ПФО-ВС	109
ПА 12-А (графит)	173	АБС-НС	112—103
ПА 12-А (MoS ₂)	173	АБС	106—99
ПФ-А (ТФЭ 21)	175—170	ПЭНП-НС	110—95
ПА 12	172	САН	105—96
		5 группа	100—91
		МС	100

Продолжение табл. 6.1

Пластмасса, тип марки	$T_B, ^\circ\text{C}$	Пластмасса, тип марки	$T_B, ^\circ\text{C}$
ПЭНП	110—90	ПЭВП-НМЛ 15	87—83
ПС	105—80	ПЭВП-НТ 20	87—83
ПУР	115—67	УПС	99—70
ПЭВП-НМЛ 30	93—89	ПЭНП-НМЛ 20	87—82
4 группа	90—81	ПЭНП-НАЭ 10	87—82
СММА	100—80	ПЭВП-НК 20	84—83
ПЭВП-НМЛ 20	90—86	ПЭВП-НТ 15	84—81
ПЭНП-НМЛ 30	90—85	ПЭНП-НМЛ 15	84—80
ПЭНП-НТ 30—15	95—80	2 группа	70—61
МСН	88—86	АЦЭ	70—60
ПЭВП-НК 30	88—86	ПВХВ-УП	65—60
ПЭНП-НСЛ 30—20	92—80	1 группа	60—51
ПЭВП-НАЭ 10	89—83	АБЦЭ	80—40
СЭВ	95—75		

Примечание. Имеются марки с повышенной теплостойкостью, для которых в НТД на полимеры и каталогах не приводятся T_B . Ниже даны сведения об этих марках в следующем порядке: сокращенное название пластмассы, после двоеточия — тип марки, после тире — торговое название, фирма, страна, в скобках — торговое обозначение марки.
 АБС/ПК: ТС — сайколак, «Борг Боун», США (НН);
 АЦЭ: ТС, Г — АЦЭ, СССР (ВИЛАМ-1, ВИЛАМ-2);
 ПА 612: ТС — зайтл, «Дюпон», США (158 HSL);
 ПВХП: ТС, ДЭ — ПВХП, СССР (ИТ-105);
 ПММА: ТС₁ — плексиглаз, «Ром энд Хас», США (VM, Y (066), V (920));
 ТС₂ — плексиглаз, «Ром энд Хас», США (V (811));
 ПП: ТС, ПШ — ноден, «Петра», США (8002 HR);
 ПС: ТС — люстран, «Монсанто», США (НН 101, НН 103);
 ПФО: ТС — превекс, «Борг Боун», США (PQA);
 ТС, ОГН₁ — превекс, «Борг Боун», США (VQA);
 ТС, ОГН₂ — норил, «Дженерал электрик», США (VO 150);
 ФТ: ТС₂ — фторлоны, СССР (Ф-4, Ф-4Д, Ф-4ДПТ, Ф-4ДМ, Ф-4К20, Ф-4С15, Ф-26, Ф-50, Ф-408, Ф-4СФ, Ф-4К15М5, Ф-4С15М5, Ф-4СЖ7, Ф-4Г10, Ф-4Г15, Ф-4Г10А, Ф-4Г15А, Ф-4КС2).

Таблица 6.2. Группы пластмасс по температуре размягчения при изгибе T_p (напряжение 1,8 МПа)

Пластмасса, тип марки	$T_p, \text{и}2, ^\circ\text{C}$	Пластмасса, тип марки	$T_p, \text{и}2, ^\circ\text{C}$
21 группа	285—266	ПЭС-НС 20	210—209
ПИ	290—274	ПЭИ-НС 30	208
ПАИ-НС 30	282—274	17 группа	205—196
ПАИ-НУ _в 30	281—274	ПЭИ-НС 20-10	205
ПАИ	278—274	ПЭС-НС 10	204
20 группа	265—246	ПЭС	203
ПА 66-НС	255—245	ПА 6-НС	210—190
19 группа	245—226	ПСФ-НУ _в 30	215—185
ПЭТФ-НС	230—225	ПЭИ	198
18 группа	225—206	ПБТФ-НС 20-15	206—189
ПЭТФ-НУ _в 30	221	16 группа	195—186
ПАЛИ-НС, НТ	220	ПБТФ-НС, НМН	202—182
ПБТФ-НС 50-30	230—207	15 группа	185—176
ПБТФ-НУ _в 30	218—213	ПСФ-НС 40-30	188—182
ПЭС-НУ _в 30	216—213	ПСФ-НС 20	185—179
ПЭС-НС 40-30	216—210	ПБТФ-НС, НС _ш	202—160
ПА 66-НМН	210	ПБТФ-НС _ш 40	180

Продолжение табл. 6.2

Пластмасса, тип марки	$T_p, \text{и}2, ^\circ\text{C}$	Пластмасса, тип марки	$T_p, \text{и}2, ^\circ\text{C}$
14 группа	175—166	ПС-НС 40-30	105—96
ПСФ-НС 10	177—174	САН-НС 20	102—99
ПАР-ПР	175	ПА 11-НС, НБ _{III}	100
ПСФ	174	УПС	99
ПА 11-НС 30	175—170	САН-НС, НМН	99
ПБТФ-НС 10	170	ПММА-ТС ₃	99
ПБТФ-НС _{III} 30	169	АБС-НС 13	98
ПА 12-НС	171—166	САН-НС 10	97
13 группа	165—158	АБС	104—90
ПБТФ/ПЭТФ-НС 15	160	6 группа	95—86
ПАР	158	ПК-УП _М , УФ	95
СФ-НС 30-25	165—150	ПК-УП _М , ХС	95
ПФО-НС 40	156	СФ	110—80
12 группа	155—146	ПА 12-НС _{III}	95
ПСФ-НУ _В 20	154	ПС-НС 20	99—91
ПФО-НС 30	153—147	ПП-НСЛ 30-20	101—87
ПАР-УП (ПЭТФ)	164—132	СММА	98—85
ПП-НС 20, ЭП (сажа 15)	147	ПФО-НСЖ 25	90
11 группа	145—136	ПММА-ТС ₁	94—86
ПАР-ХС (ПА 6)	150—140	САН	97—80
ПК-НС	150—137	5 группа	85—76
ПФО-НС 20	142	ПЭТФ	85
ПП-НС 40	142—139	ПП-НА 40	85
ПФО-ТС	150—128	СММА-УП	86—81
ПФ	136	ПС-НС 10	82
10 группа	135—126	ПБТФ-НС _{III} 10	81
ПА 6-НМН 30	150—120	ПС	82—76
ПК	140—120	ПП-НТ 40-30	81—77
ПФО-НС 10	132—126	ПММА	82—74
ПП-НС 30-20	136—120	ПА 612	90—66
ПФО	128	ПБТФ-НМН 25-10	87—65
9 группа	125—116	4 группа	75—66
ПП-НСЖ 40	125	ПА 66	90—60
ПП-НС 10	128—120	ПП-НС _{III} 40	73
ПА 6-НС _{III} 50	120	ПА 610	80—65
ПП-НС, НТ	142—92	АБС-ВС	78—67
АБС-НУ _В 40	116	ПП-НМЛ 40-30	76—68
8 группа	115—106	ПЭТФ-ПР	70
ПП-НС, НС _{III}	114	ПБТФ	87—50
ПАР-ГЗП	110	ПП-НС _{III} 30	68
ПАЛИ	110	ПВХВ-НС 15	68
АБС-НУ _В 30	110	ПВХВ	76—59
ПБТФ-НС _{III} 20	109	ПА 12-А (графит)	66
ПП-НСЛ 50-40	120—98	ПА 12-А (МоS ₂)	66
АБС-НУ _В 20	107	ПА 6	80—52
7 группа	105—96	ПП-НМН 50-10	73—59
ПС-НУ _В 30-20	105	3 группа	65—56
САН-НС 30, А (ТФЭ 15)	105	ПВХВ	68—60
САН-НС 40	105	ПА 11-А (графит)	70—55
САН-НС, НС _{III} 35	104	ПП-НС _{III} 20	62
АБС-НС 40-30	104—102	ПП-НМЛ 20-10	65—59
АБС-ТС	110—95	ПП-НТ 10	63—59
АБС-НСЖ 40	102	ПК-УП _М , ТС, ХС	57
САН-НС 30	102—100	ПП-НС _{III} 10	57

Продолжение табл. 6.2

Пластмасса, тип марки	$T_p, \text{и}2, ^\circ\text{C}$	Пластмасса, тип марки	$T_p, \text{и}2, ^\circ\text{C}$
2 группа	55—46	ПА 12-Э ₁ ; ПА12-Э ₂	50—48
ПА 12	55	ПА 12-Э ₃	48
ПА 11	60—50	АК	50—45
ПП	60—47	1 группа	45—35
ФТ	55—49	ПА 12-Э ₄	40
ПА 11-Э	60—40		

Примечание. См. примечание к табл. 6.1.

Таблица 6.3.1. Группы пластмасс по температуре длительной эксплуатации $T_{дл}$ при тепловом старении с учетом сохранения механических (включая ударную прочность) и электрических свойств

Пластмасса, тип марки	$T_{дл}, ^\circ\text{C}$	Пластмасса, тип марки	$T_{дл}, ^\circ\text{C}$
14 группа	180—171	СФ-НС 20-30	85—95
ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	180	СФ-А (ПТФЭ 21)	85
13 группа	170—161	ПП-НС 10-40	65—105
ПЭС	170	ПП-НТ	85
10 группа	140—131	ПП-НМН	85
ПСФ	140	4 группа	80—71
ПСФ-НС 10-40	140	ПФО-ОГН ₂	80
9 группа	130—121	ПП	65—95
ПБТФ-НС 15-30	130	ПП-ОГН ₂	50—105
ПБТФ-НС 20-30, ОГН ₂	130	АБС-ТСТ	70—80
ПБТФ-НМН 10	130	ПА 66	65—80
ПБТФ-НС, НМН 45,	130	ПА-66 НС	65—80
ОГН ₂		ПА 6	70—75
ПБТФ-НС 30, УП	125	ПА 6-НС	70—75
8 группа	120—111	3 группа	70—61
ПБТФ	120	ПА 66-УП	65
ПБТФ-ОГН ₂	120	ПА 66-ОГН ₂	65
ПК-НС 20-35, ОГН ₁	120 ;	ПА 612-НС	65
ПК-НС 10-35	115—120	ПА 66-НМН	65
ПК-НС 10, ОГН ₂	115	ПА 11	65
7 группа	110—101	ПА 610-НС	65
ПБТФ/ПЭТФ-НС 15-30	110	ПА 612	65
ПК-ОГН ₂	110	ПП-НТ, УП	65
ПА 66-НС, ТС	105—115	ПП-УП	65
ПА 66-НС, ТСТ, ОГН ₁	105—115	ПП-ПЩ	65
ПП-ТС	105—115	2 группа	60—51
ПА 6-НС, ТС	105	АБС	50—60
ПА 6-ТСТ	105	1 группа	50—41
ПК	95—115	АБС/ПВХ	50
ПП-НС _У 10-40, ТС	105	ПЭВП	50
6 группа	100—91	ПММА	50
ПА 66-ТС	95—105	ПС	50
АБС/ПК	95	УПС	50
5 группа	90—81	САН	50
ПФО	90	САН-НС	50
ПФО-НС 10-40	90	ПВХВ	50
СФ	85—95		

Примечание. Данные получены на образцах тол щинной 2 мм, для вспенивающихся пластмасс — 3 мм.

Таблица 6.3.2. Группы пластмасс по температуре длительной эксплуатации $T_{д2}$ при тепловом старении с учетом сохранения механических (исключая ударную прочность) и электрических свойств

Пластмасса, тип марки	$T_{д2}$, °C	Пластмасса, тип марки	$T_{д2}$, °C
14 группа	180—171	5 группа	90—81
ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	180	ПФО-НС	90
ПЭС	180	СФ-А (ПТФЭ 21)	90
11 группа	150—141	ПА 66-НМН, ТСТ	65—115
ПСФ	150	ПА 6-НС	85
ПСФ-НС 10—40	150	АБС/ПВХ-ТСТ	75—95
10 группа	140—131	ПП-НС 10-40	65—105
ПБТФ	140	ПП-НТ	85
ПБТФ-НС 15—30	140	ПП-НМН	85
ПБТФ-НМН	140	4 группа	80—71
ПБТФ-НС, НМН (45),	140	ПП	65—95
ОГН ₂		АБС-ТСТ	70—85
ПБТФ-ОГН ₂	140	ПП-ОГН ₂	50—105
ПБТФ-НС 20-30, ОГН ₂	130—140	ПА 66	65—85
9 группа	130—121	ПА 6	75
ПК-НС 20-35, ОГН ₁	130	ПК-НС, А (ПТФЭ)	75
ПА 66-НС, ТСТ, ОГН	130	3 группа	70—61
ПБТФ-НС 30, УП	125	ПК-ВС	70
ПК	125	ПА 66-НМН	65
ПК-НС 10-35	125	ПА 66-УП	65
ПК-НС 10, ОГН ₂	125	ПА 66-ОГН ₂	65
ПК-ОГН ₂	125	ПА 11	65
ПА 66-НС, ТС	125	ПА 610	65
ПА 6-НС, ТС	105—140	ПА 610-НС	65
ПБТФ/ПЭТФ-НС 15—30	120—125	ПА 612	65
8 группа	120—111	ПА 612-НС	65
ПА 6-ТСТ	117	ПА 66-ВС	65
7 группа	110—101	ПП-НТ, УП	65
ПФО-НС, ОГН ₁	110	ПП-УП	65
ПП-ТС	105—115	ПП-ПШ	65
ПФО	105	2 группа	60—51
ПА 66-ТСТ	105	АБС-ВС	60
ПА 6-ТС	105	АБС	50—60
ПП-ТС	105—115	1 группа	50—41
ПП-НС 10-40, ТС	105	ПММА	50
ПФС-ОГН ₁	95—110	АБС/ПВХ	50
ПА 66-НС	85—120	ПЭВП	50
6 группа	100—91	ПС	50
СФ-НС 20-30	90—105	УПС	50
ПФО-ОГН ₂	95	САН	50
СФ	90—100	САН-НС	50
АБС/ПК	95	ПВХВ	50

Примечание. См. примечание к табл. 6.3.1.

Таблица 6.3.3. Группы пластмасс по температуре длительной эксплуатации $T_{д3}$ при тепловом старении с учетом сохранения электрических свойств

Пластмасса, тип марки	$T_{д3}$, °C	Пластмасса, тип марки	$T_{д3}$, °C
14 группа	180—171	6 группа	100—91
ПЭС	180	ПФО-ОГН ₂	95
ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	180	АБС/ПК	95
11 группа	150—141	5 группа	90—81
ПСФ-НС 10-40	150	ПФО-НС 10-40	90
ПСФ	150	АБС/ПВХ-ТСТ	75—95
10 группа	140—131	ПП-НС 10-40	65—105
ПБТФ-НМН	140	ПП-НТ	85
ПА 6-НС, ТС	140	ПП-НМН	85
ПБТФ-НС, НМН (45),	140	ПА 66	65—105
ОГН ₂		4 группа	80—71
ПБТФ	135	ПП	65—95
ПБТФ-ОГН ₂	135	АБС-ТСТ	70—85
ПБТФ-НС 15-30	135	ПП-ОГН ₂	50—105
ПБТФ-НС 20-30, ОГН ₂	135	ПК-НС, А (ПТФЭ)	75
9 группа	130—121	ПА 6	65—85
ПБТФ-НС 30, УП	130	3 группа	70—61
ПА 66-НС, ТСТ, ОГН	130	ПК-ВС	65—75
ПК-НС 20-30, ОГН ₁	130	ПА 11	65
ПК	125	ПА 610	65
ПК-НС 10-35	125	ПА 610-НС	65
ПК-НС 10, ОГН ₂	125	ПА 612	65
ПК-ОГН ₂	125	ПА 612-НС	65
ПА 66-НС, ТС	125	АБС	50—80
ПБТФ/ПЭТФ-НС 15-30	120—125	ПА 66-УП	65
8 группа	120—111	ПА 66-ОГН ₂	65
ПА 66-НС, ТСТ	110—120	ПА 66-ВС	65
ПА 66-НС	105—120	ПП-НТ, УП	65
7 группа	110—101	ПП-УП	65
ПП-ТС	105—115	ПП-ПШ	65
ПФО	105	2 группа	60—51
СФ	105	АБС-ВС	60
СФ-НС 20-30	105	АБС	50—41
СФ-А (ПТФЭ 21)	105	1 группа	50—41
ПА 66	105	ПБТФ-ВС	50
ПА 6-НС	105	АБС/ПВХ	50
ПА 6-ТСТ	105	ПММА	50
ПА 6-ТС	105	ПЭВП	50
ПП-НС 10-40, ТС	105	ПС	50
		УПС	50
		САН	50
		САН-НС	50
		ПВХВ	50

Примечание. См. примечание к табл. 6.3.1.

Таблица 6.4. Группы пластмасс по температуре хрупкости при изгибе $T_{хр}$

Пластмасса, тип марки	$T_{хр}$, °C	Пластмасса, тип марки	$T_{хр}$, °C
18 группа	-280 ÷ -261	7 группа	-80 ÷ -71
ФТ-МР ₃	-269	ПЭНП (IV)	-80
17 группа	-260 ÷ -241	6 группа	-70 ÷ -61
ПБО	-250	ПА 11	-70
ФТ-МР ₁	-250	ПА 11-А (МоS ₂)	-70
14 группа	-200 ÷ -181	ПЭВП (I)	-80 ÷ -80
ПАР	-200	ПЭНП (III)	-80 ÷ -60
ПИ	-200	ПА 66	-65
ФТ	-196 ÷ -190	5 группа	-60 ÷ -51
12 группа	-160 ÷ -141	ПА 6	-60
ПЭВП-УП _{ММ} (VII)	-150	ПБТФ	-60
ПЭВП КН-УП _{ММ} (V)	-150	ПЭТФ	-60
ПЭВП ВМ	-150	ПОД	-60
ПЭВП-УП _{ММ} (VI) ¹	-150 ÷ -140	ПАЛИ	-60
11 группа	-140 ÷ -121	ПС	-60
ПЭВП-УП _{ММ} (V)	-140	САМ	-60
ПЭВП КН-УП _{ММ} (IV)	-140	ПМП	-60
ПЭВП-УП ₂ (IV)	-140	ПУР-МР ₃	-60
ПЭВП-УП ₁ (I);	-140	ПВХП-МР ₃	-60
ПЭВП-УП ₂ (II)	-140	ПФО	-60
ПЭВП-УП _{ММ} (IV)	-140 ÷ -130	ПММА	-60
ПК	-130	СММА	-60
ПЭВП-УП ₂ (III)	-140 ÷ -120	ПЭНП (II)	-55
СЭП	-140 ÷ -120	ПЭНП-ЖС (вулканизация)	-60 ÷ -50
ПЭВП КН-УП _{ММ} (III)	-130	ПВХП-МР ₃	-55 ÷ -50
ПЭВП (III)	-130 ÷ -120	4 группа	-50 ÷ -41
ПЭВП (II)	-130 ÷ -115	АК	-50
10 группа	-120 ÷ -101	САН	-60 ÷ -40
СЭП-УП ₁	-140 ÷ -100	САН-НС	-50
ПЭНП (VII)	-120	АБС-ТС	-60 ÷ -40
ПЭВП КН-УП _{ММ} (II)	-120	ПП-ТС	-50
СЭБ	-120 ÷ -110	ПП-МР ₁	-50 ÷ -40
ПЭВП-УП ₂ (II)	-120 ÷ -110	ПЭНП (I)	-45
ПЭНП (VI)	-110	ПЭНП-НМЛ 30-15	-60 ÷ -30
ПЭВП-КН (I) ¹	-120 ÷ -100	ПЭНП-НТ 30-15	-60 ÷ -30
9 группа	-100 ÷ -91	ПЭНП-НСЛ 30-20	-60 ÷ -30
ПСФ	-101 ÷ -100	ПЭНП-НАЭ 10	-60 ÷ -30
ФН	-100	3 группа	-40 ÷ -31
ПЭНП (V)	-100	СФ; ПФ	-40
8 группа	-90 ÷ -81	УПС	-40
ПЭВП-УП ₂ (I)	-100 ÷ -80	МС	-40
ПА 12	-90 ÷ -80	МСН	-40
СЭВ	-100 ÷ -65	АБС	-40
		ПУР-МР ₁	-40
		ПВХП-МР ₁	-40
		АБЦЭ	-50 ÷ -20

Продолжение табл. 6.4

Пластмасса, тип марки	$T_{хр}$, °C	Пластмасса, тип марки	$T_{хр}$, °C
2 группа	-30 ÷ -21	1 группа	-20 ÷ -11
ПУР	-30	АБС-ОГН	-20
ПВХП	-35 ÷ -20	БСПЭ	-15 ÷ -8
ПА 11-А (графит)	-32 ÷ -20	ПП	-15 ÷ -8
АЦЭ	-30 ÷ -15		
ПТ-МР, Э	-25 ÷ -20		

Примечания. 1. Имеются марки с повышенной морозостойкостью, для которых в НТД на полимеры и каталогах не приводится $T_{хр}$;

ПММА: МР — плексиглас, «Ром энд Хас», США (V (500)); ПП: МР₁ — ПП, СССР (03-01, 04-01, 05-01, 04-04, 05-04, 03-06, 04-06, 05-06, 03-08, 04-08, 05-08, элпон-ДС, монрон-Т, монрон-К); МР₂ — ПП, СССР, силпон-1, силпон-2, силпон-3, силпон-4).

Порядок расположения сведений указан в примечании к табл. 6.1.

2. Для ПЭВП (I) ПТР > 5; ПЭВП (II) ПТР > 2,5-5; ПЭВП (III) ПТР > 1,2-2,5; ПЭВП-УП_{ММ} (IV) ПТР > 0,6-1,2; ПЭВП-УП_{ММ} (V) ПТР > 0,3-0,6; ПЭВП-УП_{ММ} (VI) ПТР > 0,1-0,3; ПЭВП-УП_{ММ} (VII) ПТР ≤ 0,1; ПЭВП-УП₁ (I) ПТР > 0,6-1,5; ПЭВП-УП₁ (II) ПТР ≥ 0,3-0,6; ПЭВП-УП₁ (I) ПТР > 7-20; ПЭВП-УП₂ (I) ПТР > 3-7; ПЭВП-УП₂ (III) ПТР > 0,9-3; ПЭВП-УП₂ (IV) ПТР > 0,6-0,9; ПЭВП КН (I) ПТР > 3; ПЭВП КН-УП_{ММ} (II) ПТР > 0,9-3; ПЭВП КН-УП_{ММ} (III) ПТР > 0,6-0,9; ПЭВП КН-УП_{ММ} (IV) ПТР > 0,1-0,6; ПЭВП КН-УП_{ММ} (V) ПТР = 0; ПЭНП (VII) ПТР ≤ 0,5; ПЭНП (VI) ПТР > 0,5-1; ПЭНП (V) ПТР > 1-3; ПЭНП (IV) ПТР > 3-4; ПЭНП (III) ПТР > 4-8; ПЭНП (II) ПТР > 8-16; ПЭНП (I) ПТР > 16.

Таблица 6.5. Группы пластмасс по пределу текучести при растяжении $\sigma_{т.р}$

1. При обычной температуре (20 °C)

Пластмасса, тип марки	$\sigma_{т.р}$, МПа	Пластмасса, тип марки	$\sigma_{т.р}$, МПа
21 группа	220-201	15 группа	150-141
ПАИ-НС 30	207	ПА 66-НС 40	150
20 группа	200-191	ПА 66-НС 35	160-140
ПЭТФ-НС 55	200	ФН	150
ПСФ-НУ _В 30	238-159	ПАИ-А (ПТФЭ)	166-125
ПЭС-НУ _В 30	210-182	ПЭС-НС 30	151-140
ПИ-НС 30	196	ПБТФ-НС 50-40	161-126
ПЭТФ-НС 45	193	14 группа	140-131
ПАИ	195-190	ПА 6-НС 50	160-120
19 группа	190-181	ПЭИ-НС 20	140
ПЭТФ-НС 36	185	ПСФ-НУ _В 20	140
18 группа	180-171	САН-НС _У 40	140
ПА 66-НС 50	180-170	СФ-НС _У 26-25	150-130
ПЭТФ-НУ _В 30	175	ПА 612-НС _К 33, УП	138
17 группа	170-161	ПЭТФ-НС 20	145-130
ПЭИ-НС 30	171-160	ПФО-НС 40	137
ПЭТФ-НС 33	165	САН-НС _У 35	137
ПА 612-НС _К 43, УП	165	ПСФ-НС 40	147-126
16 группа	160-151	ПА 11-НС 43, А (графит)	140-130
ПЭТФ-НС 30	161-158	ПЭС-НС 20	140-126
ПЭС-НС 40	161-154	ПФО-НУ _В	131

Пластмасса, тип марки	$\sigma_{т.р.}$ МПа	Пластмасса, тип марки	$\sigma_{т.р.}$ МПа
13 группа	130—121	ПВХВ-НС _у 10	86—84
САН-НС _у 30	133—119	АБС-НСЖ 40	84
ПФО-НС 30	130—120	САН-НС _у , НС _ш 35	84
ПБТФ-НС 30	145—100	ПЭС	84
ПСФ-НС _у 20	122	АБС-НС _у 20	91—77
12 группа	120—111	САН-НС	84—79
ПК-НС 40	120	САН-НС _у 10	81
ПА 6-НС 35	120	8 группа	80—71
АБС-НУ _в 40	120	ПБТФ-НС 10	90—70
ПЭИ-НС 10	120—116	ПБТФ-НС 30, ИСК	80
ПСФ-НС 30	126—108	ПЭВП-НС _у 40	81—77
ПА 66-НС 30	130—98	ПСФ-НС 10	77
ПБТФ-НС 20	122—103	ПС-НС _у 20	77
АБС-НУ _в 30	112	ПА 12-ПР	75
11 группа	110—101	ПА 12-НС 23, А (графит)	75
ПА 12-НС 43, А (графит)	110	ПК-НС _к 30	75
АБС-НС _у 40	112—108	САН	76—70
АБС-НУ _в 20	112—105	АБС-НС 30	75—70
САН-НС _у 20	111—105	ПА 6 блочный	75—70
ПСФ-НС _у 10	108	ПИ	91—56
ПА 6-НС 30	115—100	ПСФ	82—60
ПЭИ	106—105	7 группа	70—61
ПЭС-НС 10	105	ПК-НС _к 20	70
СФ-НС 30	120—90	ПА 6-НС 15	70
ПСФ-НС 20	108—98	ПС-НС _к 20	70
ПС-НУ _в 30	103	ПФО-НС 10	70
ПА 66-НС 25	110—95	ПФО-НСЖ 25	70
ПА 12-НС 30	105—100	ПММА-ТС	73—67
ПАЛИ-НС, НТ	124—80	ПТ-НС 10	67
ПС-НС _у 40	105—98	АБС-НС _у 13	67
ПФО-НС 20	112—90	АБС-НС _у 10	69—63
10 группа	100—91	ПА 6-НС, НМН 40	65
ПА 6-НС 25	100	ПЭВП-НС _у 30	70—60
ПА 6-НС 30, УП	100	ПК-НС 10	65
ПУР-НС _у 40	133—67	ПП-НС _у 20	84—46
ПВХВ-НС _у 20	102—98	ПЭНП-НС _у 40	64
ПЭС-НСЖ 20	98	ПММА	65—61
ПЭТФ-НС, НСЛ 35	98	ПУР-НС _у 20	98—28
САН-НС _у 20, НМН 10	98	СММА	67—58
ПА 11-НС 30	100—95	СФ; ПФ	70,5—55
АБС-НС _у 30	102—91	ПТ-НСЛ 25-15	63—61
ПА 11-НС 23, А (графит)	100—90	ПА 66-НС 13	62
ПП-НС _у 40	116—66	6 группа	60—51
ПУР-НУ _в 30	91	ПФО	65—55
9 группа	90—81	ПА 66-НС _ш 30	60
САН-НС _у 30, А (ТФЭ 15)	90	ПА 6-НС, НМН 30	60
ПБТФ-НС 15	90	ПА 66	65—55
ПК-НС 40-20	90	ПА 66-НМН 40	65—51
ПАР	90	ПА 612	61—52
ПС-НС _у 30	95—84	ПП-НС _у 20, ЭП (сажа 15)	56
ПА 66-НС 20	100—78	ПК	55
САН-НС _у 15, НМН 15	88	ПЭТФ-ПР	55
ПБТФ-НС, НМН 40-30	87—85	ПА 6-НМН 30	55

Пластмасса, тип марки	$\sigma_{т.р.}$ МПа	Пластмасса, тип марки	$\sigma_{т.р.}$ МПа
ПС-НС _у 10	55	ПП-НМН 20	35—28
ПБТФ-НС _ш 40-30	57—51	ПБТФ-НСЖ 40-30	34—29
ПБТФ-НМН 25-10	56—50	ПП	35—27
АБС/ПСФ	53	3 группа	30—21
ПП-НС _у , НТ	56—49	ПП-НМЛ 10	32—28
ПЭВП-НС _у 20	56—49	ПВХВ-НМЛ 20	30
ПБТФ	60—45	ПП-НСЛ 25-20	32—28
ГрА 610	55—50	ПП-НМЛ 30-20	33—24
5 группа	50—41	ПМП-НСЛ 15	30—26
ПА 6	60—40	ПУР-НСЖ 25	28
ПП-НС _у 10	60—40	ПЭВП-А (ТФЭ 20)	27
СФ-А (ПТФЭ 21)	50—48	ФТ	46—7
ПИ-А (графит 15)	63—35	ПЭВП-УП ₂	26,4
АБС-УП ₁ ; АБС-УП ₂	53—42	УПС-УП ₁ ; УПС-УП ₂	31—21
ПВХВ	53—41	ПП-НС _ш 20	26
ПБТФ-НС _ш 20-10	49—45	ПП-НМН 30	28—24
ПС	55—38	ПА 12-Э ₁ , ПА 12-Э ₂	30—22
АБС/ПК	46	ПМП-А (сульфат бария и калия)	26
ПА 12-НС _ш 50	45	ПА 6-НС _ш 50	25
ПФО-ВС	45	ПМП-НТ 30	25
ПМП-НС 30	44	АБС/ПУР	28—22
ПК-УП _м , ТС, ХС	50—37	ПА 12-Э ₃	25
ПК-УП _м , УФ	50—37	ПП-НС _ш 30	24
ПК-УП _м , ХС	50—37	ПП-НМН 45-40	26—22
ПУР-НС _у 10	66—17,5	ПП-НТ 20, УП	24
4 группа	40—31	ПП-ТС	25—23
ПП-НСЛ 50-30	46—33	ПП-ТС, МР	25—23
ПП-НС 30	41,2—35,2	ПЭВП-НАЭ 10	23,5
ПА 12-А (графит)	39	ПП-НМЛ 40	28—17
ПА 12-А (МоS ₂)	39	ПЭВП	26—19
ПП-НС _у , НС _ш	39	ПП-Э	22
УПС-УП ₁	42—35	ПА 11-Э	25—18
ПП-НТ 10	38	ПЭВП-УП ₁	21,5
ПА 12	40—36	ПП-НС _ш 40	21
ПП-НС _у , НМН	37	ПП-НМН 50	21
ПЭВП-НС _у 15-10	39—35	2 группа	20—11
ПЭВП-НС 30	39—34	ПА 12-УП, Э	20
АБС/ПВХ	43—30	ПЭВП-НСЛ 20	19,6
ПЭНП-НС _у , 10	36	ПМП	23—14
ПП-НС 20, ВС	35	ПЭВП-НК 30-20	18,1
ПП-НС _ш 10	35	ПЭВП-НТ 30-15	17,6
ПП-НМН 10	35	ПЭВП-НМЛ 30-15	17,6—16,5
ПА 6-УП _{м1}	35	СЭП	16
АБС-УП ₂	36—33	ПА 12-Э ₄	15
ПА 11	34	ПЭНП-НАЭ 10	10,8
ПА 11-НС _ш 30	34	1 группа	10—5
ПП-НТ 20	37—30	ПЭНП	13,7—6,8
ПП-ЖС	35—30	ПЭНП-НМЛ 30-15	9,8—6,8
ПА 11-НС, НБ _ш	35—30	ПЭНП-НТ 30-15	8,8—6,8
ПП-НА 40	32	ПЭНП-НСЛ 30-20	8,8—6,8
ПП-НСЖ 40	32	СЭВ	5
АБС-УП ₄	35—29		

2. При пониженных и повышенных температурах

Номер группы	$\sigma_{т. р.}$ МПа	Пластмасса, тип марки
$T = -100^\circ C$		
12	120—111	ПЭС
$T = -80^\circ C$		
12	120—111	ПЭС
$T = -60^\circ C$		
19	190—181	СФ-НС _у 26-25
18	180—171	ПК-НС 40
17	170—161	ПСФ-НС 40
16	160—151	ПЭНП-НС _у 10; СФ-НС 30
15	150—141	ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПК-НС 35-20
14	140—131	ПСФ-НС _у 10
13	130—121	ПСФ-НС 20; ПЭВП-НС _у 40
11	110—101	ПЭС; ПК-НС 10; ПК-НС _к 30
10	100—91	СФ; ПЭВП-НС _у 30; ПСФ-НС 10
9	90—81	ПСФ; ПЭВП-НС _у 20; ПК-НС _к 20
8	80—71	ПК
6	60—51	ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30
5	50—41	ПЭНП
4	40—31	СЭ
$T = -40^\circ C$		
25	300—281	ПА 6-НС 50
23	260—241	ПА 11-НС 43, А (графит); ПБТФ-НС 50-40
22	240—221	ПА 6-НС 35
21	220—201	ПЭИ-НС 30; ПБТФ-НС 30; ПЭНП-НС _у 40; ПА6-НС 30
20	200—191	ПА 66-НС 50
19	190—181	ПА 11-НС 30
18	180—171	СФ-НС _у 26—25; ПБТФ-НС 20; ПЭИ-НС 20; ПА11-НС 23, А (графит)
17	170—161	ПА 66-НС 40-35; ПСФ-НС 40
16	160—151	ФН; ПК-НС 40
15	150—141	ПА 12-НС 43, А (графит); ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПБТФ-НС 15; ПА 6-НС 15
14	140—131	ПА 12-НС 30; СФ-НС 30; ПА 66-НС 30; ПСФ-НС _у 10
13	130—121	ПК-НС 35-20; ПБТФ-НС 10; ПСФ-НС 20
12	120—111	ПА 66-НС 25; ПЭВП-НС _у 40; ПЭНП-НС _у 10
11	110—101	ПА 66-НС 20
10	100—91	ПА 6; ПА 66; ПЭС; ПА 12-НС 23, А (графит); ПК-НС _к 30; ПЭВП-НС _у 30; ПСФ-НС 10; ПК-НС 10
9	90—81	СФ; ПСФ
8	80—71	ПК; ПЭВП-НС _у 20; ПК-НС _к 20
7	70—61	ПА 66-НС 13
6	60—51	ПА 12; ПА 12-НС _ш 50; ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30
4	40—31	ПЭВП; ПЭНП; СЭП
3	30—21	СЭВ

Номер группы	$\sigma_{т. р.}$ МПа	Пластмасса, тип марки
$T = -20^\circ C$		
22	240—221	ПЭТФ-НС 55; ПБТФ-НС 50-40; ПА 6-НС 50
21	220—201	ПЭТФ-НС 45-36; ПА 11-НС 43, А (графит)
20	200—191	ПА 6-НС 35; ПА 66-НС 50; ПЭИ-НС 30
19	190—181	ПЭТФ-НС 33
18	180—171	ПА 6-НС 30; ПЭТФ-НС 30
17	170—161	ПА 66-НС 40-35; ПА 6-НС 25; СФ-НС _у 26-25; ПЭИ-НС 20
16	160—151	ФН; ПЭНП-НС _у 40; ПБТФ-НС 30-20; ПСФ-НС 40; ПА 11-НС 30; ПЭТФ-НС 20
15	150—141	ПА 11-НС 23, А (графит)
14	140—131	ПК-НС 40; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПА 12-НС 43, А (графит)
13	130—121	ПА 66-НС 30; СФ-НС 30; ПСФ-НС _у 10; ПА 12-НС 30; ПБТФ-НС 15
12	120—111	ПА 6-НС 15; ПСФ-НС 20; ПА 66-НС 25; ПК-НС 35-20
11	110—101	ПБТФ-НС 10; ПЭВП-НС _у 40
10	100—91	ПЭС; ПА 66-НС 20
9	90—81	ПА 66; ПА 12-НС 23, А (графит); ПЭНП-НС _у 10; ПК-НС 10; ПСФ-НС 20-10; ПК-НС _к 30; ПЭВП-НС _у 30
8	80—71	ПСФ; СФ; ПА 6; ПБТФ
7	70—61	ПК; ПА 66-НС 13; ПЭВП-НС _у 20; ПК-НС _к 20
6	60—51	ПА 12-НС _ш 50
5	50—41	ПА 12; ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30
4	40—31	ПЭВП
3	30—21	ПЭНП; СЭП
2	20—11	СЭВ
$T = 0^\circ C$		
21	220—201	ПЭТФ-НС 55-45
20	200—191	ПЭТФ-НС 36
19	190—181	ПА 66-НС 50; ПБТФ-НС 50-40; ПА 6-НС 50
18	180—171	ПЭИ-НС 30; ПЭТФ-НС 33-30
17	170—161	ПА 11-НС 43, А (графит); ПА 66-НС 40-35
16	160—151	ФН; ПА 6-НС 35; СФ-НС _у 26-25
15	150—141	ПЭИ-НС 20; ПСФ-НС 40; ПЭТФ-НС 20; ПФО-НС 40; ПБТФ-НС 30
14	140—131	ПА 6-НС 30; ПБТФ-НС 20
13	130—121	ПФО-НС 30; ПСФ-НС _у 20; ПК-НС 40; ПА 6-НС 25; ПА 11-НС 30; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 30; ПА 66-НС 30; ПА 12-НС 43, А (графит)
12	120—111	ПА 11-НС 23, А (графит); ПСФ-НС _у 10; СФ-НС 30; ПА 12-НС 30; ПА 66-НС 25
11	110—101	ПК-НС 35-20; ПБТФ-НС 15; ПС-НС _у 40; ПФО-НС 20
10	100—91	ПЭНП-НС _у 40; ПА 66-НС 20; ПБТФ-НС 10; ПА 6-НС 15; ПС-НС _у 30; ПЭВП-НС _у 40
9	90—81	ПЭС; ПП-НС _у 40; ПСФ-НС 10; ПА 12-НС 23, А (графит)
8	80—71	ПСФ; ПА 66; СФ; ПС-НС _у 20; ПФО-НС 10; ПЭВП-НС _у 30; ПП-НС _у 20; ПК-НС _к 30; ПС-НС _к 20; ПК-НС 10
7	70—61	ПБТФ; ПА 66-НС 13; ПЭВП-НС _у 20
6	60—51	ПК; ПК-НС _к 20; ПС-НС _у 10; ПЭНП-НС _у 10; ПП-НС _у 10

Продолжение табл. 6.5

Номер группы	$\sigma_{т. р.}$ МПа	Пластмасса, тип марки
5	50—41	ПА 12; ПА 12-НС _ш 50; ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30.
3	30—21	ПЭВП
2	20—11	ПЭНП; СЭП
1	10—5	СЭВ
$T = 40^\circ C$		
18	180—171	ПЭТФ-НС 55-45
17	170—161	ПЭТФ-НС 36
16	160—151	ПА 66-НС 50; ПЭС-НС 40
15	150—141	ФН; ПЭИ-НС 30; ПЭТФ-НС 33-30
14	140—131	ПЭС-НС 30; ПСФ-НС 40; ПА 66-НС 40-35
13	130—121	ПФО-НС 40; ПЭС-НС 20; ПЭИ-НС 20; ПБТФ-НС 50-40; СФ-НС _у 26-25; ПЭТФ-НС 20
12	120—111	ПСФ-НС _у 20; ПФО-НС 30; ПСФ-НС 30
11	110—101	ПК-НС 40; ПЭИ-НС 10; ПА 11-НС 43, А (графит); ПА 6-НС 50; ПА 66-НС 30; ПСФ-НС _у 10
10	100—91	ПА 12-НС 43, А (графит); ПЭС-НС 10; ПСФ-НС 20; ПБТФ-НС 30-20; ПФО-НС 20; ПА 12-НС 30; СФ-НС 30; ПА 66-НС 25
9	90—81	ПАР; ПК-НС 35-20; ПС-НС _у 40; ПА 6-НС 35; ПА 11-НС 30
8	80—71	ПЭС; ПА 6-НС 30-25; ПС-НС _у 30; ПА 66-НС 20; ПА 11-НС 23, А (графит); ПБТФ-НС 15; ПСФ-НС _у 10
7	70—61	ПСФ; ПЭВП-НС _у 40; ПС-НС _у 20; ПА 12-НС 23, А (графит); ПБТФ-НС 10; ПФО-НС 10; ПК-НС _к 30; ПК-НС 10; ПС-НС _к 20; ПП-НС _у 40
6	60—51	СФ; ПЭВП-НС _у 30; ПА 66-НС 13; ПА 6-НС 15
5	50—41	ПК; ПА 66; ПБТФ; ПС-НС _у 10; ПК-НС _к 20; ПП-НС _у 20; ПЭВП-НС _у 20
4	40—31	ПА 6; ПА 610; ПА 12; ПЭНП-НС _у 40; ПА 12-НС _ш 50; ПП-НС _у 10; ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30
2	20—11	СЭП; ПЭВП; ПЭНП-НС _у 10
1	10—5	ПЭНП; СЭВ
$T = 60^\circ C$		
17	170—161	ПЭТФ-НС 55
15	150—141	ФН; ПЭС-НС 40; ПЭТФ-НС 45
14	140—131	ПЭТФ-НС 36; ПА 66-НС 50; ПЭИ-НС 30; ПЭС-НС 30
13	130—121	ПЭТФ-НС 33; ПСФ-НС 40; ПЭС-НС 20
12	120—111	ПЭТФ-НС 30; ПА 66-НС 40-35; ПФО-НС 40; ПЭИ-НС 20; ПСФ-НС _у 20
11	110—101	ПСФ-НС _у 30; ПФО-НС 30; СФ-НС _у 26-25; ПБТФ-НС 50-40
10	100—91	ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 40; ПЭС-НС 10; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 20; ПСФ-НС _у 10
9	90—81	ПА 12-НС 43, А (графит); ПА 66-НС 30; ПА 11-НС 43, А (графит); ПА 12-НС 30; ПК-НС 35-20
8	80—71	ПАР; ПЭС; ПБТФ-НС 30-20; ПА 6-НС 50; ПФО-НС 20; СФ-НС 30; ПА 66-НС 25
7	70—61	ПСФ; ПС-НС _у 40-30; ПСФ-НС 10; ПА 66-НС 20; ПА 6-НС 35; ПА 11-НС 30

Продолжение табл. 6.5

Номер группы	$\sigma_{т. р.}$ МПа	Пластмасса, тип марки
6	60—51	ПА 12-НС 23, А (графит); ПА 6-НС 30-25; ПА 11-НС 23, А (графит); ПС-НС _к 20; ПФО-НС 10; ПБТФ-НС 15-10; ПК-НС _к 30; ПЭВП-НС _у 40; ПК-НС 10; ПС-НС _у 20; ПП-НС _у 40
5	50—41	СФ; ПК; ПА 66; ПЭВП-НС _у 30; ПА 66-НС 13; ПК-НС _к 20
4	40—31	ПБТФ; ПА 6; ПА 6-НС 15; ПП-НС _у 20; ПС-НС _у 10; ПЭВП-НС _у 20
3	30—21	ПА 610; ПА 12; ПЭНП-НС _у 40; ПП-НС _у 10; ПЭВП-НС 30; ПА 12-НС _ш 50; ПЭВП-НС _у 15-10
2	20—11	ПЭВП; ПЭНП-НС _у 10
1	10—5	СЭП; ПЭНП; СЭВ
$T = 80^\circ C$		
15	150—141	ФН; ПЭС-НС 40
14	140—131	ПЭС-НС 30
13	130—121	ПЭС-НС 20; ПЭИ-НС 30
12	120—111	ПЭТФ-НС 55-45; ПСФ-НС 40; ПА 66-НС 50
11	110—101	ПЭТФ-НС 36; ПФО-НС 40; ПСФ-НС _у 20; ПЭИ-НС 20; ПСФ-НС 30
10	100—91	ПЭТФ-НС 33-30; ПА 66-НС 40-35; ПФО-НС 30; ПЭС-НС 10; ПСФ-НС _у 10
9	90—81	ПК-НС 40; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 20; СФ-НС _у 26-25; ПБТФ-НС 50-40; ПЭТФ-НС 20
8	80—71	ПАР; ПА 12-НС 43, А (графит); ПА 66-НС 30; ПА 12-НС 30; ПК-НС 35-20; ПФО-НС 20
7	70—61	ПЭС; ПА 11-НС 43, А (графит); ПА 66-НС 25; ПСФ-НС 10; СФ-НС 30; ПБТФ-НС 30; ПА 6-НС 50
6	60—51	ПСФ; ПБТФ-НС 20; ПА 66-НС 20; ПА 12-НС 23, А (графит); ПФО-НС 10; ПА 6-НС 35; ПА 11-НС 30; ПК-НС _к 30; ПК-НС 10
5	50—41	ПБТФ-НС 15-10; ПА 11-НС 23, А (графит); ПА 6-НС 30; ПС-НС _у 40; ПП-НС _у 40
4	40—31	СФ; ПК; ПА 66; ПА 66-НС 13; ПК-НС _к 20; ПС-НС _у 30-20; ПА 6-НС 15; ПЭВП-НС _у 30-20
3	30—21	ПА 6; ПБТФ; ПП-НС _у 20-10; ПС-НС _к 20; ПЭНП-НС _у 40; ПС-НС _у 10; ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30; ПА 12-НС _ш 50
2	20—11	ПА 610; ПА 12; ПЭНП-НС _у 10
$T = 100^\circ C$		
14	140—131	ФН; ПЭС-НС 40;
13	130—121	ПЭС-НС 30
12	120—111	ПЭС-НС 20; ПСФ-НС 40
11	110—101	ПЭИ-НС 30; ПСФ-НС 30
10	100—91	ПСФ-НС _у 20; ПЭТФ-НС 55-45; ПА 66-НС 50; ПФО-НС 40; ПЭС-НС 10; ПЭИ-НС 20
9	90—81	ПЭТФ-НС 36-33; ПФО-НС 30; ПСФ-НС 20; ПА 66-НС 40-35; ПСФ-НС _у 10
8	80—71	ПЭТФ-НС 30; ПК-НС 40; ПЭИ-НС 10
7	70—61	ПАР; ПЭС; ПА 12-НС 43, А (графит); ПЭТФ-НС 20; ПФО-НС 20-10; ПК-НС 35-20; ПА 12-НС 30

Продолжение табл. 6.5

Номер группы	$\sigma_{т.р.}$ МПа	Пластмасса, тип марки
6	60—51	ПСФ; ПБТФ-НС 50-30; ПА 66-НС 25; ПА 11-НС 23, А (графит)
5	50—41	ПБТФ-НС 20; ПА 6-НС 50-35; ПА 66-НС 20; ПФО-НС 10; ПА 12-НС 43, А (графит); ПК-НС _к 30; ПК-НС 10; ПА 11-НС 30
4	40—31	ПК; ПБТФ-НС 15-10; ПЭВП-НС _у 40-30; ПА 11-НС 23, А (графит); ПА 6-НС 30-25; ПК-НС _к 20; ПА 66-НС 13
3	30—21	ПБТФ; ПА 6; ПА 66; ПЭВП-НС _у 20; ПА 6-НС 15; ПП-НС _у 40
2	20—11	ПА 610; ПА 12; ПП-НС _у 20-10; ПА 12-НС _ш 50; ПЭВП-НС _у 15-10
T = 120 °C		
13	130—121	ФН; ПЭС-НС 40
12	120—111	ПЭС-НС 30
11	110—101	ПЭС-НС 20; ПСФ-НС 40
10	100—91	ПЭИ-НС 30; ПСФ-НС _у 20
9	90—81	ПСФ-НС 30; ПЭИ-НС _у 20; ПБТФ-НС 55; ПЭС-НС 10; ПСФ-НС _у 10
8	80—71	ПСФ-НС 20; ПЭТФ-НС 45-33
7	70—61	ПЭС; ПЭИ-НС 10; ПА 66-НС 50-35; ПЭТФ-НС 30; ПК-НС 40
6	60—51	ПАР; ПСФ-НС 10; ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 35-20; ПА 66-НС 30
5	50—41	ПСФ; ПБТФ-НС 30-20; ПА 6-НС 50
4	40—31	ПК-НС _к 30; ПК-НС 10; ПА 6-НС 35-30; ПБТФ-НС 15
3	30—21	ПК; ПБТФ-НС 10; ПА 6-НС 25-15; ПК-НС _к 20
T = 140 °C		
12	120—111	ФН; ПЭС-НС 40
11	110—101	ПЭС-НС 30
10	100—91	ПЭС-НС 20; ПСФ-НС 40
9	90—81	ПСФ-НС _у 20; ПЭИ-НС 30
8	80—71	ПСФ-НС 30; ПЭС-НС 10; ПСФ-НС _у 10; ПЭТФ-НС 55
7	70—61	ПСФ-НС 20; ПЭТФ-НС 45-33; ПЭИ-НС 20
6	60—51	ПЭС; ПАР; ПЭИ-НС 10; ПЭТФ-НС 30; ПСФ-НС 10
5	50—41	ПСФ; ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 40
4	40—31	ПК-НС 35-20
3	30—21	ПК-НС _к 30; ПК-НС 10
2	20—11	ПК; ПК-НС _к 20
T = 160 °C		
11	110—101	ФН; ПЭС-НС 40
10	100—91	ПЭС-НС 30
9	90—81	ПЭС-НС 20
8	80—71	ПСФ-НС 40; ПЭИ-НС 30
7	70—61	ПЭИ-НС 20; ПЭТФ-НС 55-36; ПСФ-НС _у 20-10; ПСФ-НС 30; ПЭС-НС 10
6	60—51	ПЭТФ-НС 33-30; ПСФ-НС 20; ПЭИ-НС 10
5	50—41	ПАР; ПСФ-НС 10
4	40—31	ПСФ

Продолжение табл. 6.5

Номер группы	$\sigma_{т.р.}$ МПа	Пластмасса, тип марки
T = 180 °C		
10	100—91	ФН
8	80—71	ПЭС-НС 40-30
7	70—61	ПЭС-НС 20; ПЭИ-НС 30
6	60—51	ПСФ-НС 40; ПЭС-НС 10; ПЭИ-НС 20
5	50—41	ПСФ-НС _у 20-10; ПСФ-НС 30-20; ПЭИ-НС 10
4	40—31	ПСФ; ПСФ-НС 10
T = 200 °C		
9	90—81	ФН
6	60—51	ПЭИ-НС 30-20
5	50—41	ПЭИ-НС 10
T = 220 °C		
8	80—71	ФН
T = 240 °C		
7	70—61	ФН

Примечания. 1. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.
2. Данные по $\sigma_{т.р.}$ для наполненных полимеров приведены по σ_p , за исключением ПК-НС.

Таблица 6.6. Группы пластмасс по прочности при разрыве σ_p

1. При обычных температурах (20 °C)

Пластмасса, тип марки	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки	σ_p , МПа
21 группа	220—201	15 группа	150—141
ПАИ-НС 30	207	ПА 66-НС 40	150
20 группа	200—191	ПА 66-НС 35	160—140
ПЭТФ-НС 55	200	ПЭС-НС 30	151—140
ПСФ-НС _у 30	238—159	ФН	150—140
ПЭС-НС _у 30	210—182	ПБТФ-НС 50-40	161—126
ПИ-НС 30	196	14 группа	140—131
ПЭТФ-НС 45	193	ПА 6-НС 50	160—120
19 группа	190—181	САН-НС _у 40	140
ПЭТФ-НС 36	185	ПЭИ-НС 20	140
18 группа	180—171	ПСФ-НС _у 20	140
ПА 66-НС 50	180—170	СФ-НС _у 26-25	150—130
ПЭТФ-НС _у 30	175	ПА 612-НС _к 33, УП	138
17 группа	170—161	ПЭТФ-НС 20	145—130
ПЭИ-НС 30	171—160	ПФО-НС 40	137
ПЭТФ-НС 33	165	САН-НС _у 35	137
ПА 612-НС _к 43, УП	165	ПСФ-НС _у 40	147—126
16 группа	160—151	ПА 11-НС 43, А (графит)	140—130
ПЭТФ-НС 30	161—158	ПЭС-НС 20	140—126
ПЭС-НС 40	161—154	ПФО-НС _у	131

Пластмасса, тип марки	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки	σ_p , МПа
13 группа	130—121	9 группа	90—81
САН-НС _у 30	133—119	САН-НС _у 30, А (ТФЭ 15)	90
ПФО-НС 30	130—120	ПБТФ-НС 15	90
ПБТФ-НС 30	145—100	ПБТФ-НС, НС _ш 30	90
ПСФ-НС _у 20	122	ПИ-ТС	100—80
12 группа	120—111	ПС-НС _у 30	95—84
ПК-НС 40	120	ПА 66-НС 20	100—78
ПА 6-НС 35	120	САН-НС _у 15, НМН 15	88
АБС-НУ _в 40	120	ПБТФ-НС, НМН 40-30	87—85
ПЭИ-НС 10	120—116	ФН-ЭП (железный порошок)	85,5
ПСФ-НС 30	126—108	ФН-А (кокс)	85
ПА 66-НС 30	130—98	ФН-А (графит)	85
ПБТФ-НС 20	122—103	ПВХВ-НС _у 10	86—84
ПЭИ	112	ПЭС	84
АБС-НУ _в 30	112	АБС-НСЖ 40	84
11 группа	110—101	САН-НС _у , НС _ш 35	84
ПА 12-НС 43, А (графит)	110	АБС-НС _у 20	91—77
АБС-НС _у 40	112—108	САН-НС 30	84—79
ПИ	120—100	САН-НС _у 10	81
АБС-НУ _в 20	112—105	8 группа	80—71
САН-НС _у 20	111—105	ПБТФ-НС 10	90—70
ПСФ-НС _у 10	108	ПБТФ-НС 30, ИСК	80
ПА 6-НС 30	115—110	ПЭВП-НС _у 40	81—77
ПЭС-НС 10	105	ПСФ-НС 10	77
СФ-НС 30	120—90	ПЭТФ	81—73
ПСФ-НС 20	108—98	ПС-НС _у 20	77
ПС-НУ _в 30	103	ПА 12-НС 23, А (графит)	75
ПА 12-НС 30	105—102	ПАР-УП (ПЭТФ)	75—73
ПА 66-НС 25	110—95	ПАР	77—70
ПАЛИ-НС, НТ	124—80	АБС-НС 30	75—70
ПС-НС _у 40	105—98	САН	83—60
ПФО-НС 20	112—90	7 группа	70—61
10 группа	100—91	ПК-НС _к 30	70
ПК-НС 35	100	ПА 6-НС 15	70
ПА 6-НС 25	100	ПОД	80—60
ПА 6-НС 30, УП	100	ПБО	70
ФН-А (углеродное волокно)	100	ПС-НС _к 20	70
ПУР-НС _у 40	133—67	ПФО-НС 10	70
ПВХВ-НС _у 20	102—98	ПФО-НСЖ 25	70
ПК-НС 30	105—95	АК	75—65
ПК-НС 20	110—90	ПК-НС 10	70—67
ПЭС-НСЖ 20	98	ПТ-НС 10	67
ПЭТФ-НС, НСЛ 35	98	АБС-НС _у 13	67
САН-НС _у 20, НМН 10	98	ПА 66	77—55
ПА 11-НС 30	100—95	АБС-НС _у 10	69—63
АБС-НС _у 30	102—91	СФ	75—56
ПА 11-НС 23, А (графит)	100—90	ПА 6 блочный	70—60
ПИ-А (графит 15)	110—80	ПА 6-НС, НМН 40	65
ПП-НС _у 40	116—96	ПЭВП-НС _у 30	70—60
ПУР-НУ _в 30	91	ПП-НС _у 20	84—46
		ПА 6-Э	65—63
		ПЭНП-НС _у 40	64

Пластмасса, тип марки	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки	σ_p , МПа
ПУР-НС _у 20	98—28	ПБТФ	52—35
ПТ-НСЛ 25-15	63—61	ПС	46—40
ПА 6	75—50	ФТ-ТВ	59—26
ПА 66-НС 13	62	ПУР-НС _у 10	66—17,5
ПА 12	62—60	ФТ	49—34
ПА 12-Э ₁	61—60	ПК-УП _м , ТС, ХС	41
6 группа	60—51	4 группа	40—31
ПА 12-А (МоS ₂)	60	МС	40
ПК	70—50	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)	45—35
ПА 12-ПР	60	ПА 12-НС _ш 50	40
ПА 66-НС _ш 30	60	АЦЭ	50—30
ПА 6-НС, НМН 30	61—58	АБС	45—34
ПАР-ХС (ПА 6)	59	ПП-НСЛ 50-30	46—33
ПТ-ЭП (графит)	65—51	ПП-НС _у , НС _ш	39
ПА 66-НМН 40	65—50	ПП-НС 30	41,2—35,2
ПА 610	60—55	ПП-НТ 10	38
ПСФ	60—55	ПП-Э	40—35
ПА 12-Э ₂	60—53	ПП-НС _у , НМН	37
ПА 11	56	ПЭВП-НС _у 15—10	39—35
ПП-НС _у 20, ЭП (сажа 15)	56—55	ПЭВП-НС 30	39—34
ПЭТФ-ПР	55	ПЭНП-НС _у 10	36
ПК-НС _к , 20	55	УПС-УП ₁	42—30
ПК-УП _м , УФ	55	ПП-НС 20, ВС	35
ПА 6-НМН 30	55	ПП-НС _ш 10	35
ПА 6-УП _{м1}	55	ПП-НМН 10	35
ПС-НС _у 10	60—50	АБС-УП ₂ ; АБС-УП ₃	36—33
САН-ОЛЗ	65—45	ПП	40—29
СММА	57—51	ПА 11-НС _ш 30	34
ПБТФ-НС _ш 40-30	60—47	ПП-НТ 20	37—30
ПА 11-Э	66—40	ПП-ЖС	35—30
ПММА	56—50	ПА 11-НС, НБ _ш	35—30
ПБТФ-НМН 25-10	60—45	ПП-НА 40	32
ПФО	56—49	ПП-НСЖ 40	32
ПП-НС _у , НТ	56—49	ПП-НСЛ 25	32
ПЭВП-НС _у 20	52	АБС-УП ₄	35—29
ПА 12-А (графит)	51,5	ПП-НМН 20	35—28
ПИ-А (графит 40)	51	ПП-НТ 40-30	34—29
ПК-УП _м , ХС	50—41	СЭП	40—21,6
5 группа	52—48	3 группа	30—21
ПА 12-Э	60—40	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)	35—25
ПП-НС _у 10	52—48	АБЦЭ	40—20
СФ-А (ПТФЭ 21)	53—46	ПП-НМЛ 10	32—28
ПВХВ	50—45	ПА 12-Э ₁	30
ПАЛИ	50—45	ПА 12-УП, Э	30
АБС/ПК	49—45	ПВХВ-НМЛ 20	30
ПБТФ-НС _ш 20-10	55—38	ПП-НМЛ 30-20	33—24
ПТ	45	ПЭВП-УП ₁	29,4
ПА 6-УП _{м2} ; ПА 6-УП _{м3}	45	УПС-УП ₂	36—22
ПИ-А (графит 15, ПТФЭ 10)	50—40	ПМП-НСЛ 15	30—26
МС-УП, ПР	44	ПП-НСЛ 20	28
ПЭВП ВМ	44	ПУР-НСЖ 25	28
ПМП-НС 30			

Пластмасса, тип марки	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки	σ_p , МПа
НЦЭ	30—25	ПП-НС _ш 40	21
ПЭВП-УП ₃	39,2—14,7	ПП-НМН 50	21
САМ	26,5	ПМП	27,4—13,7
ПП-НС _ш 20	26	2 группа	20—11
ПП-НМН 30	28—24	ПТ-ДЭ	20
ПМП-А (сульфат бария и калия)	26	СЭП-УП	19,6
ПЭВП КН	34—17,6	ПЭВП-НСЛ 20	19,6
ФТ-Э	35—16	ПУР	27—10
ПА 6-НС _ш 50	25	ПЭВП-НК 30-20	18,1
ПМП-НТ 30	25	ПЭВП-НТ 30-15	17,6
ПП-НС _ш 30	24	ПЭВП-НМЛ 30-15	17,6—16,5
ПП-НМН 40-45	26—22	ПВХП	18,6—13,7
ПП-НТ 20, УП	24	ПЭНП-ЖС	13,7
СЭБ	24,5—22,5	ПЭНП-НАЭ 10	10,8
ПЭВП-НАЭ 10	23,5	СЭВ	11,5—10
УПС-УП ₃	26—20	1 группа	10—5
ПТ-МР, Э	23	ПЭНП	14,7—6,8
ПП-НМЛ 40	28—17	ПЭНП-НМЛ 30-15	9,8—6,8
ПЭВП	26—18	ПВХП-Э	9,8—6,5
БСПЭ	22,5—21,5	ПЭНП-НТ 30-15	8,8—6,8
УПС-УП ₄	21	ПЭНП-НСЛ 30-20	8,8—6,8
		ПВХВ-ВС	6—0,08
		ПС-ВС	4—1,5

2. При пониженной и повышенных температурах

Номер группы	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки
--------------	------------------	-----------------------

$T = -180 \div -80 \text{ } ^\circ\text{C}$

11	110—101	ПИ-А (графит 15)
10	100—91	ПИ-ТС
5	50—41	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)

$T = -60 \text{ } ^\circ\text{C}$

19	190—181	СФ-НС _у 26-25
18	180—171	ПК-НС 40
17	170—161	ПСФ-НС 40
16	160—151	ПЭНП-НС _у 10; СФ-НС 30
15	150—141	ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПК-НС 35-20
14	140—131	ПСФ-НС _у 10
13	130—121	ПСФ-НС 20; ПЭВП-НС _у 40
11	110—101	ПИ-А (графит 15); ПК-НС _к 30; ПК-НС 10
10	100—91	СФ; ПА 610; ПАР; ПЭВП-НС _у 30; ПСФ-НС 10; ПИ-ТС
9	90—81	ПММА; ПЭВП-НС _у 20; ПК-НС _к 20
8	80—71	ПК
7	70—61	ПТ
6	60—51	ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30
5	50—41	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
4	40—31	ПЭВП
3	30—21	ПЭНП

Номер группы	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки
$T = -40 \text{ } ^\circ\text{C}$		
25	300—281	ПА 6-НС 50
23	260—241	ПА 11-НС 43, А (графит); ПБТФ-НС 50-40
22	240—221	ПА 6-НС 35
21	220—201	ПЭИ-НС 30; ПБТФ-НС 30; ПА 6-НС 30
20	200—191	ПА 66-НС 50
19	190—181	ПА 11-НС 30
18	180—171	ПА 11-НС 23, А (графит); СФ-НС _у 26-25; ПБТФ-НС 20; ПЭИ-НС 20
17	170—161	ПА 66-НС 40-35; ПСФ-НС 40
16	160—151	ПК-НС 40
15	150—141	ПЭИ; ПА 12-НС 43, А (графит); ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 30; ПСФ-НС _у 20; ПБТФ-НС 15; ПА 6-НС 15
14	140—131	ПА 6; ПА 12-НС 30; СФ-НС 30; ПА 66-НС 30; ПСФ-НС _у 10
13	130—121	ПК-НС 35-20; ПБТФ-НС 10; ПСФ-НС 20
12	120—111	ПА 66-НС 25; ПЭВП-НС _у 40
11	110—101	ПИ-А (графит); ПА 66-НС 20
10	100—91	ПЭТФ; СФ; ПА 12-НС 23, А (графит); ПЭВП-НС _у 30; ПК-НС _к 30; ПСФ-НС 10; ПИ-ТС; ПК-НС 10
9	90—81	ПАР; ПА 610; ПММА; ПА 66
8	80—71	ПА 12; ПК; ПЭВП-НС _у 20; ПК-НС _к 20
7	70—61	ПИ; ПА 11; ПБТФ; ФТ; ПА 11-Э
6	60—51	ПА 12-НС _ш 50; ФТ-Э; ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30;
5	50—41	СЭП; ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
4	40—31	ПЭВП
3	30—21	ПЭНП

$T = -20 \text{ } ^\circ\text{C}$

22	240—221	ПЭТФ-НС 55; ПБТФ-НС 50-40; ПА 6-НС 50
21	220—201	ПЭТФ-НС 45-36; ПА 11-НС 43, А (графит)
20	200—191	ПА 6-НС 35; ПА 66-НС 50; ПЭИ-НС 30
19	190—181	ПЭТФ-НС 33
18	180—171	ПА 6-НС 30; ПЭТФ-НС 30
17	170—161	ПА 66-НС 40-35; ПА 6-НС 25; СФ-НС _у 26-25; ПЭИ-НС 20
16	160—151	ПЭНП-НС _у 40; ПБТФ-НС 30-20; ПСФ-НС 40;
15	150—141	ПА 11-НС 30; ПЭТФ-НС 20
14	140—131	ПА 11-НС 23, А (графит)
13	130—121	ПЭИ; ПК-НС 40; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС _у 20;
12	120—111	ПА 12-НС 43, А (графит); ПСФ-НС 30
11	110—101	ПА 66-НС 30; СФ-НС 30; ПСФ-НС _у 10; ПА 12-НС 30; ПБТФ-НС 15
10	100—91	ПА 6-НС 15; ПСФ-НС 20; ПА 66-НС 25; ПК-НС 35-20
9	90—81	ПА 6; ПБТФ-НС 10; ПИ-А (графит 15); ПЭВП-НС _у 40; ПА 66-НС 20; ПИ-ТС
8	80—71	ПЭТФ; ПАР; СФ; ПА 12-НС 23, А (графит); ПСФ-НС 10; ПЭНП-НС _у 10; ПК-НС _к 30;
7	70—61	ПЭВП-НС _у 30; ПК-НС 10
		ПА 610; ПА 66; ПММА
		ПК; ПА 12; ПА 11; ПЭВП ВМ; ФТ-ТВ; ПЭВП-НС _у 20;
		ПК-НС _к 20; ПА 11-Э

Продолжение табл. 6.6

Номер группы	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки
6	60—51	АБС; ПБТФ; ФТ; ПА 12-НС _ш 50
5	50—41	ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПЭВП-НС 30; ПЭВП-НС _у 15-10
4	40—31	СЭП; ФТ-Э
3	30—21	ПЭВП
2	20—11	ПЭНП
$T = 0^\circ C$		
22	220—211	ПЭТФ-НС 55
21	210—201	ПЭТФ-НС 45;
20	200—191	ПЭТФ-НС 36;
19	190—181	ПА 66-НС 50; ПБТФ-НС 50-40; ПА 6-НС 50
18	180—171	ПЭИ-НС 30; ПЭТФ-НС 33-30
17	170—161	ПА 11-НС 43, А (графит); ПА 66-НС 40-35
16	160—151	ПА 6-НС 35; СФ-НС _у 26-25
15	150—141	ПЭИ-НС 20; ПСФ-НС 40; ПЭТФ-НС 20; ПФО-НС 40; ПБТФ-НС 30
14	140—131	ПА 6-НС 30; ПБТФ-НС 20
13	130—121	ПЭИ; ПФО-НС 30; ПСФ-НС _у 20; ПК-НС 40; ПА 6-НС 25; ПА 11-НС 30; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 30; ПА 66-НС 30; ПА 12-НС 43, А (графит)
12	120—111	ПА 11-НС 23, А (графит); ПСФ-НС _у 10; СФ-НС 30; ПА 12-НС 30; ПА 66-НС 25; ПСФ-НС 20
11	110—101	ПК-НС 35-20; ПБТФ-НС 15; ПС-НС _у 40; ПФО-НС 20
10	100—91	ПЭНП-НС _у 40; ПИ-А (графит 15); ПА 66-НС 20; ПБТФ-НС 10; ПА 6-НС 15; ПС-НС _у 30; ПЭВП-НС _у 40
9	90—81	ПА 6; ПЭТФ; ПИ-ТС; ПП-НС _у 40; ПСФ-НС 10; ПА 12-НС 23, А (графит)
8	80—71	ПАР; СФ; ПС-НС _у 20; ПФО-НС 10; ПЭВП-НС _у 30; ПП-НС _у 20; ПК-НС _к 30; ПС-НС _к 20; ПК-НС 10
7	70—61	ПА 66; ПА 610; ПК; ПММА; ПА 11; ПФО; ПА 66-НС 13; ПЭВП-НС _у 20
6	60—51	ПА 12; ПВХВ; ПЭВП ВМ; ПК-НС _к 20; ПА 11-Э; ПС-НС _у 10; ПЭНП-НС _у 10; ПП-НС _у 10; ФТ-ТВ
5	50—41	ПБТФ; ФТ; АБС; ПС; ПП; ПА 12-НС _ш 50; ПЭВП-НС 30; ПЭВП-НС _у 15-10
4	40—31	СЭП; ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ФТ-Э
3	30—21	ПЭВП
2	20—11	ПЭНП
$T = 40^\circ C$		
18	180—171	ПЭТФ-НС 55-45;
17	170—161	ПЭТФ-НС 36;
16	160—151	ПА 66-НС 50; ПЭС-НС 40; ПЭИ-НС 30;
15	150—141	ПЭТФ-НС 33-30;
14	140—131	ПЭС-НС 30; ПСФ-НС 40; ПА 66-НС 40-35;
13	130—121	СФ-НС 26-25; ПЭТФ-НС 20; ПФО-НС 40; ПЭС-НС 20; ПЭИ-НС 20; ПБТФ-НС 50-40
12	120—111	ПСФ-НС _у 20; ПФО-НС 30; ПСФ-НС 30
11	110—101	ПК-НС 40; ПЭИ-НС 10; ПА 11-НС 43, А (графит); ПА 6-НС 50; ПА 66-НС 30; ПСФ-НС _у 10

Продолжение табл. 6.6

Номер группы	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки
10	100—91	ПЭИ; ПА 12-НС 43, А (графит); ПЭС-НС 10; ПСФ-НС 20; ПБТФ-НС 30-20; ПФО-НС 20; ПА 12-НС 30; СФ-НС 30; ПА 66-НС 25; ПИ-А (графит 15)
9	90—81	ПЭС; ПК-НС 35-20; ПС-НС _у 40; ПИ-ТС; ПА 6-НС 35; ПА 11-НС 30
8	80—71	ПА 11-НС 23, А (графит); ПА 6-НС 30-25; ПС-НС _у 30; ПА 66-НС 20; ПБТФ-НС 15; ПСФ-НС 10
7	70—61	ПАР; ПЭТФ; ПЭВП-НС _у 40; ПС-НС _у 20; ПА 12-НС 23, А (графит); ПБТФ-НС 10; ПФО-НС 10; ПК-НС _к 30; ПК-НС 10; ПС-НС _к 20; ПП-НС _у 40
6	60—51	ПА 66; СФ; ПК; ПСФ; ПА 11; ПЭВП-НС _у 30; ПА 66-НС 13; ПА 6-НС 15
5	50—41	ПА 610; ПА 6; ПА 12; ПММА; ПФО; ПС-НС _у 10; ПК-НС _к 20; ПА 11-Э; ПП-НС _у 20; ФТ-ТВ
4	40—31	ПВХВ; ПС; ПБТФ; АБС; ПЭВП ВМ; ПЭНП-НС _у 40; ПИ-А (графит 50, нитрид бора), ПА 12-НС _ш 50; ПП-НС _у 10; ПЭВП-НС 30; ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
3	30—21	ФТ; ПП; СЭП; ПЭНП-НС _у 10
2	20—11	ПЭВП; ФТ-Э
1	10—5	ПЭНП
$T = 60^\circ C$		
17	170—161	ПЭТФ-НС 55
15	150—141	ПЭТФ-НС 45; ПЭС-НС 40
14	140—131	ПЭТФ-НС 36; ПА 66-НС 50; ПЭИ-НС 30; ПЭС-НС 30
13	130—121	ПЭТФ-НС 33; ПСФ-НС 40; ПЭС-НС 20
12	120—111	ПЭТФ-НС 30; ПА 66-НС 40-35; ПФО-НС 40; ПЭИ-НС 20; ПСФ-НС _у 20
11	110—101	ПСФ-НС 30; ПФО-НС 30; СФ-НС _у 26-25; ПБТФ-НС 50-40
10	100—91	ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 40; ПЭС-НС 10; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 20; ПСФ-НС _у 10
9	90—81	ПЭИ; ПА 12-НС 43, А (графит); ПА 66-НС 30; ПИ-ТС; ПИ-А (графит 15); ПА 11-НС 43, А (графит); ПА 12-НС 30; ПК-НС 35-20
8	80—71	ПЭС; ПБТФ-НС 30-20; ПА 6-НС 50; ПФО-НС 20; СФ-НС 30; ПА 66-НС 25
7	70—61	ПАР; ПС-НС _у 40-30; ПСФ-НС 10; ПА 66-НС 20; ПА 6-НС 35; ПА 11-НС 30
6	60—51	ПК; ПЭТФ; ПСФ; ПА 12-НС 23, А (графит); ПК-НС 10; ПА 6-НС 30-25; ПА 11-НС 23, А (графит); ПС-НС _к 20; ПФО-НС 10; ПБТФ-НС 15-10; ПК-НС _к 30; ПЭВП-НС _у 40; ПС-НС _у 20; ПП-НС _у 40
5	50—41	ПА 66; СФ; ПА 11; ПА 12; ПА 6; ПЭВП-НС _у 30; ПА 66-НС 13; ПК-НС _к 20; ПА 11-Э; ФТ-ТВ; ПА 6-НС 15
4	40—31	ПА 610; ПФО; ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПС-НС _у 10; ПЭВП-НС _у 20; ПП-НС _у 20
3	30—21	ПБТФ; ПММА; ПС; АБС; ПЭВП ВМ; ПВХВ; ФТ; ПП; ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПЭНП-НС _у 40; ПП-НС _у 10; ПЭВП-НС 30; ПА 12-НС _ш 50; ПЭВП-НС _у 15-10

Продолжение табл. 6.6

Номер группы	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки
2 1	20—11 10—5	СЭП; ПЭВП; ПЭНП-НС _у 10; ФТ-Э ПЭНП
$T = 80^\circ\text{C}$		
15 14 13 12 11	150—141 140—131 130—121 120—111 110—101	ПЭС-НС 40 ПЭС-НС 30 ПЭС-НС 20; ПЭИ-НС 30 ПЭТФ-НС 55-45; ПСФ-НС 40; ПА 66-НС 50 ПЭТФ-НС 36; ПФО-НС 40; ПСФ-НС _у 20; ПЭИ-НС 20; ПСФ-НС 30
10	100—91	ПЭТФ-НС 33-30; ПА 66-НС 40-35; ПФО-НС 30; ПЭС-НС 10; ПСФ-НС _у 10
9	90—81	ПК-НС 40; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 20; СФ-НС _у 26-25; ПИ-А (графит 15); ПБТФ-НС 50-40; ПЭТФ-НС 20; ПИ-ТС
8	80—71	ПЭИ; ПЭС; ПА 12-НС 43, А (графит); ПА 66-НС 30; ПА 12-НС 30; ПК-НС 35-20; ПФО-НС 20
7	70—61	ПА 11-НС 43, А (графит); ПА 66-НС 25; ПСФ-НС 10; СФ-НС 30; ПБТФ-НС 30; ПА 6-НС 50
6	60—51	ПАР; ПСФ; ПБТФ-НС 20; ПА 66-НС 20; ПА 12-НС 23, А (графит); ПФО-НС 10; ПА 6-НС 35; ПА 11-НС 30; ПК-НС _к 30; ПК-НС 10
5	50—41	ПК; ПА 66; ПЭТФ; ПА 11; ПБТФ-НС 15-10; ПА 11-НС 23, А (графит); ПА 6-НС 30; ФТ-ТВ; ПС-НС _у 40; ПП-НС _у 40
4	40—31	СФ; ПА 12; ПА 610; ПЭВП-НС _у 30-20; ПК-НС _к 20; ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПА 11-Э; ПС-НС _у 30-20; ПА 6-НС 15
3	30—21	ПА 6; ФТ; ПЭВП-ВМ; ПБТФ; АБС; ПФО; ПП-НС _у 20-10; ПИ-ТС, А (графит 15); ПС-НС _к 20; ПЭНП-НС _у 40; ПС-НС _у 10; ПЭВП-НС _у 15-10; ПЭВП-НС 30; ПА 12-НС _ш 50
2 1	20—11 10—5	ПС; ПП; ФТ-Э; ПЭНП-НС _у 10 СЭП; ПВХВ
$T = 100^\circ\text{C}$		
14 13 12 11 10	140—131 130—121 120—111 110—101 100—91	ПЭС-НС 40; ПЭС-НС 30 ПЭС-НС 20; ПСФ-НС 40 ПЭИ-НС 30; ПСФ-НС 30 ПСФ-НС _у 20; ПЭТФ-НС 55-45; ПА 66-НС 50; ПФО-НС 40; ПЭС-НС 10; ПЭИ-НС 20
9	90—81	ПЭТФ-НС 36-33; ПФО-НС 30; ПСФ-НС 20; ПА 66-НС 40-35; ПИ-А (графит 15); ПСФ-НС _у 10
8	80—71	ПЭТФ-НС 30; ПИ-ТС; ПК-НС 40; ПЭИ-НС 10
7	70—61	ПЭС; ПЭИ; ПА 12-НС 43, А (графит); ПЭТФ-НС 20; ПФО-НС 20-10; ПК-НС 35-20; ПА 66-НС 30; ПА 12-НС 30;
6	60—51	ПБТФ-НС 50-30; ПА 66-НС 25; ПА 11-НС 23, А (графит)
5	50—41	ПАР; ПСФ; ПК; ПБТФ-НС 20; ПА 6-НС 50-35; ПА 66-НС 20; ПФО-НС 10; ПА 12-НС 43, А (графит); ПК-НС _к 30; ПК-НС 10; ФТ-ТВ; ПА 11-НС 30

Продолжение табл. 6.6

Номер группы	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки
4	40—31	ПА 66; ПЭТФ; ПА 12; ПБТФ-НС 15-10; ПК-НС _к 20; ПЭВП-НС _у 40-30; ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПА 11-НС 23, А (графит); ПА 6-НС 30-25; ПА 66-НС 13
3	30—21	ПА 610; ПТ; ПА 6; ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПЭВП-НС _у 20; ПА 6-НС 15; ПП-НС _у 40
2	20—11	ПБТФ; ФТ; ПП-НС _у 30—10; ПА 12-НС _ш 50; ФТ-Э; ПЭВП-НС _у 15-10
$T = 120^\circ\text{C}$		
13 12 11 10 9	130—121 120—111 110—101 100—91 90—81	ПЭС-НС 40 ПЭС-НС 30 ПЭС-НС 20; ПСФ-НС 40 ПЭИ-НС 30; ПСФ-НС _у 20 ПСФ-НС 30; ПЭИ-НС 20; ПЭТФ-НС 55; ПЭС-НС 10; ПСФ-НС _у 10
8	80—71	ПСФ-НС 20; ПЭТФ-НС 45-33; ПИ-А (графит 15); ПИ-ТС
7	70—61	ПЭС; ПЭИ-НС 10; ПА 66-НС 50-35; ПЭТФ-НС 30; ПК-НС 40
6	60—51	ПЭИ; ПСФ-НС 10; ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 35-20; ПА 66-НС 30
5	50—41	ПАР; ПБТФ-НС 30-20; ПА 6-НС 50
4	40—31	ПСФ; ПК; ПК-НС 10; ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПА 6-НС 35-30; ПБТФ-НС 15
3	30—21	ПЭТФ; ПА 610; ПБТФ-НС 10; ПА 6-НС 25-15; ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
2	20—11	ПБТФ; ПП-НС _у 40-30
$T = 140^\circ\text{C}$		
12 11 10 9 8 7	120—111 110—101 100—91 90—81 80—71 70—61	ПЭС-НС 40 ПЭС-НС 30 ПЭС-НС 20; ПСФ-НС 40 ПСФ-НС _у 20; ПЭИ-НС 30 ПСФ-НС 30; ПЭС-НС 10; ПСФ-НС _у 10; ПЭТФ-НС 55 ПСФ-НС 20; ПЭТФ-НС 45-33; ПЭИ-НС 20; ПИ-А (графит 15); ПИ-ТС
6	60—51	ПЭС; ПЭИ; ПЭИ-НС 10; ПЭТФ-НС 30; ПСФ-НС 10
5	50—41	ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 40
4	40—31	ПАР; ПСФ; ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПК-НС 35-20
3	30—21	ПЭТФ; ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПК-НС _к 30; ПК-НС 10
2	20—11	ПК
$T = 160^\circ\text{C}$		
11 10 9 8 7	110—101 100—91 90—81 80—71 70—61	ПЭС-НС 40 ПЭС-НС 30 ПЭС-НС 20 ПСФ-НС 40; ПЭИ-НС 30 ПЭИ-НС 20; ПЭТФ-НС 55-36; ПСФ-НС _у 20-10; ПСФ-НС 30; ПИ-А (графит 15); ПЭС-НС 10

Номер группы	σ_p , МПа	Пластмасса, тип марки
6	60—51	ПЭИ; ПЭТФ-НС 33-30; ПСФ-НС 20; ПИ-ТС; ПЭИ-НС 10
5	50—41	ПСФ-НС 10
4	40—31	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
3	30—21	ПАР; ПЭТФ; ПСФ; ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
$T = 180^\circ\text{C}$		
8	80—71	ПЭС-НС 40-30
7	70—61	ПЭС-НС 20; ПЭИ-НС 30
6	60—51	ПСФ-НС 40; ПЭС-НС; ПЭИ-НС; ПИ-А (графит 15); ПИ-ТС
5	50—41	ПЭИ; ПСФ-НС _y 20-10; ПСФ-НС 30-20; ПЭИ-НС 10
4	40—31	ПЭС; ПСФ-НС 10
3	30—21	ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
2	20—11	ПАР, ПСФ
$T = 200^\circ\text{C}$		
6	60—51	ПЭИ-НС 30-20
5	50—41	ПЭИ; ПИ-А (графит 15); ПИ-ТС; ПЭИ-НС 10
3	30—21	ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
$T = 220^\circ\text{C}$		
4	40—31	ПИ-ТС; ПИ-А (графит 15)
2	20—11	ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
$T = 240^\circ\text{C}$		
4	40—31	ПИ-ТС
3	30—21	ПИ-А (графит 15)
2	20—11	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
$T = 260^\circ\text{C}$		
3	30—21	ПИ-ТС
2	20—11	ПИ-А (графит 15)
1	10—5	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
$T = 280^\circ\text{C}$		
2	20—11	ПИ-ТС; ПИ-А (графит 15)
1	10—5	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПИ-А (графит 50, нитрид бора)

Примечание. Данные для ПА приведены для ϕ .В воздуха 50—60 %.

Таблица 6.7. Группы пластмасс по модулю упругости при растяжении E_p
1. При обычной температуре (20 °C)

Пластмасса, тип марки	E_p , МПа	Пластмасса, тип марки	E_p , МПа
35 группа	32 000—28 100	ПЭС-НС 30	8750—8400
ПИ-НС 30	31 500	САН-НС _y 20	8750—8400
34 группа	28 000—24 100	СФ-НС 30	10 000—7000
ПЭТФ-НУ _в 30	25 200	ПФО-НС 30	9000—8000
33 группа	24 000—20 100	ПЭТФ-НС 20	8500—8000
АБС-НУ _в 40	21 700	ПС-НС _y 20	8400—7700
ПАИ-НУ _в 30	22 500—20 300	25 группа	8000—7010
32 группа	20 000—18 100	ПК-НС 30	8000
ПБТФ-НУ _в 30	24 500—14 700	ПА 66-НС 35	9000—7000
АБС-НУ _в 30	20 300—15 750	ПФО-НУ _в	8000
31 группа	18 000—16 100	ПА 66-НС 30	8500—7000
ПЭС-НУ _в 30	20 300—14 840	ПСФ-НС _y 20	7700
30 группа	16 000—14 100	ПП-НСЛ 40	7700
ПАИ-НС 30	19 000—11 700	ПВХВ-НС _y 20	7700
ПСФ-НУ _в 30	15 050	ПСФ-НС 30	8400—6440
ПЭТФ-НС 45	14 600	ПБТФ-НС 20	8000—6300
29 группа	14 000—12 100	24 группа	7000—6010
ПСФ-НУ _в 20	14 000	ПА 6-НС 35	7000
ПЭС-НС 40	14 000	ПЭС-НС 20	7000
ПС-НС _y 40	14 000	ПАИ-А (ПТФЭ)	7900—6100
САН-НС _y 40	14 000—13 100	ПФО-НСЖ 25	7000
ПА 66-НС 50	14 000—13 000	ПП-НС _y 30	8400—5000
ПБТФ-НС, НМН 55	12 950	АБС-НС _y 30	7000—6370
АБС-НУ _в 20	12 600	ПФО-НС 20	6500
28 группа	12 000—10 100	ПБТФ-НС, НС _ш	6600—6300
ПЭТФ-НС 36	12 000	ПС-НС _y 10	6300
САН-НС _y 35	13 300—10 500	ПС-НС _н 20	6300
ПСФ-НС 40	11 900—11 760	ПА 66-НС 25	6600—5900
ПБТФ-НС 45-40	14 000—10 500	АБС-НС _y 20	6300—6020
ПБТФ-НС, НМН 45	11 000	ПВХВ-НС _y 15	6090
ПЭТФ-НС 30	12 000—9900	ПСФ-НС 20	6160—6000
САН-НС _y 20, НМН 10	10 570	23 группа	6000—5010
САН-НС _y 30	11 200—9800	ПК-НС 20	6000
САН-НС _y , НС _ш 35	10 500	ПА 6-НС 30	6000
ПА 6-НС 50	12 000—9000	ПА 12-НС 30	5900
ПБТФ-НС 30, ИСК	11 000—10 000	ПП-НС _y , НТ	5900
ПА 66-НС 40	10 200	ПП-НСЖ 40	5800
САН-НС _y 15, НМН 15	10 150	САН-НС _y 10	5600
27 группа	10 000—9010	ПП-НС _y , НМН	5600
ПК-НС 40	10 000	ПК-НС _y 30	5500
СФ-НС _y 26-25	10 500—9100	ПБТФ-НС 15	5500
ПК-НС 35	9500	ПСФ-НС _y 10	5250
ПБТФ-НС 30	10 500—8000	ПВХВ-НС _y 10	5250—4900
ПБТФ-НС, НМН 40	9240	ПБТФ-НС _ш 40	5040
ПИ-А (графит 50, нитрид бора)	9300—9000	ПМП-НС 30	5040
26 группа	9000—8010	22 группа	5000—4010
АБС-НС _y 40	9100—8820	ПА 6-НС 25	5000
ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)	10 000—8000	ПА 6-НС, НМН 40	5000
ПС-НС _y 30	9520—8400	ПАИ	4900
ПП-НС _y 40	10 500—7000	ПИ-А (графит 15)	6000—3780
		ПА 66-НС 20	5250—4500
		ПИ-ТС	5000—4500

Продолжение табл. 6.7

Пластмасса, тип марки	E_p , МПа	Пластмасса, тип марки	E_p , МПа
ПСФ-НС 10	4900—4200	ПП-НТ 20-10	2300
ПЭС-НС 10	4550	ПММА-УП ₁	2275
ФН-А (углеродное волокно)	4700—4400	ПК	2300—2200
ПА 6-НС 15	5500—3500	АБС/ПСФ	2240
ПА 6-НС 30, УП	5000—4100	АБС	2660—1820
ПП-НС _у 20	5100—3800	ПП-НС _ш 40	2240
АБС-НС _у 13-10	4690—4200	ПА 12-НС _ш 50	2200
ПБТФ-НС 10	4500—4100	ПА 12-ПР	2200
ФН	4400—4000	АБС/ПВХ	2310—2030
ПИ	4900—3500	ПП-НС _ш 30	2100
ПП-НС _у , НС _ш	4200	ПП-НМЛ 10	2100
ПП-НСЛ 25	4200	УПС-УП ₃	2100—1890
ПБТФ-НС _ш 30	4270—4000	16 группа	2000—1810
21 группа	4000—3610	ПК-УП _м , ХС	2000
ПА 6-НС, НМН 30	4000	ПАР-ПР	2000—1950
ПК-НС _р 20	3900	ПК-УП _м , УФ	1900
ПП-НС 20, ВС	3900	ПП-НС _ш 20	1900
ПА 6-НМН 30	5000—2700	15 группа	1800—1610
ПА 66-НМН 40	4500—3000	НЦЭ	1800
ПФО-НС 10	4000—3500	ПАР	1800—1750
20 группа	3600—3210	УПС-УП ₄	1700
ПК-НС 10	3500	14 группа	1600—1410
ПЭС-НСЖ 20	3500	ПП-ЖС	1760—1370
ФН-ЭП	3500	УПС-УП ₅	1600—1500
ПП-НМЛ 40	3500	ПП-НС _ш 10	1540
ПБТФ-НС _ш 20-10	3500—3400	ПММА-УП ₂	1540
ПВХВ	4200—2450	ПК-УП _м , ТС, ХС	1500
САН	3800—2800	ПА 66	1600—1400
ПП-НТ 40-30	3400—3200	АБС-ВС	1435
ПС	3500—3080	13 группа	1400—1210
СММА	3570—2900	ПА 610	1500—1200
19 группа	3200—2810	ПА 6	1700—950
ПП-НМЛ 30	3100	ПП	1540—1080
ПП-НС _у 10	3500—2500	ФТ	1580—981
ПП-НМН 20	3000	ПУР	2450—70
ПММА	3290—2660	12 группа	1200—1010
СММА-УП	3080—2590	ПА 12	1100
ПЭТФ-НС 10	2850—2800	11 группа	1000—901
18 группа	2800—2410	АБС/ПУР	1260—700
СФ	3200—2200	9 группа	800—701
ПП-НМЛ 20	2700	АК	800—700
ПМП-НСЛ 15	2940—2380	ПЭВП	750—610
АБС/ПК	2660—2450	8 группа	700—601
ПФО	2660—2400	ПА 6-УП _{м1}	700
ПА 6-НС _ш 50	2500	ПП-Э	700—650
УПС-УП ₁ ; УПС-УП ₂	2800—2200	7 группа	600—501
ПСФ	2480	ПА 6-Э	600
ПБТФ	2700—2200	ПА 12-Э ₁	600—550
ПЭС	2440	6 группа	500—401
17 группа	2400—2010	ПА 6-УП _{м2}	500
ПА 66-НС _ш 30	2400	ПА 12-Э ₂	500—480
ПЭТФ-ПР	2500—2200	ПА 6-УП _{м3}	450
		ФТ-Э	410

Продолжение табл. 6.7

Пластмасса, тип марки	E_p , МПа	Пластмасса, тип марки	E_p , МПа
5 группа	400—301	3 группа	200—101
ПА 12-Э ₃	400	ПА 12-Э ₄	200
4 группа	300—201	ПЭНП	218—88
ПА 12-УП, Э	250	1 группа	10—1,0
		ПВХП	2,8—2,1

2. При пониженных и повышенных температурах

Номер группы	$E_p \cdot 10^{-2}$, МПа	Пластмасса, тип марки
$T = -100^\circ\text{C}$		
31	180—161	ПСФ-НС 40
28	120—101	ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30
26	90—80,1	ПСФ-НС 20
25	80—70,1	ПСФ-НС _у 10
24	70—60,1	ПСФ-НС 10
20	36—32,1	ПСФ
$T = -80^\circ\text{C}$		
30	160—141	ПСФ-НС 40
28	120—101	ПСФ-НС _у 20
27	100—90,1	ПСФ-НС 30
26	90—80,1	ПСФ-НС 20
24	70—60,1	ПСФ-НС _у 10; ПСФ-НС 10
20	36—32,1	ПСФ
$T = -60^\circ\text{C}$		
30	160—141	ПСФ-НС 40
28	120—101	ПК-НС 40-35; ПСФ-НС _у 20
27	100—90,1	ПСФ-НС 30
26	90—80,1	ПК-НС 30
25	80—70,1	ПСФ-НС 20
24	70—60,1	ПСФ-НС 10; ПК-НС 20
23	60—50,1	ПК-НС _р 30; ПСФ-НС 10
22	50—40,1	ПК-НС _р 20
21	40—36,1	ПК-НС 10
20	36—32,1	ПСФ
18	28—24,1	ПК
$T = -40^\circ\text{C}$		
31	180—161	ПС-НС _у 40; ПЭТФ-НС 45
30	160—141	СФ-НС _у 26-25; ПСФ-НС 40; ПА 66-НС 50
29	140—121	ПЭТФ-НС 36-30; СФ-НС 30
28	120—101	ПА 6-НС 50; ПК-НС 40; ПА 66-НС 40; ПС-НС _у 30-20
27	100—90,1	ПК-НС 35; ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПЭТФ-НС 20
26	90—80,1	ПК-НС 30; ПА 66-НС 35-30; ПС-НС _у 10; ПС-НС _р 20
25	80—70,1	ПА 6-НС 35; ПСФ-НС 20
24	70—60,1	ПА 66-НС 25; ПСФ-НС _у 10; ПК-НС 20; ПА 6-НС 30
23	60—50,1	ПК-НС _р 30; ПСФ-НС 10; ПА 6-НС 25; ПА 66-НС 20

Продолжение табл. 6.7

Номер группы	$E_p \cdot 10^{-2}$, МПа	Пластмасса, тип марки
22	50—40,1	ПММА; СФ; ПС; ПА 6-НС 15; ПК-НС _к 20
21	40—36,1	ПК-НС 10
20	36—32,1	ПЭТФ-НС 10
19	32—28,1	ПСФ
18	28—24,1	ПК; АВС
15	18—16,1	ПА 66
$T = -20^\circ C$		
31	180—161	ПЭТФ-НС 45; ПС-НС _у 40
30	160—141	ПА 66-НС 50
29	140—121	ПЭТФ-НС 36-30; ПСФ-НС 40; СФ-НС _у 26-25
28	120—101	ПА 66-НС 40; СФ-НС 30; ПС-НС _у 30; ПК-НС 40
27	100—90,1	ПК-НС 35; ПЭТФ-НС 20; ПС-НС _у 20
26	90—80,1	ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПК-НС 30; ПА 66-НС 35-30
25	80—70,1	ПС-НС _у 10; ПС-НС _к 20; ПА 6-НС 35
24	70—60,1	ПСФ-НС 20; ПА 66-НС 25; ПК-НС 20; ПА 6-НС 30; ПСФ-НС _у 10
23	60—50,1	ПК-НС _к 30; ПА 6-НС 25; ПСФ-НС 10
22	50—40,1	ПММА; ПА 66-НС 20; ПА 6-НС 15; ПК-НС _к 20
21	40—36,1	СФ; ПС
20	36—32,1	ПК-НС 10; ПЭТФ-НС 10
19	32—28,1	ПСФ
18	28—24,1	ПК
17	24—20,1	АВС
14	16—14,1	ПА 66
$T = 0^\circ C$		
30	160—141	ПЭТФ-НС 45; ПС-НС _у 40
29	140—121	ПА 66-НС 50; ПБТФ-НС 45-40; ПП-НС _у 40; ПЭТФ-НС 36; ПСФ-НС 40
28	120—101	ПЭТФ-НС 30; СФ-НС _у 26-25; ПА 6-НС 50; ПА 66-НС 40; ПК-НС 40
27	100—90,1	ПБТФ-НС 30; ПС-НС _у 30; ПК-НС 35; СФ-НС 30
26	90—80,1	ПЭТФ-НС 20; ПС-НС _у 20; ПФО-НС 30; ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПА 66-НС 35; ПК-НС 30
25	80—70,1	ПА 66-НС 30; ПБТФ-НС 20; ПА 6-НС 35
24	70—60,1	ПС-НС _у 10; ПС-НС _к 20; ПП-НС _у 20; ПА 66-НС 25; ПСФ-НС 20; ПФО-НС 20; ПК-НС 20; ПА 6-НС 30
23	60—50,1	ПБТФ-НС 15; ПСФ-НС _у 10; ПК-НС _к 30; ПА 6-НС 25
22	50—40,1	ПСФ-НС 10; ПА 66-НС 20; ПБТФ-НС 10; ПА 6-НС 15; ПП-НС _у 10
21	40—36,1	ПС; СФ; ПК-НС _к 20; ПФО-НС 10
20	36—32,1	ПММА; ПК-НС 10
19	32—28,1	ПЭТФ-НС 10
18	28—24,1	ПСФ; ПБТФ; ПФО
17	24—20,1	ПК; АВС
14	16—14,1	ПА 66
$T = 40^\circ C$		
29	140—121	ПЭТФ-НС 45; ПС-НС _у 40; ПА 66-НС 50
28	120—101	ПБТФ-НС 45-40; ПСФ-НС 40; ПЭТФ-НС 36

Продолжение табл. 6.7

Номер группы	$E_p \cdot 10^{-2}$, МПа	Пластмасса, тип марки
27	100—90,1	ПК-НС 40-35; ПА 66-НС 40; ПЭТФ-НС 30; ПА 6-НС 50; ПИ-А (графит 50, нитрид бора); СФ-НС _у 26-25
26	90—80,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПБТФ-НС 30; ПФО-НС 30; СФ-НС 30; ПС-НС _у 30
25	80—70,1	ПК-НС 30; ПА 66-НС 35-30; ПЭТФ-НС 20; ПС-НС _у 20; ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30
24	70—60,1	ПБТФ-НС 20; ПФО-НС 20; ПП-НС _у 40; ПА 6-НС 35
23	60—50,1	ПК-НС 20; ПС-НС _у 10; ПС-НС _к 30; ПСФ-НС 20; ПА 66-НС 25; ПА 6-НС 30
22	50—40,1	ПБТФ-НС 15; ПСФ-НС _у 10; ПИ-А (графит 15); ПА 66-НС 20; ПА 6-НС 25; ПСФ-НС 10
21	40—36,1	ПА 6-НС 15; ПБТФ-НС 10; ПК-НС _к 20; ПФО-НС 10
20	36—32,1	ПК-НС 10
19	32—28,1	ПС; ПП-НС _у 20
18	28—24,1	СФ; ПФО
17	24—20,1	ПММА; ПБТФ; ПК; ПСФ; АВС; ПЭТФ-НС 10; ПП-НС _у 10
13	14—12,1	ПА 66
$T = 60^\circ C$		
28	120—101	ПА 66-НС 50; ПЭТФ-НС 45; ПСФ-НС 40; ПС-НС _у 40; ПБТФ-НС 45-40
27	100—90,1	ПК-НС 40-35; ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
26	90—80,1	ПЭТФ-НС 36; ПА 66-НС 40; ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПФО-НС 30; СФ-НС _у 26-25
25	80—70,1	ПЭТФ-НС 30; ПК-НС 30; ПБТФ-НС 30; СФ-НС 30
24	70—60,1	ПА 6-НС 50; ПСФ-НС _у 20; ПА 66-НС 35-30; ПС-НС _у 30; ПСФ-НС 30; ПФО-НС 20; ПЭТФ-НС 20
23	60—50,1	ПБТФ-НС 20; ПС-НС _у 20; ПК-НС 20; ПСФ-НС 20; ПК-НС _к 30
22	50—40,1	ПА 6-НС 35; ПС-НС _у 10; ПС-НС _к 20; ПСФ-НС _у 10; ПБТФ-НС 15; ПП-НС _у 40; ПА 66-НС 25-20; ПИ-А (графит 15)
21	40—36,1	ПА 6-НС 30; ПСФ-НС 10; ПК-НС _к 20; ПФО-НС 10
20	36—32,1	ПА 6-НС 25; ПК-НС 10
19	32—28,1	ПА 6-НС 15
18	28—24,1	ПФО
17	24—20,1	ПС; СФ; ПСФ; ПК; ПБТФ; ПП-НС _у 20
16	20—18,1	ПММА; ПЭТФ-НС 10
15	18—16,1	АВС
14	16—14,1	ПП-НС _у 10
12	12—10,1	ПА 66
$T = 80^\circ C$		
27	100—90,1	ПСФ-НС 40; ПК-НС 40-35; ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
26	90—80,1	ПБТФ-НС 45-40; ПА 66-НС 50; ПЭТФ-НС 45; ПФО-НС 30; ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
25	80—70,1	ПК-НС 30; СФ-НС _у 26-25
24	70—60,1	ПЭТФ-НС 36-30; ПБТФ-НС 30; ПА 66-НС 40; ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; СФ-НС 30; ПФО-НС 20
23	60—50,1	ПК-НС 20; ПБТФ-НС 20; ПСФ-НС 20; ПА 66-НС 35; ПК-НС _к 30

Продолжение табл. 6.7

Номер группы	$E_p \cdot 10^{-2}$, МПа	Пластмасса, тип марки
22	50—40,1	ПА 66-НС 30; ПЭТФ-НС 20; ПА 6-НС 50; ПСФ-НС _у 10; ПИ-А (графит 15)
21	40—36,1	ПБТФ-НС 15; ПСФ-НС 10; ПК-НС _ж 20
20	36—32,1	ПФО-НС 10; ПК-НС 10
19	32—28,1	ПА 66-НС 20; ПБТФ-НС 10; ПП-НС _у 40; ПА 6-НС 35
18	28—24,1	ПА 66-НС 35; ПА 6-НС 30
17	24—20,1	ПФО; ПСФ; ПК; ПА 6-НС 25
16	20—18,1	ПА 6-НС 15
15	18—16,1	ПБТФ
14	16—14,1	АБС; ПММА; СФ; ПП-НС _у 20; ПЭТФ-НС 10
12	12—10,1	ПП-НС _у 10
8	7—6,1	ПА 66
$T = 100^\circ C$		
27	100—90,1	ПСФ-НС 40; ПК-НС 40; ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
26	90—80,1	ПК-НС 35
25	80—70,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПБТФ-НС 45-40; ПФО-НС 30; ПК-НС 30
24	70—60,1	ПА 66-НС 50; ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПЭТФ-НС 45
23	60—50,1	ПБТФ-НС 30; ПФО-НС 20; ПК-НС 20; ПК-НС _ж 30; ПСФ-НС 20; ПЭТФ-НС 36
22	50—40,1	ПА 66-НС 40; ПЭТФ-НС 30; ПБТФ-НС 20; ПИ-А (графит 15)
21	40—36,1	ПА 66-НС 35-30; ПСФ-НС 10
20	36—32,1	ПК-НС _ж 20; ПЭТФ-НС 20; ПА 6-НС 50; ПБТФ-НС 15; ПФО-НС 10; ПК-НС 10
18	28—24,1	ПБТФ-НС 10
17	24—20,1	ПФО; ПСФ; ПА 66-НС 20; ПА 6-НС 35; ПП-НС _у 40
16	20—18,1	ПК; ПА 6-НС 30
15	18—16,1	ПА 66-НС 25; ПА 6-НС 25
14	16—14,1	ПА 6-НС 15
13	14—12,1	ПБТФ
12	12—10,1	ПП-НС _у 20
9	8—7,1	ПП-НС _у 10
5	5—4,1	ПА 66
$T = 120^\circ C$		
27	100—90,1	ПСФ-НС 40; ПК-НС 40; ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
26	90—80,1	ПК-НС 35
25	80—70,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПК-НС 30
24	70—60,1	ПБТФ-НС 45-40; ПФО-НС 30; ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30
23	60—50,1	ПК-НС 20; ПА 66-НС 50; ПФО-НС 20; ПЭТФ-НС 45; ПБТФ-НС 30
22	50—40,1	ПСФ-НС 20; ПК-НС _ж 30; ПСФ-НС _у 10; ПЭТФ-НС 36
21	40—36,1	ПА 66-НС 40; ПБТФ-НС 20; ПЭТФ-НС 30; ПИ-А (графит 15); ПСФ-НС 10
20	36—32,1	ПК-НС _ж 20
19	32—28,1	ПК-НС 10; ПА 66-НС 35-30; ПЭТФ-НС 20; ПБТФ-НС 15
18	28—24,1	ПА 6-НС 50
17	24—20,1	ПБТФ-НС 10

Продолжение табл. 6.7

Номер группы	$E_p \cdot 10^{-2}$, МПа	Пластмасса, тип марки
16	20—18,1	ПСФ; ПФО; ПК; ПА 66-НС 20
15	18—16,1	ПА 6-НС 35
14	16—14,1	ПА 66-НС 25; ПП-НС _у 40; ПА 6-НС 30
12	12—10,1	ПА 6-НС 25-15
10	9—8,1	ПБТФ; ПП-НС _у 20
6	5—4,1	ПА 66
$T = 140^\circ C$		
27	100—90,1	ПСФ-НС 40
26	90—80,1	ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПК-НС 40-35
25	80—70,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
24	70—60,1	ПК-НС 30
23	60—50,1	ПСФ-НС _у 20; ПСФ-НС 30; ПБТФ-НС 45-40; ПК-НС 20
22	50—40,1	ПФО-НС 30; ПСФ-НС 20; ПК-НС _ж 30; ПЭТФ-НС 45; ПБТФ-НС 30
21	40—36,1	ПСФ-НС _у 10; ПФО-НС 20
20	36—32,1	ПЭТФ-НС 36-30; ПИ-А (графит 15); ПСФ-НС 10; ПК-НС _ж 20
19	32—28,1	ПБТФ-НС 20; ПК-НС 10
18	28—24,1	ПЭТФ-НС 20; ПБТФ-НС 15
17	24—20,1	ПФО-НС 10
16	20—18,1	ПСФ; ПБТФ-НС 10
15	18—16,1	ПК
14	16—14,1	ПФО
8	7—6,1	ПБТФ
$T = 160^\circ C$		
26	90—80,1	ПК-НС 40; ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
25	80—70,1	ПК-НС 35; ПСФ-НС 40
24	70—60,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
22	50—40,1	ПСФ-НС _у 20; ПК-НС 20; ПСФ-НС 30; ПК-НС _ж 30; ПБТФ-НС 45-40
21	40—36,1	ПСФ-НС 20
20	36—32,1	ПСФ-НС _у 10
19	32—28,1	ПИ-А (графит 15); ПБТФ-НС 30; ПК-НС _ж 20
18	28—24,1	ПК-НС 10; ПСФ-НС 10
17	24—20,1	ПБТФ-НС 20
16	20—18,1	ПБТФ-НС 15
15	18—16,1	ПК
14	16—14,1	ПСФ; ПБТФ-НС 10
7	6—5,1	ПБТФ
$T = 180^\circ C$		
25	80—70,1	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
24	70—60,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
22	50—40,1	ПСФ-НС 40
19	32—28,1	ПБТФ-НС 45-40; ПСФ-НС 30; ПИ-А (графит 15); ПСФ-НС _у 20
18	28—24,1	ПСФ-НС 20
17	24—20,1	СФ-НС _у 10
15	18—16,1	ПСФ-НС 10; ПБТФ-НС 20

Продолжение табл. 6.7

Номер группы	$E_p \cdot 10^{-3}$, МПа	Пластмасса, тип марки
13	14—12,1	ПБТФ-НС 15
12	12—10,1	ПБТФ-10
11	10—9,1	ПСФ
$T = 200^\circ C$		
24	70—60,1	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
23	60—50,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
18	28—24,1	ПИ-А (графит 15)
$T = 220^\circ C$		
22	50—40,1	ПИ-А (графит 50, нитрид бора); ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
17	24—20,1	ПИ-А (графит 15)
$T = 240^\circ C$		
20	36—32,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора); ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
16	20—18,1	ПИ-А (графит 15)
$T = 260^\circ C$		
18	28—24,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
16	20—18,1	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
13	14—12,1	ПИ-А (графит 15)
$T = 280^\circ C$		
15	18—16,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
10	9—8,1	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
8	7—6,1	ПИ-А (графит 15)
$T = 300^\circ C$		
10	9—8,1	ПИ-ТС, А (графит 50, нитрид бора)
6	5—4,1	ПИ-А (графит 50, нитрид бора)
5	4—3,1	ПИ-А (графит 15)

Примечание. Данные для ПА приведены для O_2 в воздуха 50—60 %.

Таблица 6.8. Группы пластмасс по прочности при изгибе $\sigma_{из}$

1. При обычной температуре (20 °C)

Пластмасса, тип марки	$\sigma_{из}$, МПа	Пластмасса, тип марки	$\sigma_{из}$, МПа
28 группа	390—361	24 группа	280—261
ПИ-НС 30	392	ПЭТФ-НС 36	280
27 группа	360—331	ПСФ-НУ _в 30	308—234
ПАИ-НС 30	338—323	ПЭТФ-НУ _в 30	266
26 группа	330—301	ПБТФ-НС 50	266
ПЭТФ-НС 55	315	23 группа	260—241
25 группа	300—281	ПЭТФ-НС 33	250
ПЭТФ-НС 45	287	ПА 66-НС 50	250
		ПБТФ-НУ _в 30	280—210

Продолжение табл. 6.8

Пластмасса, тип марки	$\sigma_{из}$, МПа	Пластмасса, тип марки	$\sigma_{из}$, МПа
22 группа	240—221	15 группа	150—141
ПЭТФ-НС 30	238—230	СФ-НС 30	160—140
ПАИ	245—217	ПВХВ-НС _у 20	151—147
ПЭИ-НС 30	231	ПЭИ	147
ПБТФ-НС 45-40	245—210	ПЭТФ-НСЖ 20	147
ПА 6-НС 50	240—210	ПА 11-НС 30	146
ПЭС-НУ _в 30	252—196	ПСФ-НС 20	151—140
21 группа	220—201	ПС-НУ _в 30-20	150—140
ПА 66-НС 40	215	ПА 6-НС 30	150—140
ПЭС-НС 40	217—210	ПА 12-НС 43, А (графит)	141
ПЭИ-НС 20	210	14 группа	140—131
ПА 66-НС 35	210	ПА 66-НС 20	140
ПАИ-А (ПТФЭ)	218—189	ПБТФ-НС 15	140
20 группа	200—191	ПА 11-НС 23, А (графит)	140
СФ-НС _у 26-25	205—196	ПСФ-НС _у 10	140
ПА 66-НС 30	200—195	АБС-НС _у 40	144—134
ПЭС-НС 30	203—190	САН-НС _у 20	140—134
ПЭИ-НС 10	196	САН-НС _у 15, НМН 15	137
19 группа	190—181	ПФО-НС _у 20	140—134
ПБТФ-НС 30	220—160	13 группа	130—121
ПБТФ-НС, НМН 55	190	ПЭС	131—129
ПК-НС 40	190	ПК-НС _н 30	130
ПСФ-НУ _в 30	189	ПСФ-НС 10	133—126
ПСФ-НС 40	189—175	ПС-НС _у 40	133—123
ПЭС-НС 20	189—172	ПБТФ-НС, НМН 35	126
18 группа	180—171	САН-НС _у 10	126
ПА 11-НС 43, А (графит)	180	САН-НС _у , НС _ш 35	122
ПИ	200—150	АБС-НС _у 30	126—117
АБС-НУ _в 40	175	12 группа	120—111
ПФО-НС 40	175	ПММА	140—100
17 группа	170—161	ПК-НС 10	130—110
ПА 66-НС 25	170	ПК-НС _н 20	120
ПБТФ-НС 30, ИСК	180—160	ПА 12-НС 30	140—100
ПАЛИ-НС, НТ	190—150	САН-НС 30	120
АБС-НУ _в 30	168	АБС-НСЖ 40	119
ПФО-НУ _в	168	ПС-НС _у 30	123—113
ПСФ-НС _у 20	164	ПБТФ-НС 10	140—95
ПБТФ-НС 20	190—125	ПЭТФ	125—110
ПСФ-НС 30	168—157	ПФО-НС 10	120—110
ПБТФ-НС, НС _ш	217—105	АБС-НС _у 20	119—108
ПЭС-НС 10	161	ПВХВ-НС _у 10	112—110
АБС-НУ _в 20	161	11 группа	110—101
ПФО-НС 30	161—160	ПС-НС _у 20	116—105
16 группа	160—151	ПТ-НСЛ 25	110
ПК-НС 35	160	ПСФ	108—106
САН	170—150	СММА	111—101
САН-НС _у 40	168—147	ПТ-НСЛ 15	105
САН-НС _у 30	158—153	ПФО	110—100
ПЭТФ-НС 20	160—150	ПФО-НСЖ 25	105
ПК-НС 20	160—145	ПБТФ-НМН 25	105
ПЭТФ-НС, НСЛ 35	151	ПИ-А (графит 15)	126—80
САН-НС _у 20, НМН 15	151	АБС	105—98
ПБТФ-НС, НМН 40	161—140		

Продолжение табл. 6.8

Пластмасса, тип марки	$\sigma_{н}$, МПа	Пластмасса, тип марки	$\sigma_{н}$, МПа
10 группа	100—91	ПА 6-НМН 30	60
ПБО	100	ПК-УП _м , ТС, ХС	60
САМ	100	ПП-НС _у , НМН	61—56
ПА 6-НС 20	100	ПП-НС _л 25-20	60—56
ПС-НС _у 10	99	ПП-НТ 40	60—56
ПТ-НС 10	99	ПА 66	65—50
ПИ-А (графит 40)	98	ПА 12	65—50
СФ	99—91	ПП-НС _у 10	59—53
МС	100—90	ПП-НТ 30-20	56—49
САН	110—80	5 группа	50—41
ПТ-ЭП (графит 15)	94	ПА 6	55—45
ПА 12-НС 23, А (графит)	93	ПП-НТ 10	52—47
ПК	100—85	ПП-НС 20, ВС	46
ПАР	105—80	ПП	49—42
ПАЛИ	95—90	ПА 610	45
ПБТФ-НС _ш 40-30	95—87	АБС/ПК	45
ПБТФ-НС _ш 20	100—82	ФТ	49—41
9 группа	90—81	ПМП-НС _л 15	49—40
ПК-УП _м , ХС	90	ПП-НМН 50-10	53—35
ПВХВ	105—70	АБС-УП ₁	45—40
ПП-НС _у 40	91—84	АБС-ВС	55—29
ПБТФ-НМН 10	87	ПМП-НТ 30	41
МС-УП	101—68	ПМП-А (сульфат бария и калия)	41
ПФО-ВС	84	4 группа	40—31
ПП-НС _у 20, ЭП (сажа 15)	84	УПС-УП ₁	45—35
ПБТФ-НС _ш 10	84—82	ПП-НМЛ 40-10	49—28
ПЭТФ-ПР	85—80	АБС-УП ₂	45—30
8 группа	80—71	НЦЭ	40—35
ПК-УП _м , УФ	80	ПП-НС _ш 20-10	36—34
ФТ-ТВ	98—59	ПУР	63—5
ПБТФ	85—70	ПП-НС _ш 40-30	34—31
АБС/ПСФ	77	ПА 11-Э	37—27
ПА 11-НС _ш 30	76	3 группа	30—21
ПА 66-НМН 40	75	ПА 6-Э	30
ПП-НС _у , НТ	77—70	ПЭВП	38—20
ПММА-УП ₁	73	ПМП	36—18
ПТ	85—60	ПА 6-УП _{м1}	25
ПА 12-НС _ш 50—30	80—65	АБС/ПУР	39—11
7 группа	70—61	ПП-НСЖ 40	24
АБС/ПВХ	77—63	ПА 12-Э ₂	25—22
ПП-НС _у 30	70—66	2 группа	20—11
ПП-НС _л 40	81—56	ПА 12-Э ₃	20
ПА 11	67	ПА 6-УП _{м2} , УП _{м3}	20
ПМП-НС 30	66	ПА 12-Э ₄	20—10
ПФО-ДЭ	80—50	ПЭНП	17—12
ПП-НС _л 30	77—53	ФТ-Э	20—7
ПП-НС _у , НС _ш	63	1 группа	10—5
ПП-НС _у 20	66—57	ПС-ВС	2,9—0,07
6 группа	60—51		
ПОД	60		

Продолжение табл. 6.8

2. При пониженных и повышенных температурах

Номер группы	$\sigma_{н}$, МПа	Пластмасса, тип марки
T = -60 °C		
23	260—241	ПММА
22	240—221	ПК-НС 40
21	220—201	ПК-НС 35
20	200—191	ПК-НС 20
17	170—161	ПК-НС _к 30
16	160—151	ПК-НС 10; ПК-НС _к 20
11	110—101	ПК
T = -40 °C		
22	240—221	ПК-НС 40
21	220—201	ПММА
20	200—191	ПФО-НС 40
19	190—181	ФН; ПК-НС 35; ПФО-НС 30; ПК-НС 20
16	160—151	ПК-НС _к 30; ПФО-НС 20
15	150—141	ПК-НС 10; ПК-НС _к 20
14	140—131	ПФО-НС 10
12	120—111	ПФО
11	110—101	ПК
T = -20 °C		
21	220—201	ПК-НС 40
19	190—181	ФН; ПММА; ПФО-НС 40; ПК-НС 35
18	180—171	ПФО-НС 30; ПК-НС 20
15	150—141	ПК-НС _к 30; ПФО-НС 20
14	140—131	ПК-НС _к 20; ПК-НС 10
13	130—121	ПФО-НС 10
12	120—111	ПФО
10	100—91	ПК
T = 0 °C		
23	260—241	ПА 6-НС 50
21	220—201	ПК-НС 40
19	190—181	ПФО-НС 40
18	180—171	ПК-НС 35; ПФО-НС 30
17	170—161	ФН; ПК-НС 20
16	160—151	ПА 6-НС 30
15	150—141	ПММА; ПФО-НС 20
14	140—131	ПК-НС _к 30
13	130—121	ПК-НС _к 20; ПК-НС 10; ПФО-НС 10
12	120—111	АБС
11	110—101	ПФО; ПА 6-НС 20
10	100—91	ПК
T = 40 °C		
24	280—261	ПЭТФ-НС 55
23	260—241	ПЭТФ-НС 45—36
22	240—221	ПБТФ-НС 50; ПЭТФ-НС 33
21	220—201	ПЭТФ-НС 30; ПА 6-НС 50
20	200—191	ПБТФ-НС 45-40

Продолжение табл. 6.8

Номер группы	$\sigma_{н}$, МПа	Пластмасса, тип марки
18	180—171	ПК-НС 40
17	170—161	ПБТФ-НС 30
16	160—151	ФН; ПФО-НС 40
15	150—151	ПФО-НС 30; ПК-НС 35
14	140—131	ПК-НС 20; ПЭТФ-НС 20; ПБТФ-НС 20
13	130—121	ПА6-НС 30; ПФО-НС 20
12	120—111	ПК-НС _к 30
11	110—101	ПК-НС 10; ПК-НС _к 20; ПФО-НС 10
10	100—91	ПФО; ПММА; ПБТФ-НС 15
9	90—81	АБС; ПА6-НС 20; ПБТФ-НС 10
8	80—71	ПК
$T = 60^\circ\text{C}$		
23	260—241	ПЭТФ-НС 55
22	240—221	ПЭТФ-НС 45-36
21	220—201	ПЭТФ-НС 33
20	200—191	ПБТФ-НС 50; ПЭТФ-НС 30
19	190—181	ПА 6-НС 50
17	170—161	ПБТФ-НС 45-40
16	160—151	ПК-НС 40
15	150—141	ФН; ПФО-НС 40
14	140—131	ПБТФ-НС 30; ПФО-НС 30; ПК-НС 35
13	130—121	ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 20
12	120—111	ПА 6-НС 30; ПБТФ-НС 20; ПФО-НС 20
11	110—101	ПК-НС _к 30-20; ПК-НС 10
10	100—91	ПФО-НС 10
9	90—81	ПБТФ-НС 15; ПА 6-НС 20
8	80—71	ПММА; ПФО; ПК; ПБТФ-НС 10
7	70—61	АБС
$T = 80^\circ\text{C}$		
22	240—221	ПЭТФ-НС 55
21	220—201	ПЭТФ-НС 45-36
19	190—181	ПЭТФ-НС 33
18	180—171	ПЭТФ-НС 30; ПБТФ-НС 50; ПА 6-НС 50
16	160—151	ПБТФ-НС 45-40
15	150—141	ПК-НС 40
14	140—131	ФН
13	130—121	ПБТФ-НС 30; ПФО-НС 40; ПК-НС 35
12	120—111	ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 20; ПФО-НС 30
11	110—101	ПА6-НС 30; ПБТФ-НС 20
10	100—91	ПК-НС _к 30-20; ПФО-НС 20; ПК-НС 10
9	90—81	ПФО-НС 10
8	80—71	ПБТФ-НС 15; ПА 6-НС 20
7	70—61	ПФО; ПБТФ-НС 10
6	60—51	ПК
5	50—41	ПММА
$T = 100^\circ\text{C}$		
21	220—201	ПЭТФ-НС 55
19	190—181	ПЭТФ-НС 45-36
17	170—161	ПЭТФ-НС 33
16	160—151	ПБТФ-НС 50; ПА 6-НС 50; ПЭТФ-НС 30

Продолжение табл. 6.8

Номер группы	$\sigma_{н}$, МПа	Пластмасса, тип марки
14	140—131	ПБТФ-НС 45-40
13	130—121	ФН
12	120—111	ПБТФ-НС 30; ПК-НС 40
11	110—101	ПФО-НС 40
10	100—91	ПА 6-НС 30; ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 35-20; ПФО-НС 30
		ПБТФ-НС 20
9	90—81	ПФО-НС 20
8	80—71	ПК-НС _к 30-20; ПК-НС 10
7	70—61	ПБТФ-НС 15-10; ПФО-НС 10; ПА 6-НС 20
5	50—41	ПФО
4	40—31	ПК
$T = 120^\circ\text{C}$		
15	150—141	ПЭТФ-НС 55; ПБТФ-НС 50; ПА 6-НС 50
13	130—121	ФН; ПЭТФ-НС 45-36; ПБТФ-НС 45-40
12	120—111	ПЭТФ-НС 33
11	110—101	ПЭТФ-НС 30; ПБТФ-НС 30
9	90—81	ПБТФ-НС 20; ПК-НС 40; ПА 6-НС 30
8	80—71	ПК-НС 35
7	70—61	ПЭТФ-НС 20; ПК-НС 20; ПБТФ-НС 15; ПА 6-НС 20
6	60—51	ПК-НС _к 30-20; ПК-НС 10; ПБТФ-НС 10
2	20—11	ПК
$T = 140^\circ\text{C}$		
14	140—131	ПБТФ-НС 50
13	130—121	ПЭТФ-НС 55; ПА 6-НС 50
12	120—111	ФН; ПЭТФ-НС 45; ПБТФ-НС 45-40
11	110—101	ПБТФ-НС 36
10	100—91	ПЭТФ-НС 33-30; ПБТФ-НС 30
9	90—81	ПА 6-НС 30
8	80—71	ПБТФ-НС 20
6	60—51	ПЭТФ-НС 20; ПБТФ-НС 15-10; ПА 6-НС 20
3	30—21	ПК-НС 40-20; ПК-НС _к 30
2	20—11	ПК-НС _к 20; ПК-НС 10
$T = 160^\circ\text{C}$		
12	120—111	ПА 6-НС 50
11	110—101	ФН; ПЭТФ-НС 55
10	100—91	ПЭТФ-НС 45-36
9	90—81	ПЭТФ-НС 33-30
8	80—71	ПА 6-НС 30
6	60—51	ПЭТФ-НС 20; ПА 6-НС 20
$T = 180-200^\circ\text{C}$		
11	110—101	ПЭТФ-НС 55
10	100—91	ПЭТФ-НС 45-36
9	90—81	ПЭТФ-НС 33
8	80—71	ПЭТФ-НС 30
6	60—51	ПЭТФ-НС 20

Примечание. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

Таблица 6.9. Группы пластмасс по модулю упругости при изгибе E_H

1. При обычных температурах (20 °С)

Пластмасса, тип марки	E_H , МПа	Пластмасса, тип марки	E_H , МПа
34 группа	28 000—24 100	САН-НС _У 20	8500—7000
ПИ-НС 30	26 880	ПК-НС 30	8500—7000
ПСФ-НУ _В 30	30 800—22 900	ПСФ-НС 30	8400—7000
32 группа	20 000—18 100	ПП-НСЖ 40	7700
АБС-НУ _В 40	19 600	ПФО-НУ _В	7700
ПАИ-НУ _В 30	19 530	ПА 66-НС 40	7700
ПС-НУ _В 30	19 250	ПП-НС _У 40	9100—6200
ПСФ-НУ _В 20	18 900	ПВХВ-НС _У 20	7700—7000
ПЭТФ-НС 55	18 900	АБС-НС _У 30	7700—6500
ПЭТФ-НУ _В 30	18 900	24 группа	7000—6010
30 группа	16 000—14 100	ПП-НСЛ _У 40	7000
ПЭС-НУ _В 30	17 500—14 000	ПК-НС _К 30	8000—6000
АБС-НУ _В 30	16 100—15 100	ПАИ-А	7420—6370
ПБТФ-НС 50	15 400	ПС-НС _У 20	7000—6650
ПЭТФ-НС, НСЛ 35	14 500	ПП-НСЛ 50	6800
29 группа	14 000—12 100	ПС-НС _К 20	6650
ПЭТФ-НС 45	14 000	ПСФ-НС _У 20	6650
ПС-НУ _В 20	13 300	ПЭВП-НС _У 40	7700—5600
ПБТФ-НС, НМН 55	12 950	ПБТФ-НС 20	7000—5600
САН-НС _У 40	13 090—12 600	ПЭИ-НС 20	6300
28 группа	12 000—10 100	ПА 612-НС _К 33, УП	6200
ПЭТФ-НС 36	12 000	ПЭС-НС 20	6300—5900
САН-НС _У 35	11 900	ПК-НС 20	6500—5600
ПАИ-НС 30	11 900	ПЭС-НУ _В 20	6020
АБС-НУ _В 20	11 900	23 группа	6000—5010
ПЭТФ-НС 33	11 500	ПА 66-НС 35	6000
ПСФ-НС 40	11 200	ПС-НС _У 10	5950
ПЭС-НС 40	11 200	ПП-НС _У 30	7000—4900
АБС-НСЖ 40	11 200	ПБТФ-НС, НС _Ш 30	5900
САН-НС _У 20, НМН 10	10 150	ПА 66-НС 30-25	5900—5800
27 группа	10 000—9 010	ПЭНП-НС _У 40	5740
ПА 66-НС 50	10 000	ПЭВП-НС _У 30	6300—4970
ПЭТФ-НС 30	10 600—9 100	ПФО-НС 20	6000—5250
САН-НС _У 15, НМН 15	9 800	ПФО-НСЖ 25	5600
ПП-НСЛ _У 50	9 800	ПБТФ-НС, НМН 35	5600
ПБТФ-НС 40	10 500—9 100	АБС-НС _У 20	6000—4900
ПС-НС _У 40	11 200—8 200	ПСФ-НС 20	5950—4900
САН-НС _У 30	10 500—8 750	ПА 12-НС 43, А (графит)	5350
ПБТФ-НС, НМН 45-40	9 100	САН-НС _У 10	5250
26 группа	9 000—8 010	ПП-НСЛ 40	6300—4200
ПСФ-НС 30, А (ТФЭ)	8 750	ПВХВ-НС _У 15	5250
ПФО-НС 40	8 750	ПК-НС _К 20	6000—4500
ПС-НС _У 30	8 800—8 400	ПБТФ-НС 30, УП	5250
ПБТФ-НС 30	9 500—7 700	ПП-НСЛ 30	5100
ПА 612-НС _К 43, УП	8 600	22 группа	5000—4010
ПЭС-НС 30	8 400	ПБТФ-НС 15	5250—4700
ПЭИ-НС 30	8 400	ПИ-А (графит 40)	4900
АБС-НС _У 40	8 800—7 700	ПП-НА 40	4900
25 группа	8 000—7 010	ПБТФ-НС _Ш 40	4760
САН-НС _У , НС _Ш 35	7 980	ПВХВ-НС _У 10	4900—4550
ПФО-НС 30	8 000—7 700	ПП-НС _У , НТ	4600
ПЭТФ-НС 20	8 000—7 600		

Продолжение табл. 6.9

Пластмасса, тип марки	E_H , МПа	Пластмасса, тип марки	E_H , МПа
ПСФ-НС _У 10	4550	18 группа	2800—2410
ПА 66-НМН 40	4500	ПВХВ	3500—2100
ПЭИ-НС 10	4500	ПСФ	2730
ПП-НТ 40	4400—4200	ПП-НМЛ 40	3000—2400
ПСФ-НС 10	4200	ПП-НМЛ 30	2700
ПЭС-НС 10	4200	ПП-НТ 20	3200—2200
ПА 6-НС 30	4900—3500	ПБТФ-НМН 10	2700
ПБТФ-НС 10	4200	ПЭС	2600
ПАИ	5170—3220	СММА-УП	2870—2240
ПП-НС _У 20	4800—3500	ПП-НМН 40-30	3100—2000
ПБТФ-НС _Ш 30	4130	ПФО	2700—2400
ПА 11-НС 43, А (графит)	4100	УПС-УП ₁	2900—2100
ПП-НС _У , НМН	4400—3800	АБС/ПК	2660—2240
ПП-НСЛ 30	4100	ПК	2500—2400
АБС-НС _У 13-10	4600—3500	ПТ-НСЛ 15	2420
21 группа	4000—3610	17 группа	2400—2010
ПИ	4900—3080	ПА 66-НС 13	2400
ПЭВП-НС _У 20	4340—3500	ПБТФ	2600—2200
ПП-НСЛ 25	3900	ПП-НМН 20-10	2700—1800
ПФО-НС 10	4000—3500	ПАР	2240—2170
ПК-НС 10	3800—3700	МСН	2200
ПВО	3800—3500	ПЭТФ-ПР	2200
ПИ-А (графит 15)	3700—3535	ПТ-ЭП (графит 15)	2200
20 группа	3600—3210	ПТ-НС 10	2107
ПА 66-НС 20	3800—3400	16 группа	2000—1810
САН	3675—3500	МС	2000
ПА 12-НС 30	3850—3300	ПП-НС _Ш 40	2000
ПК-НС _К 10	3800—3200	ПК-УП _М , УФ	2000
ПБТФ-НС _Ш 20	3500	УПС-УП ₂ ; УПС-УП ₃	2000—1900
ПБТФ-НМН 25	3500	ПАР-УП (ПЭТФ)	2010—1880
ПП-НТ 30	3800—3000	ПП-НТ 10	1900
ПЭИ	3300	ПА 66-НС _Ш 30	1900
СММА	3500—3080	ПК-УП _М , ХС	1900
ПТ-НСЛ 25	3260	ПАР-ПР	1880
19 группа	3200—2810	УПС-УП ₄ ; УПС-УП ₅	2100—1600
ПА 11-НС 30	3200	ФТ-ТВ	2540—1138
ПП-НС _У 10	3800—2600	15 группа	1800—1610
ПС	3500—2800	АБС-УП ₁	2000—1500
ПП-НС _У , НС _Ш	3100	ПА 12-НС _Ш 50	1750
ПП-НС 30	3332—2842	ПП-НС _Ш 30	1700
ПЭТФ	3500—2500	ПП-НМЛ 10	1700
ПА 6-НС 30, УП	3000	ПС-ВС	1680
ПП-НМН 50-45	3100—2800	АБС-ВС	1890—1470
ПБТФ-НС _Ш 10	2940	ПМП	1860—1470
ПА 11-НС 23, А (графит)	2900	14 группа	1600—1410
ПП-НС 20, ВС	2900	ПК-УП _М , ТС, ХС	1550
СФ	2880	ПАР-ХС (ПА 6)	1500
ПА 12-НС 23, А (графит)	2850	ПП-НС _Ш 20	1500
ПММА	3010—2660	АЦЭ	2000—1000
		ПП	1900—1050
		13 группа	1400—1210
		АБС-УП ₂ ; АБС-УП ₃ ;	1800—1000
		АБС-УП ₄	

Продолжение табл. 6.9

Пластмасса, тип марки	E_H , МПа	Пластмасса, тип марки	E_H , МПа
ФТ-ЭП (бронза 60)	1400	ПЭВП	760—650
ФТ	1370	8 группа	700—610
БСПЭ	1470—1170	ПЭВП-УП ₂	686—539
ПП-НС _ш 10	1300	7 группа	600—510
ПА 11-НС _ш 30	1280	ПА 6-УП _{М1}	600
ПУР	2450—700	ПЭВП ВМ	539
ПА 612	1240	ФТ-Э	834—196
ПА 11-А (графит)	1260—1200	6 группа	500—410
ПА 66	1550—860	ПА 6-УП _{М2}	500
12 группа	1200—1010	ПЭВП-УП ₁	470
ПА 6-НС _ш 50	1200	ПА 12-Э ₁	500—420
ПА 11-А (МоS ₂)	1160	ПА 11-Э	500—350
ФТ-А (кокс 25)	1120	СЭВ	442—392
ПЭВП-НК 30	1127—1078	ПТ-Э	436—400
ПА 6	1370—800	5 группа	400—310
ПП-Э	1400—700	ПА 6-УП _{М3}	400
ПТ	1200—900	ПЭНП-НСЛ 30	392—333
11 группа	1000—910	ПА 12-Э ₂	360—340
ПА 12	1100—900	ПЭНП-НТ 30-20	343—294
ПА 11	1000	4 группа	300—210
ПЭВП-НСЛ 20	1078—902	ПЭНП-НСЛ 20	274—255
ПП-УП ₂	980	ПА 12-Э ₃	260—250
ПЭВП-НМЛ 30	980	СЭП	323—150
ПЭВП-НК 20	980—882	ПА 12-УП, Э	215
10 группа	900—810	3 группа	200—110
ПЭВП-НТ 20	931—833	ПЭНП-НМЛ 30	205—196
АБЦЭ	1200—500	ПЭНП-НМЛ 20	206—186
ПЭВП КН	931—735	ПЭНП-НАЭ 10	206—186
ПЭВП-НМЛ 20	882—784	ПЭНП	250—140
ПЭВП-НАЭ 10	882—784	ПЭНП-НТ 15	186—167
ПЭВП-НТ 15	843—784	ПЭНП-НМЛ 15	181—162
9 группа	800—710	ПА 12-Э ₄	140
ПЭВП-НМЛ 15	784—735		

2. При пониженных и повышенных температурах

Номер группы	$E_H \cdot 10^{-2}$, МПа	Пластмасса, тип марки
$T = -60^\circ C$		
31	180—161	ПБТФ-НС 50
28	120—101	ПБТФ-НС 40
27	100—90,5	ПБТФ-НС 30
24	70—60,1	ПБТФ-НС 20
23	60—50,1	ПБТФ-НС 15
22	50—40,1	ПБТФ-НС 10
21	40—36,1	ФТ-ТВ
20	36—32,1	ПЭВП
18	28—24,1	ФТ; ПБТФ
14	16—14,1	ФТ-Э

Продолжение табл. 6.9

Номер группы	$E_H \cdot 10^{-2}$, МПа	Пластмасса, тип марки
$T = -40^\circ C$		
31	180—161	ПБТФ-НС 50
28	120—101	ПА 11-НС 30; ПБТФ-НС 30
27	100—90,1	ПЭИ-НС 30; ПБТФ-НС 30
25	80—70,1	ПК-НС 30
24	70—60,1	ПЭИ-НС 20; ПБТФ-НС 20; ПК-НС 20
23	60—50,1	ПА 12-НС 43, А (графит); ПК-НС _к 20; ПБТФ-НС 15
22	50—40,1	ПЭИ-НС 10
20	40—36,1	ПЭИ; ПБТФ-НС 10
19	36—32,1	ПК-НС 10; ПА 12-НС 30
18	32—28,1	ПК-НС _к 10
17	28—24,1	ПЭВП КН; ПА 12 НС 23, А (графит)
16	24—20,1	ПЭВП; ПК; ПБТФ
14	16—14,1	ФТ ПА 12
$T = -20^\circ C$		
31	180—161	ПБТФ-НС 50
28	120—101	ПБТФ-НС 40
27	100—90,1	ПФО-НС 40; ПЭИ-НС 30; ПБТФ-НС 30
26	90—80,1	ПФО-НС 30
25	80—70,1	ПК-НС 30; ПА 11-НС 30
24	70—60,1	ПЭИ-НС 20; ПБТФ-НС 20; ПК-НС 20
23	60—50,1	ПФО-НС 20; ПА 12-НС 43, А (графит); ПК-НС _к 20; ПБТФ-НС 15
22	50—40,1	ПЭИ-НС 10; ПБТФ-НС 10; ПФО-НС 10
21	40—36,1	ПЭИ; ПК-НС 10; ПА 12-НС 30
20	36—32,1	ПК-НС _к 10
19	32—28,1	ПА 12-НС 23, А (графит)
18	28—24,1	ПФО; ПА 66; ПК; ПБТФ
16	20—18,1	ПЭВП; ФТ
14	16—14,1	ПА 12
$T = 0^\circ C$		
31	180—171	ПБТФ-НС 50
28	120—101	ПБТФ-НС 40
27	100—90,1	ПБТФ-НС 30
26	90—80,1	ПФО-НС 40-30; ПЭИ-НС 30
25	80—70,1	ПК-НС 30
24	70—60,1	ПБТФ-НС 20; ПК-НС 20
23	60—50,1	ПФО-НС 20; ПА 12-НС 43, А (графит); ПЭИ-НС 20; ПК-НС _к 20; ПБТФ-НС 15
22	50—40,1	ПА 11-НС 30; ПЭИ-НС 10; ПБТФ-НС 10
21	40—36,1	ПФО-НС 10; ПК-НС 10; ПА 12-НС 30
20	36—32,1	ПЭИ; ПК-НС 10
19	32—28,1	ПА 12-НС 23, А (графит)
18	28—24,1	ПСФ; ПФО; ПК; ПБТФ
16	20—18,1	АБС-УП ₁
15	18—16,1	ПА 66; ФТ
13	14—12,1	ПЭВП; ПА 12

Продолжение табл. 6.9

Номер группы	$E_H \cdot 10^{-3}$, МПа	Пластмасса, тип марки
$T = 40^\circ\text{C}$		
28	120—101	ПБТФ-НС 50; ПСФ-НС 40
26	90—80,1	ПФО-НС 40; ПЭИ-НС 30
25	80—70,1	ПК-НС 30; ПФО-НС 30; ПСФ-НС 30; ПБТФ-НС 40
24	70—60,1	ПК-НС _к 30; ПСФ-НС _у 20; ПБТФ-НС 30
23	60—50,1	ПЭИ-НС 20; ПК-НС 20; ПФО-НС 20; ПСФ-НС 20; ПА 12-НС 43, А (графит)
22	50—40,1	ПБТФ-НС 20; ПСФ-НС _у 10; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 10
21	40—36,1	ПБТФ-НС 15; ПК-НС 10
20	36—32,1	ПФО-НС 10; ПК-НС _к 10; ПА 12-НС 30
19	32—28,1	ПЭИ; ПБТФ-НС 10
18	28—24,1	ПФО; ПК; ПА 12-НС 23, А (графит)
17	24—20,1	ПСФ; ПА 11-НС 30
15	18—16,1	АБС-УП ₁
12	12—10,1	ПБТФ; ФТ
11	10—9,1	ПА 66
9	8—7,1	ПА 12
4	3—2,1	ПЭВП
$T = 60^\circ\text{C}$		
28	120—101	ПСФ-НС 40
26	90—80,1	ПБТФ-НС 50
25	80—70,1	ПЭИ-НС 30; ПФО-НС 40—30; ПК-НС 30; ПСФ-НС 30
24	70—60,1	ПК-НС _к 30; ПСФ-НС _у 20
23	60—50,1	ПЭИ-НС 20; ПК-НС 20; ПБТФ-НС 40; ПСФ-НС 20
22	50—40,1	ПФО-НС 20; ПБТФ-НС 30; ПСФ-НС _у 10; ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС 10
21	40—36,1	ПА 12-НС 43, А (графит)
20	36—32,1	ПК-НС 10; ПБТФ-НС 20; ПФО-НС 10; ПА 12-НС 30
19	32—28,1	ПЭИ
18	28—24,1	ПСФ; ПБТФ-НС 15; ПА 12-НС 30
17	24—20,1	ПФО; ПК; ПБТФ-НС 10
16	20—18,1	ПА 12-НС 23, А (графит); ПА 11-НС 30
14	16—14,1	АБС-УП ₁
9	8—7,1	ФТ
8	7—6,1	ПА 66; ПБТФ
6	5—4,1	ПА 12
3	2—1,1	ПЭВП
$T = 80^\circ\text{C}$		
28	120—101	ПСФ-НС 40
25	80—70,1	ПЭИ-НС 30; ПФО-НС 40; ПСФ-НС 30; ПБТФ-НС 50
		ПК-НС 30
24	70—60,1	ПФО-НС 30; ПК-НС _к 30; ПСФ-НС _у 20
23	60—50,1	ПЭИ-НС 20; ПК-НС 20; ПСФ-НС 20
22	50—40,1	ПК-НС _к 20; ПФО-НС 20; ПБТФ-НС 40; ПСФ-НС _у 10; ПЭИ-НС 10
21	40—36,1	ПСФ-НС 10; ПБТФ-НС 30

Продолжение табл. 6.9

Номер группы	$E_H \cdot 10^{-3}$, МПа	Пластмасса, тип марки
20	36—32,1	ПК-НС 10
19	32—28,1	ПФО-НС 10; ПБТФ-НС 20
18	28—24,1	ПЭИ; ПСФ; ПА 12-НС 43, А (графит)
17	24—20,1	ПФО; ПК; ПБТФ-НС 15
16	20—18,1	ПБТФ-НС 10
15	18—16,1	ПА 12-НС 30
13	14—12,1	ПА 12-НС 23, А (графит)
12	12—10,1	АБС-УП ₁
7	6—5,1	ПА 66
6	5—4,1	ПБТФ
4	3—2,1	ФТ; ПА 12
3	2—1,1	ПЭВП
$T = 100^\circ\text{C}$		
28	120—101	ПСФ-НС 40
25	80—70,1	ПЭИ-НС 30; ПСФ-НС 30
24	70—60,1	ПК-НС 30; ПФО-НС 40—30; ПБТФ-НС 50
23	60—50,1	ПСФ-НС _у 20; ПЭИ-НС 20; ПК-НС 20
22	50—40,1	ПСФ-НС 20; ПК-НС _к 20; ПФО-НС 20; ПБТФ-НС 40; ПСФ-НС _у 10; ПЭИ-НС 10
21	40—36,1	ПСФ-НС 10
20	36—32,1	ПБТФ-НС 30; ПК-НС 10
19	32—28,1	ПК-НС _к 10; ПФО-НС 10
18	28—24,1	ПЭИ; ПСФ; ПБТФ-НС 20
17	24—20,1	ПК; ПФО; ПА 12-НС 43, А (графит); ПБТФ-НС 15
15	18—16,1	ПБТФ-НС 10
14	16—14,1	ПА 12-НС 30
13	14—12,1	ПА 12-НС 23, А (графит)
10	9—8,1	АБС-УП ₁
6	5—4,1	ПБТФ; ПА 66
3	2—1,1	ФТ; ПА 12
$T = 120^\circ\text{C}$		
27	100—90,1	ПСФ-НС 40
25	80—70,1	ПЭИ-НС 30
24	70—60,1	ПСФ-НС 30; ПФО-НС 40; ПК-НС 30
23	60—50,1	ПБТФ-НС 40; ПК-НС _к 30; ПФО-НС 30; ПСФ-НС _у 20; ПЭИ-НС 20; ПК-НС 20
22	50—40,1	ПСФ-НС 20; ПК-НС _к 20; ПФО-НС 20.
21	40—36,1	ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС _у 10; ПБТФ-НС 40; ПСФ-НС 10
20	36—32,1	ПБТФ-НС 30; ПК-НС 10
19	32—28,1	ПК-НС _к 10
18	28—24,1	ПЭИ; ПФО-НС 10; ПБТФ-НС 20
17	24—20,1	ПСФ; ПК
16	20—18,1	ПБТФ-НС 15
15	18—16,1	ПБТФ-НС 10
5	4—3,1	ПБТФ; ПА 66

Продолжение табл. 6.9

Номер группы	$E_{\text{н}} \cdot 10^{-2}$, МПа	Пластмасса, тип марки
T = 140 °C		
27	100—90,1	ПСФ-НС 40
25	80—70,1	ПЭИ-НС 30
24	70—60,1	ПСФ-НС 30; ПК-НС 30
23	60—50,1	ПБТФ-НС 50; ПК-НС _к 30; ПСФ-НС _у 20; ПЭИ-НС 20
22	50—40,1	ПК-НС 20; ПСФ-НС 20
21	40—36,1	ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС _у 10
20	36—32,1	ПБТФ-НС 40; ПСФ-НС 10
19	32—28,1	ПБТФ-НС 30; ПК-НС 10
18	28—24,1	ПЭИ; ПК-НС _к 10
17	24—20,1	ПСФ; ПБТФ-НС 20
16	20—18,1	ПК; ПБТФ-НС 15
14	16—14,1	ПБТФ-НС 10
5	4—3,1	ПБТФ
T = 160 °C		
25	80—70,1	ПСФ-НС 40; ПЭИ-НС 30
23	60—50,1	ПК-НС 30; ПСФ-НС 30; ПЭИ-НС 20
22	50—40,1	ПК-НС _к 30; ПСФ-НС _у 20; ПК-НС 20
21	40—36,1	ПЭИ-НС 10; ПСФ-НС _у 20; ПК-НС _к 20
19	32—28,1	ПСФ-НС _у 10; ПСФ-НС 10
18	28—24,1	ПК-НС 10
17	24—20,1	ПЭИ; ПСФ; ПК-НС _к 10
16	18—16,1	ПК
T = 180 °C		
25	80—70,1	ПЭС-НС 30; ПЭИ-НС 30
23	60—50,1	ПЭС-НС 20; ПЭИ-НС 20
21	40—36,1	ПЭИ-НС 10
17	24—20,1	ПЭИ
T = 200 °C		
24	70—60,1	ПЭИ-НС 30
23	60—50,1	ПЭИ-НС 20
21	40—36,1	ПЭИ-НС 10
17	24—20,1	ПЭИ
T = 300 °C		
16	20—18,1	ПИ-А (графит 15)
14	16—14,1	ПИ

Примечание. Данные для ПА приведены для О. В 50—60 %.

Таблица 6.10. Группы пластмасс по прочности при сжатии $\sigma_{\text{сж}}$ (при обычной температуре, 20 °C)

Пластмасса, тип марки	$\sigma_{\text{сж}}$, МПа	Пластмасса, тип марки	$\sigma_{\text{сж}}$, МПа
24 группа	280—261		
ПИ-НС 30	280	ПК-НС 40-20	125
ФН-ЭП	280	ПФО-НС 20	123
22 группа	240—221	12 группа	120—111
ПИ	280—192	ПБТФ-НС, НМН 45-35	119
ПАИ-НС 30	244—224	ПСФ-НС _у 10	119
ФН	240—220	АБС-НУ _в 20	119
ПАИ-НУ _в 30	236—217	ПБТФ-НС 30	126—110
21 группа	220—201	АБС-НС _у 40	119—112
ПИ-А (графит 15)	238—203	ПБТФ-НС, НС _ш	147—77
ПБО	220	ПЭС-НС 10	112
ПАИ	210	11 группа	110—101
20 группа	200—191	ПК-НС _к 30	110
ПЭТФ-НС 55	200	СФ-НС 30	120—100
19 группа	190—181	ПА 6-НС 30	110
ПОД	200—181	ПММА-ТС	119—101
ПЭТФ-НС 45	182—179	САН	119—98
18 группа	180—171	ПБТФ-НС 20	112—100
ПСФ-НУ _в 30	175	ПК-НС 10	105
ПЭТФ-НС 30	174	АБС-НСЖ 40	105
17 группа	170—161	ПСФ-НС 10	103
ПИ-А (графит 50, нитрид бора)	190—150	АБС-НС _у 30	105—101
ПЭИ-НС 30-20	171—164	ПЭТФ	102
ПБТФ-НУ _в 30	183—147	ПЭС	101
САН-НС _у 30	161	10 группа	100—91
16 группа	160—151	СММА	100
ПСФ-НС 40	179—140	ПК-НС _к 20	100
ПЭИ-НС 10	157	ПА 11-НС 30	100
ПЭС-НС 40	154	ПА 11-НС 23, А (графит)	100—96
ПЭС-НУ _в 30	154	ПСФ	97
15 группа	150—141	ПАР	98—96
ПСФ-НС 30	168—133	ПС	112—80
ПСФ-НС _у 20	147	АБС-НС _у 20	98—87
ПЭС-НС 30	147	9 группа	90—81
ПЭТФ-НС, НСЛ 35	144	ПА 66-НМН 40	90
ПЭИ	142	ПТ	95—85
14 группа	140—131	ПБТФ-НС 15	87
ПАИ-А (ПТФЭ)	152—128	АБС	85
НЦЭ	140	ПММА	98—70
ПФО-НУ _в	140	8 группа	80—71
ПА 11-НС 43, А (графит)	147—130	ПК	85—75
ПЭС-НС 20	138	АБС/ПК	79
ПФО-НС 30	137	ПЭТФ-ПР	77
ПБТФ-НС 40	140—133	ПБТФ-НС 10	74
ПСФ-НС 20	147—126	СММА-УП	73
ПСФ-НУ _в 20	133	ПВХВ	91—56
ПС-НС _у 30	133	ПММА-УП ₁	73
САН-НС _у 20	133	ПБТФ-НМН 25-10	74—69
АБС-НУ _в 40	133	7 группа	70—61
13 группа	130—121	ПБТФ	91—47
АБС-НУ _в 30	126	ПВХВ-НС _у 15	63

Продолжение табл. 6.10

Пластмасса, тип марки	$\sigma_{сж}$, МПа	Пластмасса, тип марки	$\sigma_{сж}$, МПа
6 группа	60—51	ПП-НСЛ 25	43
ПА 12-НС 30	60	ПММА-УП ₂	42
ПА 66	60	ПП	46—38
ПП-НС _у 40	63—57	ПП-НС _у , НС _ш	41
ПБТФ-НС _ш 40	56	ПП-НС _у , НМН	42—40
ПП-НС _у 30	59—52	ПП-НМН 20	42—40
ПА 12-НС _ш 50	55	4 группа	40—31
ПА 11	55	ПМП	47—28
ПП-НС _у , НТ	59—51	ПМП-НС 30	35
ПБТФ-НС _ш 30	54	ПП-НС _ш 20-10	31—30
АВС/ПВХ	52	3 группа	30—21
ПП-НТ 40	52	АВС/ПУР	34—25
ПБТФ-НС _ш 20-10	52—51	ПП-НС _ш 30	29
ПА 12	52—50	ПЭВП	36—20
5 группа	50—41	ПП-НС _ш 40	27
ПП-НТ 30	50	ПП-НТ 20, УП	27
ФТ	50—49	ПА 11-Э	26
ПП-НМЛ 40-30	50—49	2 группа	20—11
ПП-НС _у 20	52—45	ФТ-Э	16—12
ПП-НТ 20-10	48—47	ПЭНП	12
ПА 6	50—45	1 группа	10—0
ПП-НМЛ 20-10	48—47	ПВХП	11,9—6,3
ПП-НСЛ 50	47	ПВХВ-ВС	0,5—0,04
ПП-НС _у 10	49—44	ПС-ВС	0,25—0,12
УПС	63—28	ПУР	0,14

Таблица 6.11. Группы пластмасс по модулю упругости при сжатии $E_{сж}$ (при обычной температуре, 20 °С)

Пластмасса, тип марки	$E_{сж}$, МПа	Пластмасса, тип марки	$E_{сж}$, МПа
29 группа	14 000—12 100	ПСФ	2590—2579
ПИ-А (графит 50, ни- трид бора)	15 000—13 000	17 группа	2400—2010
24 группа	7 000—6 010	ПАР-УП (ПЭТФ)	2200
ПБТФ-НС 30	7 700—4 900	ПАР	2100
23 группа	6 000—5 010	АВС	3150—980
ПБТФ-НС 20	5600	15 группа	1800—1610
21 группа	4000—3610	АВС/ПК	1610
ПИ-А (графит 15)	4500—3500	13 группа	1400—1210
ПЭИ-НС 30	3850	ФТ	1471—1185
САН	3710	12 группа	1200—1010
20 группа	3600—3210	ФТ-ЭП (бронза 60)	1120
ПЭИ-НС 20	3600	8 группа	700—610
19 группа	3200—2810	ФТ-Э	686
ПЭИ-НС 10	3150	2 группа	100—11
ПЭИ	2900	ПУР	36—28
18 группа	2800—2410	1 группа	10—1
ПММА	2660	ПС-ВС	9—3

Таблица 6.12. Группы пластмасс по усталостной прочности при действии циклической нагрузки σ_y

Пластмасса, тип марки	σ_y , МПа	Пластмасса, тип марки	σ_y , МПа
$N = 10^4$ циклов			
12 группа	70—60,1	6 группа	30—25,1
ПА 66-НС 40	63	ПФО-НС 10	28,5
ПА 6-НС 40	62,2	5 группа	25—20,1
11 группа	60—50,1	ПФО-ОГН ₁	22,5
ПБТФ-НС 40	56	ПФО	22
ПА 66-НС 30	56	4 группа	20—15,1
ПБТФ-НС 30, ОГН ₂	55	ПК-ОГН ₁ , УФ	19
ПБТФ-НС 20, ОГН ₂	53	ПК (I)	14—19
ПФО-НС 30	51,5	3 группа	15—10,1
10 группа	50—45,1	ПСФ	12
ПА 6-НС 30	49	$N = 10^6$ циклов	
ПФО-НС 20	47,5	11 группа	60—50,1
ПА 66	45,5	ПК-НС 40	54,5
9 группа	45—40,1	ПК-НС 40, ОГН ₁	54,5
ПБТФ-НС 30	45	ПК-НС 35, ОГН ₂	53
ПБТФ-НС 20	44,5	10 группа	50—45,1
ПБТФ-НС 15	44	ПА 66-НС 40	49
$N = 10^5$ циклов			
12 группа	70—60,1	9 группа	45—40,1
ПК-НС 40	64	ПА 66-НС 30	42
ПК-НС 40, ОГН ₁	64	ПС-НС _у 30	42
ПК-НС 35, ОГН ₂	60	8 группа	40—35,1
11 группа	60—50,1	ПК-НС 20	40
ПК-НС 30	56	ПК-НС 20, ОГН ₁	40
ПА 6-НС 40	52,7	ПА 6-НС 30	40
ПА 66-НС 40	52,1	ПА 66	37,1
ПБТФ-НС 40	52	7 группа	35—30,1
10 группа	50—45,1	ПФО-НС 30	35
ПС-НС _у 30	49	СФ	35
ПК-НС 20	49	ПБТФ-НС 30, ОГН ₂	35
ПК-НС 20, ОГН ₁	49	ПБТФ-НС 20, ОГН ₁	33,2
ПА 66-НС 30	45,5	ПБТФ-НС 30	33
9 группа	45—40,1	ПБТФ-НС 20	32,5
ПБТФ-НС 30, ОГН ₂	45	ПБТФ-НС 15	32
ПА 6-НС 30	42	ПБТФ-НС 15, ОГН ₂	32
ПА 66	41,3	ПП-НС _у 30	31,5
8 группа	40—35,1	ПБТФ-НС 10	31
ПФО-НС 30	40	6 группа	30—25,1
ПБТФ-НС 30	40	ПФО-НС 20	29
ПК-НС 10, ОГН ₂	39	ПК-НС 10, ОГН ₂	28
ПК-УП _{ММ} (II)	37,5	ПБТФ	28
ПБТФ-НС 20	36,5	5 группа	25—20,1
7 группа	35—30,1	ПФО-НС 10	23
ПБТФ-НС 15, ОГН ₂	35	4 группа	20—15,1
ПБТФ-НС 15	35	ПФО	18
ПБТФ-НС 10	34	ПК-УП _{ММ} (II)	17
ПФО-НС 20	34	ПФО-ОГН ₁	15,5
ПБТФ	33	2 группа	10—6,1
ПП-НС _у 30	31,5	ПК-ОГН ₂ , УФ	8
		ПК (I)	6—7
		1 группа	6—4
		ПСФ	6

Пластмасса, тип марки	σ_y , МПа	Пластмасса, тип марки	σ_y , МПа
$N = 10^7$ циклов			
11 группа	60—50,1	ПБТФ-НС 20, ОГН ₂	31,5
ПК-НС 40	51	ПБТФ-НС 15	31
ПК-НС 40, ОГН ₁	51	ПБТФ-НС 15, ОГН ₂	31
10 группа	50—45,1	6 группа	30—25,1
ПК-НС 35, ОГН ₂	50	ПБТФ-НС 10	29
ПА 66-НС 40	49	ПБТФ-ОГН ₂	28
ПА 6-НС 40	47	ПФО-НС 20	26
9 группа	45—40,1	5 группа	25—20,1
ПА 66-НС 30	41,3	ПБТФ	25
ПА 6-НС 30	39,9	ПК-НС 10, ОГН ₂	22
ПК-НС 20	37	4 группа	20—15,1
ПК-НС 20, ОГН ₁	37	ПФО-НС 10	19,5
ПА 66	36,4	ПФО	15,5
7 группа	35—30,1	3 группа	15—10,1
ПФО-НС 30	34	ПФО-ОГН ₁	12,5
ПП-НС _у 30	31,5	2 группа	10—6,1
ПБТФ-НС 30	31	ПК-УП _{мк} (II)	7
ПБТФ-НС 30, ОГН ₂	31	1 группа	6—4
ПБТФ-НС 20	31,5	ПК-ОГН ₁ , УФ	6
		ПК (I)	5—6
		ПСФ	4

Примечания. 1. Данные по σ_y приведены при знакопеременном изгибе (напряжение изменяется по гармоническому закону), в режиме постоянной амплитуды нагрузки, при частоте 30 Гц и на образце в виде консольного бруска.
2. Данные для ПА приведены при О.В воздуха 50—60 %.

Таблица 6.13. Группы пластмасс по твердости при вдавливании шарика H_B (при обычной температуре, 20 °С)

Пластмасса, тип марки	H_B , МПа	Пластмасса, тип марки	H_B , МПа
22 группа	330—301	16 группа	200—181
ФН-А (углеродное волокно)	340—320	ПОД	190
21 группа	300—281	ПА 66-НС 30	200—170
ФН	290—280	СФ-НС _у 26-25	185—180
ПИ-А (графит 50, нитрид бора)	300—270	15 группа	180—161
19 группа	260—241	ПБТФ-НС 30	190—170
ПАР	300—200	ПА 66-НС 25	190—170
ПА 66-НС 50	260—230	ПА 6-НС 50	210—150
18 группа	240—221	САМ	190—160
ПИ-А (графит 15)	280—200	ПБТФ-НС 20	180—165
ПЭТФ-НС 36-30	240—230	ПБТФ-НС, НС _ш 30	170
ПЭТФ-НС 20	230	МСН	170
ПИ	280—180	САН	170—160
17 группа	220—201	МС	170—160
ПВО	220	14 группа	160—141
САН-НС 30	220	ПК-НС 35	155
ПА 66-НС 35	210	ПММА	180—130
		ПА 6-НС, НМН 40	150

Пластмасса, тип марки	H_B , МПа	Пластмасса, тип марки	H_B , МПа
ПБТФ-НС _ш 20	150	10 группа	90—81
ПЭТФ	150	ПА 66	100—80
ПТ-НСЛ 25	148	ПАЛИ	95—80
ПК-НС _к 30	145	9 группа	80—71
ПСФ-НС 30	150—140	ПА 610	80
ПС	150—140	ПП-ЖС	83—75
13 группа	140—121	УПС-УП ₂ ; УПС-УП ₄	95—60
ПК-НС 30-20	145—135	ПА 6	84—70
ПК-НС _к 20	140	ПА 12	80—70
ПТ-НСЛ 15	139	8 группа	70—61
АБС-УП ₁	180—96	ПП-НА	71—69
ПА 6-НМН 40	150—125	ФТ	79—59
ПФО-НС 30	137	ПЭВП-НСЛ 20	69—62
СФ	160—110	ПП-НС 30	70—58
ПА 6-НС 30	150—120	ПЭВП-НАЭ 10	68—60
СФ-А (ПТФЭ 21)	130	ПЭВП-НК 30	62—61
ПБТФ	145—110	7 группа	60—51
ПК-НС 10	125	НЦЭ	60
ПА 6-НС 25	140—110	ПЭВП-НТ 30-20	62—55
АБС/ПК	130—120	ПЭВП-НК 20	56—55
ПТ-НС 10	123	ПП	70—40
ПФО-НС 20	122	ПЭВП-НМЛ 30-15	61—49
12 группа	120—101	ПЭВП-УП ₂	56—50
ПА 12-НС 30	120	6 группа	50—41
ПА 12-НС _ш 30	120	АЦЭ	70—30
ПА 6-НС, НМН 30	120	ПЭВП	52—48
ПФО-НС 10	117	ПЭВП КН	51—44
ПА 6-НМН 30	130—100	ПТ-МР, Э	50—44
ПАЛИ-НС, НТ	120—110	АБЦЭ	55—32
УПС-УП ₁	130—100	ПП-Э	45—36
МС-УП	115	5 группа	40—31
СММА	130—100	ПЭВП ВМ	38
ФТ-ТВ	130—98	АК	35—33
ПСФ	120—100	ФТ-Э	49—19
АБС-НС 30	112—103	3 группа	20—11
ПК	110—103	ПЭНП	25—14
УПС-УП ₂	120—90	СЭП	13
11 группа	100—91	1 группа	5—0
ПТ-А (графит 15)	100	ПВХП-Э	2,15—0,88
ПМП	108—88		
ПЭТФ-ПР	97		
ПФО	97		
ПА 6-НС 15	95		
ПТ	110—80		

Примечание. Данные для ПА приведены для О.В воздуха 50—60 %.

Таблица 6.14. Группы пластмасс по ударной вязкости по Шарпи на образцах без надреза a_6, n

1. При обычной температуре (20 °С)

Пластмасса, тип марки	a_6, n кДж/м ²	Пластмасса, тип марки	a_6, n кДж/м ²
8 группа	Не разрушается	АБС-УП ₁	100—75
ПК (I); ПК-УП _{ММ} (II)	То же	4 группа	80—61
ПА 12 (I); ПА 12-УП _{ММ} (II);	»	ФН	75
ПА 12-УП _{ММ} (III);	»	ПА 66-НС _Ш 30	74
ПА 12-УП _{ММ} (IV);	»	АБЦЭ	100—40
ПА 12-УП _{ММ} (V);	»	ПК-НС 10	65
ПА 12-НС _Ш 50	»	ПК-НС _К 20	65
ПА 12-А (графит)	»	УПС-УП ₂	65—60
ПА 12-А (MoS ₂)	»	3 группа	60—41
ПА 12-Э	»	ПА 12-НС 30	60
ПА 66 (I); ПА 66-УП _{ММ} (II)	»	ПА 6-НС 30-50	60—55
ПА 6 (I); ПА 6-УП _{ММ} (II);	»	ПВХВ	80—32
ПА 6-УП _{ММ} (III);	»	ПА 66-НС 30-50	60—50
ПА 6-УП _{ММ} (IV)	»	УПС-УП ₁	55
ПСФ	»	ПК-НС 20	50
ПЭТФ	»	ПИ	60—40
ПЭТФ-ПР	»	АЦЭ	70—30
ПАР	»	ПБТФ-НС 10	45
УПС-УП ₃ ; УПС-УП ₄ ;	»	МС-УП, ПР	50—40
УПС-УП ₅	»	ПТ-НСЛ 15	45
ПЭВП ВМ	»	ПТ-ЭП (графит 15)	45
СЭП	»	ПК-НС 30	50—35
СЭБ	»	2 группа	40—21
СЭВ	»	ПА 6-НМН 30	40
ПП	»	ПА 6-НС _Ш 50	40
ФТ	»	ПБТФ-НС _Ш 20	40
ФТ-Э	»	ПФО	50—30
ПЭНП (I); ПЭНП (II);	»	ПА 6-НС 20	38
ПЭНП (III); ПЭНП (IV);	»	ПБТФ-НС 20	40—35
ПЭНП (V); ПЭНП (VI);	»	ПБТФ-НС 30	45—30
ПЭНП (VII)	»	ПА 66-НМН 40	35
ПЭНП-НМЛ 15-30	»	ПЭТФ-НС 36	35
ПЭНП-НТ 15-30	»	ПАЛИ-НС, НТ	43—25
ПА 6-УП _{М1} ; ПА 6-УП _{М2} ;	»	ПБТФ-НС _Ш 30	32
ПА 6-УП _{М3}	»	ПК-НС _К 30	30
ПА 6-Э	»	СФ-А (ПТФЭ 21)	30
ПА 610	»	ПА 66-НС 20	30
АК	»	ПТ-НС 10	30
ПБТФ (I); ПБТФ-УП _{ММ} (II)	»	СФ-НС _У 25-26	30—25
ПЭНП-НСЛ 20-30	»	ПК-НС 35	25
ПЭНП-НАЭ 10	»	ПБТФ-НС, НС _Ш 30	25
ПЭНП-ЖС (вулканизация)	»	ФН-А (углеродное волокно)	30—20
ПЭВП-УП _{ММ} (VII)	»	ПТ-НСЛ 25	25
ПВХП	»	ПБО	36—10
	140—121	ПС	28—18
7 группа	140	ПЭТФ-НС 20-23	25—20
ПТ	120—101	ПИ-ТС	30—15
6 группа	130—95	ПОД	35—10
АБС/ПК	140—70	САН	24—20
ПТ-ДЭ	100—81	1 группа	20—0
5 группа	140—50	ПИ-А (графит 15)	30—10
СФ	100—80	САМ	24—16
ПАЛИ		ПП-НТ 10-40	25—14

310

Продолжение табл. 6.14

Пластмасса, тип марки	a_6, n кДж/м ²	Пластмасса, тип марки	a_6, n кДж/м ²
МСН	25—13	ПМП	19,6—9,8
МС	20—16	ПФО-ДЭ	20—8
ПММА	18	ФН-А (графит)	16—10
СФ-НС 30	17	ФН-А (кокс)	16—10
СММА	18—15	ПК-НС 30	14—11
САН-НС 30	16	ФН-ЭП	10—8
ПБТФ-НС 30, ИСК	15	НЦЭ	6
САН-ОЛЗ	20—10	ПИ-А (графит 50)	4—1,5
ПП-НА 40	16—14		

2. При пониженных и повышенных температурах

Номер группы	a_6, n , кДж/м ²	Пластмасса, тип марки
		$T = -200\text{ °C}$
1	20—0	ПИ; ПИ-ТС; ПИ-А (графит 50)
		$T = -160\text{ °C}$
1	20—0	СЭП
		$T = -140\text{ °C} \div -120\text{ °C}$
2	40—21	СЭП
		$T = -100\text{ °C}$
4	80—61	ПК-НС 10; ПК-НС _К 20
3	60—41	СЭП; ПК-НС 20-30
2	40—21	ПК-НС 35
		$T = -80\text{ °C}$
4	80—61	ПК-НС 10; ПК-НС _К 20
3	60—41	ПК-НС 20-30
2	40—21	ПК-НС 35
		$T = -60\text{ °C}$
8	Не разрушается	ПК (I); ПК-УП _{ММ} (II)
4	80—61	ПК-НС 10; ПК-НС _К 20
3	60—41	ПВХВ; ПА 66-НС 30-50; ПК-НС 20-30
2	40—21	ПЭТФ; ПА 6-НС 20-50; ПА 66-НС 20; ПК-НС 35
1	20—0	ПММА; ПА 6 (I)
		$T = -40\text{ °C}$
8	Не разрушается	ПК (I); ПК-УП _{ММ} (II); ПА 12 (I); ПА 12-УП _{ММ} (II); ПА 12-УП _{ММ} (III); ПА 12-УП _{ММ} (IV); ПА 12-УП _{ММ} (V); ПА 6-УП _{ММ} (IV); ПА 6-УП _{ММ} (III); ПА 6-УП _{ММ} (II); ПБТФ (I); ПБТФ-УП _{ММ} (II); ПА 12-А (графит); ПА 12-А (MoS ₂); ПА 6-УП _{М1} ; ПА 6-УП _{М2} ; ПА 6-УП _{М3} ;
4	80—61	ПА 6 (I); СФ; УПС-УП ₃ ; ПК-НС 10; ПК-НС _К 20
3	60—41	ПЭТФ; ПВХВ; УПС-УП ₂ ; ПА 12-НС 30; ПА 66-НС 30-50; ПК-НС 20-30
2	40—21	АБЦЭ; ПА 6-НС 20-50; УПС-УП ₁ ; ПБТФ-НС 10;
1	20—0	ПА 66-НС 20; СФ-НС _У 26-25; ПК-НС 35
		$T = -20\text{ °C}$
8	Не разрушается	ПК (I); ПК-УП _{ММ} (II); ПЭТФ; ПА 12 (I); ПА 12-УП _{ММ} (II); ПА 12-УП _{ММ} (III); ПА 12-УП _{ММ} (IV); ПА 12-УП _{ММ} (V); ПА 6-УП _{ММ} (IV); ПА 6-УП _{ММ} (III); ПА 6-УП _{ММ} (II);

311

Номер группы	аб. н. кДж/м²	Пластмасса, тип марки
5	100—81	ПБТФ (I); ПБТФ-УП _{ММ} (II); ПА 12-А (графит); ПА 12-А (МоS ₂); ПА 6-УП _{М1} ; ПА 6-УП _{М2} ; ПА 6-УП _{М3} ; ПА 6-Э; ПЭТФ-ПР
4	80—61	СФ
3	60—41	ПК-НС 10; ПК-НС _Р 20
2	40—21	ПВХВ; ПА 6-НС 30-50; ПА 66-НС 30-50; ПК-НС 20-30
1	20—0	ПА 6-НС 20; ПА 66-НС 20; СФ-НС _У 25-26; ПК-НС 35 ПММА; СФ-НС 30
T = 0 °C		
8	Не разрушается	ПК (I); ПК-УП _{ММ} (II); ПЭТФ; ПА 12 (I); ПА 12-УП _{ММ} (II); ПА 12-УП _{ММ} (III); ПА 12-УП _{ММ} (IV); ПА 12-УП _{ММ} (V); ПА 6-УП _{ММ} (IV); ПА 6-УП _{ММ} (III); ПА 6-УП _{ММ} (II); ПБТФ (I); ПБТФ-УП _{ММ} (II); ПА 12-А (графит); ПА 12-А (МоS ₂); ПА 6-Э; ПЭТФ-ПР
5	100—81	СФ
4	80—61	ПК-НС 10; ПК-НС _Р 20
3	60—41	ПВХВ; ПА 6-НС 30-50; ПА 66-НС 30-50; ПК-НС 20-30
2	40—21	ПА 6-НС 20; ПА 66-НС 20; СФ-НС _У 25-26; ПК-НС 35
1	20—0	ПММА; СФ-НС 30
T = 40 °C		
8	Не разрушается	Пластмассы те же, что при T = 20 °C
5	100—81	СФ
4	80—61	ПВХВ; ПК-НС 10; ПК-НС _Р 20; ПА 6-НС 30-50; ПА 66-НС 30-50
3	60—41	ПК-НС 20-30; ПА 6-НС 20
2	40—21	ПА 66-НС 20; ПК-НС 35
1	20—0	ПММА
T = 60 °C		
8	Не разрушается	Пластмассы те же, что и при T = 20 °C
5	100—81	СФ; ПВХВ
4	80—61	ПК-НС 10; ПК-НС _Р 20; ПА 6-НС 30-50; ПА 66-НС 30-50
3	60—41	ПК-НС 20-30; ПА 6-НС 20
2	40—21	ПА 66-НС 20; ПК-НС 35
1	20—0	ПММА
T = 80 °C		
8	Не разрушается	Пластмассы те же, что при T = 20 °C
5	100—81	СФ; ПА 66-НС 30-50
4	80—61	ПК-НС 10; ПК-НС _Р 20; ПА 6-НС 20-50; ПА 66-НС 20
3	60—41	ПММА; ПК-НС 20-35
T = 100 °C		
8	Не разрушается	Пластмассы те же, что при T = 20 °C
5	100—81	СФ; ПА 66-НС 30-50
4	80—61	ПК-НС 10; ПК-НС _Р 20; ПА 6-НС 30-50
3	60—41	ПК-НС 20-30; ПА 6-НС 20; ПА 66-НС 20
2	40—21	ПММА; ПК-НС 35

Таблица 6.15. Группы пластмасс по ударной вязкости по Шарпи на образцах с надрезом a_n

1. При обычной температуре (20 °C)

Пластмасса, тип марки	a _n кДж/м²	Пластмасса, тип марки	a _n кДж/м²
13 группа	Не разрушается	5 группа	25—21
ПЭНП (I); ПЭНП (II); ПЭНП (III); ПЭНП (IV); ПЭНП (V); ПЭНП (VI); ПЭНП (VII)		ПА 12-УП _{ММ} (II)	25
ПЭВП-УП _{ММ} (VII)		ПАР-ПР	25
ПЭВП-УП ₂ (III); ПЭВП-УП ₂ (IV)		ПЭВП-УП ₂ (II)	29—19,6
ПЭВП КН-УП _{ММ} (V)		ПК (I)	25—20
ПЭВП ВМ		ПАР-ХС (ПА 6)	22
СЭП		ПЭВП КН-УП _{ММ} (IV)	22
СЭП-УП		4 группа	20—16
СЭБ		ПФО	20
ПА 12-Э ₁ ; ПА 12-Э ₂ ; ПА 12-Э ₃		ПА 12-НС 30	20
ПА 12-УП ₁ Э		ПАР	25—15
ПА 6-УП _{ММ} (IV)		ПА 6-НС 50	22—16
ПА 6-УП _{М2} ; ПА 6-УП _{М3}		ПЭВП-УП ₁ (I)	19
ПА 6-Э		ПА 66-НС 50	18
12 группа	70—61	ПВХП	18
ПА 12-УП _{ММ} (V)	61	ПА 66-НС 40	17
ПА 12-Э ₁	67—54	ПА 6 (I)	20—14
11 группа	60—51	АБС-УП ₁	25—9
ПА 12-УП _{ММ} (IV)	55	ПА 6-НС 30	18—15
10 группа	50—46	ПЭВП-УП _{ММ} (VI)	25—12
ПЭВП-НТ 15-30	49	ПА 610	16
ПЭВП-НСЛ 20-30	49	3 группа	15—11
ПЭВП-НАЭ 10	49	ПК-НС 10	15
9 группа	45—41	ПА 66-НС 30	15
ПК-УП _М ХС	45	ПП-Э	24—6
8 группа	40—36	ПЭВП КН-УП _{ММ} (III)	14,7
ПК-УП _М УФ	40	ПА 66 (I)	17—12
ПА 12-УП _{ММ} (III)	40	АК	19—10
ПА 6-УП _{ММ} (III)	45—35	ФТ	14
ПА 6-УП _{М1}	40	ПА 12 (I)	15—13
ПЭНП-НМЛ 15-30	60—20	УПС-УП ₁	13
ПЭНП-НТ 15-30	60—20	ПК-НС 20	15—10
ПЭНП-НСЛ 20-30	60—20	ПЭВП-УП _{ММ} (V)	15—10
ПЭНП-НАЭ 10	60—20	ПА 6-НС 20	12
ПЭВП-УП ₁ (II)	39	ПБТФ-НС 30	12—9
7 группа	36—31	2 группа	10—6
ПА 66-УП _{ММ} (II)	35	ПА 66-НС 20	10
ПА 12-А (МоS ₂)	34	ПЭТФ-НС 36	10
ПК-УП _{ММ} (II)	35—30	УПС-УП ₂	10
ПА 12-А (графит)	32	ПВХВ-УП ₂	9,8
6 группа	30—26	ПЭВП КН-УП _{ММ} (II)	9,8
ПК-УП _М ТС, ХС	28	ПК-НС 30	9,2
ПАР-УП (ПЭТФ)	28	ПК-НС 40	10—8
ПА 6-УП _{ММ} (II)	30—25	ПА 12-НС _Ш 50	9
АБС-УП ₂	35—20	ПФО-НС 10-30	10—8
		ПСФ-НС 30	10—6,5
		ПА 6-НМН 30	8
		СФ	10—5
		ФН	9—6
		АБС-ТС	9—6
		ПЭВП-УП _{ММ} (IV)	10—4

Примечания. 1. См. примечание 2 к табл. 6.4.
2. Данные для ПА приведены для О.В. воздуха 50—60 %.

Пластмасса, тип марки	a_H , кДж/м ²	Пластмасса, тип марки	a_H , кДж/м ²
ПК-НС _к 20	7	ПБТФ-НС, НС _ш (30)	5
ПА 6-НС _ш 50	7	МС-УП, ПР	5
ПБТФ-УП _{ММ} (II)	7	ПП-ЖС	6—3,5
ПБТФ-НС 20	7	СФ-А (ПТФЭ 21)	4,5
УПС-УП ₂	9—5	ПБТФ-НС 30, ИСК	5—4
ПСФ	7—6	ПЭВП (I); ПЭВП (II);	6—2
ПЭТФ-НС 20-33	8—5	ПЭВП (III)	
ПП	8—5	ПБТФ-НС _ш 30	4
ПК-НС 35	6	ПЭТФ-ПР	5—2,5
СФ-НС _у 25-30	7—5	УПС-УП ₁	4,5—3
ПА 66-НС _ш 30	6	ПБТФ (I)	4,5—2,5
ПБТФ-НС 15	6	ПЭТФ	4—3
ПБТФ-НС, НМН 30	6	САН-НС 30	3
ПВХВ-УП ₁	5,9	САН	2,3—1,9
ПЭВП КН (I)	5,9—4,9	ПВХВ	2
ПЭВП-УП ₂ (I)	6,8—4,9	ПС	1,6—1,4
1 группа	5—0	САН-ОЦЦ, ОЛЗ	1,5—1,4
ПА 66-НМН 40	5		

2. При пониженных и повышенных температурах

Номер группы	a_H , кДж/м ²	Пластмасса, тип марки
T = -160 °C		
2	10—6	ФТ
1	5—0	ПЭНП
T = -140 ÷ -100 °C		
3	15—11	ФТ
1	5—0	ПЭНП; ПВХП
T = -80 °C		
3	15—11	ФТ; ПЭНП
1	5—0	ПВХП
T = -60 °C		
3	15—11	ФТ
2	10—6	ПК (I); ПК-УП _{ММ} (II); ПК-НС 10-40; ПЭТФ-НС 20-36
1	5—0	ПВХП; ПЭТФ
T = -40 °C		
9	45—41	ПА 12-УП _{ММ} (V); ПА 12-УП _{ММ} (IV)
6	30—26	ПА 12-УП _{ММ} (III); ПА12-А (МоS ₂); ПА 12-А (графит)
4	20—16	ПА 6-УП _{МЗ}
3	15—11	ФТ; СФ; ПК-УП _{ММ} (II); ПА 6-НС 50; ПК-НС 10
2	10—6	ПА 12 (I); ПА 12-УП _{ММ} (II); ПК (I); ПА 12-УП, Э; ПА 12-Э ₃ ; ПА 12-Э ₄ ; ПА 6-УП _{МЗ} ; АБС-УП ₂ ; ПА 6-НС 20-30; ПК-НС 20-40; ПЭТФ-НС 20-36; УПС-УП ₃ ; ПА 12-НС _ш 50
1	5—0	ПВХП; ПА 6 (I); ПА 66 (I); ПЭТФ; ПА 6-Э; ПА 6-УП _{М1} ; АБС-УП ₁ ; УПС-УП ₂

Номер группы	a_H , кДж/м ²	Пластмасса, тип марки
T = -20 °C		
4	20—16	ПК-УП _{ММ} (II)
3	15—11	ФТ; ПК (I); ПА 6-НС 50-30; ПК-НС 10; АБС-УП ₂ ; ПА 66-НС 50-30
2	10—6	ПА 66 (I); СФ; АБС-УП ₁ ; ПК-НС 20-40; ПА 6-НС 20; ПБТФ-НС 15-30; ПА 66-НС 20; ПЭТФ-НС 36-20
1	5—0	ПВХП; ПА 6 (I); ПБТФ (I); ПЭТФ; УПС-УП ₁
T = 0 °C		
6	30—26	ПК-УП _{ММ} (II)
4	20—16	ПК (I)
3	15—11	ФТ; АБС-УП ₂ ; ПА 6-НС 30-50; ПА 66-НС 30-50; ПК-НС 10
2	10—6	ПВХП; ПА 6 (I); ПА 66 (I); СФ; ПЭТФ-НС 20-36; АБС-УП ₁ ; ПК-НС 20-40; ПА 6-НС 20; ПБТФ-НС 15-30; ПА 66-НС 20
1	5—0	ПБТФ (I); ПЭТФ; УПС-УП ₁
T = 40 °C		
13	Не разрушается	Пластмассы те же, что и при T = 20 °C
8	40—36	ПА 6 (I); ПК-УП _{ММ} (II)
6	30—26	ПК (I)
5	25—21	ПА 66 (I); ПА 6-НС 30-50; ПА 66-НС 50
4	20—16	ФТ; ПА 66-НС 30-40; ПК-НС 10
3	15—11	ПП; ПК-НС 20-40; ПА 6-НС 20; ПА 66-НС 20
2	10—6	СФ; ПБТФ-НС 15-30; ПЭТФ-НС 20-36; УПС-УП ₁
1	5—0	ПБТФ; ПЭТФ
T = 60 °C		
13	Не разрушается	Пластмассы те же, что и при T = 20 °C
9	45—41	ПК-УП _{ММ} (II)
7	35—31	ПА 6-НС 50
6	30—26	ПК (I); ПА 6-НС 30
5	25—21	ПА 66-НС 30-50; ПК-НС 10
4	20—16	ПК-НС 20; ПА 6-НС 20
3	15—11	ПБТФ-НС 30; ПА 66-НС 20; ПК-НС 30-40
2	10—6	СФ; ПБТФ; ПЭТФ-НС 36-20; ПБТФ-НС 20—15
1	5—0	ПЭТФ; УПС-УП ₁
T = 80 °C		
13	Не разрушается	ПЭВП-ВМ; ПЭВП КН-УП _{ММ} (V); ПА 6-УП _{ММ} (IV); ПЭВП-УП _{ММ} (VII); ПА 12-Э ₃ ; ПА 12-Э ₄ ; ПА 12-УП, Э; ПА 6-УП _{МЗ} ; ПА 6-Э; ПА 12-Э; ПЭВП-УП ₂ (IV); ПЭВП-УП ₂ (III)
10	50—46	ПК-УП _{ММ} (II)
8	40—36	ПА 6-НС 50
7	35—31	ПК (I); ПА 6-НС 30
6	30—26	ПА 66-НС 40-50
5	25—21	ПК-НС 10; ПА 66-НС 30; ПА 6-НС 20
4	20—16	ПК-НС 20; ПБТФ-НС 30; ПА 66-НС 20

Номер группы	$a_{и.н.}$ кДж/м ²	Пластмасса, тип марки
3	15—11	ПБТФ; ПЭТФ-НС 36; ПК-НС _к 20; ПК-НС 30-40; ПБТФ-НС 15-20
2	10—6	СФ; ПЭТФ-НС 20-33
1	5—0	ПЭТФ
T = 100 °C		
13	Не разрушается	Пластмассы те же, что и при T = 20 °C
10	50—46	ПК-УП _{мм} (II)
7	35—31	ПК (I)
6	30—26	ПК-НС 10
5	25—21	ПК-НС 20; ПБТФ-НС 30
4	20—16	ПК-НС 30-40
3	15—11	ПБТФ; ПБТФ-НС 20-15

Примечания. См. примечание 2 к табл. 6.4.
2. Данные для ПА приведены для О. В воздуха 50—60 %.

Таблица 6.16. Группа пластмасс по ударной вязкости по Изоду на образцах с надрезом $a_{и.н.}$

1. При обычной температуре (20 °C)

Пластмасса, тип марки	$a_{и.н.}$ Дж/м	Пластмасса, тип марки	$a_{и.н.}$ Дж/м
15 группа	Не разрушается	ПА 6-УП _{мм} (II)	
ПЭНП	Не разрушается	ПАР-УП (ПЭТФ)	350—200
Пур	То же	5 группа	250—201
14 группа	1100—1001	ПФФ	300—200
ПА 66-УП	1068	ПК-НС 10	300—200
12 группа	900—801	ПА 66-УП _{мм} (II)	250—240
ПБТФ-УП	965—804	ПА 11-Э	354—110
ПК-УП _{мм} (II)	850	4 группа	200—151
11 группа	800—701	ПАР	250—150
ПК-УП _м , УФ	800	АБС/ПК	200
ПК-УП _м , ХС	750	БСПЭ	294—98
10 группа	700—601	АБС-УП ₁	250—130
ПК (I)	800—600	ПП-УП ₂	189
ПК-УП _м , ТС, ХС	650	ПАР-ХС (ПА 6)	262—85
9 группа	600—501	ПА 6 (I)	200—140
АБС/Пур	643—520	ПА 6-НС 30	170—140
8 группа	500—401	3 группа	150—101
АБС-УП ₄	536—456	УПС-УП ₃	170—130
АБС/ПСФ	536—428	ПА 66-НС 35	150
ПА 6-УП _{мм} (IV)	490—320	ПАИ	145
АБС-УП ₂	429—375	ПА 66 (I)	175—112
АБС/ПВХ	697—107	ПБТФ-НС 30, УП	171—102
7 группа	400—301	ПМП	161—107
ПИ	484—242	ФТ	161—107
ПП-Э	643—80	ПА 11-НС 43, А (графит)	129
АБС-УП ₂	350—300	ПЭТФ-НС 55	123
ПИ-А (графит 15—40)	360—260	СФ-УП	123
6 группа	300—251	ПБТФ-НС 50	118
ПА 6-УП _{мм} (III);	330—250	ПЭВП	134—96
		ПЭТФ-НС 45	113
		УПС-УП ₄	130—90

Пластмасса, тип марки	$a_{и.н.}$ Дж/м	Пластмасса, тип марки	$a_{и.н.}$ Дж/м
ПК-НС 20-35	120—100	ПСФ-НС 20	67—58
ПЭИ-НС 30	108	ПС-НС _у 40	64—59
ПСФ-НС _у 20	107	ПБТФ-НС, НМН 40	75—48
АБС-А (ТФЭ 15)	107	ПСФ-НС _у 10	70—50
ПА 11-НС 30	123—91	ПА 6-НМН 30	60
ПА 11-НС 23, А (графит)	106	ПС-НС _у 30	59
ПАР-ГЗП	150—80	ПЭИ-НС 10	59
НСФ-НС 40	118—86	САН-НС _у 30-40	59—54
ПБТФ-НС 40	108—96	ПП-НМЛ 10-40	81—32
2 группа	100—51	ПА 11	70—41
ПФО-НС 10	100	ПС-НС _к 30	54
ПСФ-А (ТФЭ 15)	97	ПС-НС _в 30	54
ПП-НС _у 25-40	135—59	ПСФ-НС 10	54
ПФО-А (ТФЭ 15)	96	ПП-НС 20, ВС	54
ФТ-А (кокс 25)	96	ПП-НТ 20, УП	54
ПБТФ-НМН 25, УП	96	ПВХВ-НС _у 15	54
ПБТФ-НС 30	100—90	ПБТФ-НМН 10-25	54
ПЭТФ-НС 36-30	102—83	ПЭИ	54
ПП-УП ₁	102—81	ПП	81—22
ПБТФ-НС _в 30	96—86	ПС-НС _у 20	54—48
ПЭИ-НС 20	86	САН-НС _у 20	54—48
ПФО-НС 20-30	91—80	ПА 66-НС 20	51
ПЭС	84	1 группа	50—0
ПСФ-НС 30	97—70	МС-УП, ПР	50
ПЭС-НС 40	86—80	ПБТФ-НС 10-15	58—40
ПВХВ-НС _у 20	86—80	ПП-НС _у , НМН	54—43
ПП-НА 40	81	ПП-НС _у , НТ	54—43
УПС-УП ₃	90—70	ПМП-НС 30	48
ПАИ-НС 30	80	ПАИ-НС _у 30	48
ПЭТФ-НС _в 30	80	ПБТФ-НС _ш 30-40	47
ПФО-НС 40	80	ПВХВ-НС _у 10	45
ПК-НС _к 20-30	82—78	ПБТФ-НС, НС _ш 30	45
ПЭС-НС 30	80—70	САН-НС _у 20, НМН 10	43
ПАИ-А	86—64	ПА 11-НС _ш 30	43
СММА-УП	107—43	ПФО-НСЖ 25	43
ПЭВП-НС _у 30-40	91—59	ШБТФ-НС _ш 10-20	43
ПА 612-УП	75	ПП-НМН 10-50	54—27
ПП-НС _у 10	102—43	ПБТФ	50—30
ПЭВП-НС _у 20	80—64	САН-НС _у 10	38
УПС-УП ₂	90—50	САН-НС _у , НС _ш 35	38
ПСФ-НС _в 20-30	75—65	САН-НС _у 15, НМН 15	38
ПФО-НС _в	70	ПП-НС _у , НС _ш	38
ПЭС-НС 10-20	75—64	ПС-НС _у 10	37
АБС-НС _у 10-40	80—59	ПС-НС _в 20	37
ПА 66-НС 13	69	ПП-НСЖ 40	37
ПА 612	69	ПБТФ-НС, НМН 35	37
СФ	81—54	ПП-НТ 10-40	49—21
ПСФ	70—64	УПС-УП ₁	40—27
ПЭС-НС _в 20-30	86—48	ПП-НС _ш 20-40	32
ПЭВП-НС _у 10-15	75—59	ПП-НСЛ 20-50	37—27
ПБТФ-НС 20	75—58	ПММА-УП ₁	32
АБС-НС _в 20-40	75—54	ПЭВП-А (ТФЭ 20)	32
ПСФ-А (ТФЭ 15)	64	ПМП-НСЛ 15	32—26
ПЭТФ-НС, НСЛ 35	64	ПА 11-А (графит)	27
ПФО-НС 30, А (ТФЭ 15)	64	ПП-НС _у 20, ЭП (сажа 15)	27
ПММА-УП ₂	64	САН	32—20

Продолжение табл. 6.16

Пластмасса, тип марки	$a_{н. н.}$ Дж/м	Пластмасса, тип марки	$a_{н. н.}$ Дж/м
ПП-НС _ш 10	25	ПММА	21—19
ПС	22—18	ПС-ВС	16
ПЭТФ	20	СММА	20—12

2. При пониженных и повышенных температурах

Номер группы	$a_{н. н.}$ Дж/м	Пластмасса, тип марки
$T = -40^\circ\text{C}$		
8	500—401	ПК-УП _м , ХС
4	200—151	ПК-УП _м , УФ
3	150—101	ПФО; ПА 66-УП; ПК-УП _м , ТС, ХС; АБС-УП ₁ ; ПА 11-НС 43, А (графит)
2	100—51	СФ-УП; ПА 11-НС 23, А (графит); ПА 11-НС 30; ПФО-НС 10-40
1	50—0	СФ; ПА 11; ПБТФ; ПА 11-Э; ПБТФ-НС 10-15; ПА 11-А (графит)
$T = -20^\circ\text{C}$		
10	700—601	ПК-УП _м , ХС
9	600—501	ПК-УП _м , ТС, ХС
5	250—201	ПК-УП _м , УФ
4	200—151	ПФО
3	150—101	АБС-УП ₁ ; ПБТФ-НС 50
2	100—51	ПБТФ-НС 30-40; ПФО-НС 10-40
1	50—0	ПБТФ-НС 10-15
$T = 0^\circ\text{C}$		
10	700—601	ПК-УП _м , УФ; ПК-УП _м , ХС; ПК-УП _м , ТС, ХС
5	250—201	ПФО
4	200—151	АБС-УП ₁
3	150—101	ПБТФ-НС 50; ПП-НС _у 25-40
2	100—51	ПБТФ-НС 30-40; ПФО-НС 10-40; ПП-НА 40; ПП-НС _у 10
1	50—0	ПП; ПБТФ-НС 10-15; ПП-НТ 10-40
$T = 40^\circ\text{C}$		
6	300—251	ПФО
3	150—101	ПБТФ-НС 30-50; ПФО-НС 10
2	100—51	ПФО-НС 20-40; ПБТФ-НС 10-15
$T = 60^\circ\text{C}$		
7	400—301	ПФО
4	200—151	ПБТФ-НС 50
3	150—101	ПБТФ-НС 30-40; ПФО-НС 10-40
2	100—51	ПБТФ-НС 10-15
$T = 80^\circ\text{C}$		
6	300—251	ПБТФ-НС 50
5	250—201	ПБТФ-НС 30-40
3	150—101	ПФО-НС 10-40; ПБТФ-НС 10-15
$T = 100^\circ\text{C}$		
4	200—151	ПФО-НС 10-30
3	150—101	ПФО-НС 40

Примечания. 1. Имеются марки с повышенной ударной прочностью, для которых в каталогах на полимеры не приводится $a_{н. н.}$: ПБТФ: УП — Джедфит, «Джедф», США (46027); покан, «Баер», ФРГ (марка поставляется).
2. Данные для ПА приведены при О.В. воздуха 50—60 %.

Таблица 6.17. Группы пластмасс по коэффициенту трения по стали $K_{тр}$

Пластмасса, тип марки	$K_{тр}$	Пластмасса, тип марки	$K_{тр}$
11 группа	0,02—0,04	3 группа	0,301—0,4
ФТ-А ₇	0,02—0,04	ПК-А ₂ (ПТФЭ)	0,26—0,36
8 группа	0,08—0,1	СФ	0,25—0,37
ФТ-А ₈	0,08—0,1	ПА 12	0,28—0,35
7 группа	0,101—0,15	ПА 6-НС	0,29—0,35
ПБТФ	0,1—0,15	ПЭВП	0,3—0,35
ФТ-А ₅	0,1—0,15	ПА 12-НС	0,3—0,36
ПБТФ-НС	0,11—0,15	ПК-НС 30	0,33—0,35
ПТ	0,14	ПАЛИ-НС, НТ	0,23—0,46
ПЭТФ-НС	0,1—0,2	ПА 6-НС _к 30	0,3—0,4
6 группа	0,151—0,2	ПАР	0,3—0,4
СФ-А (ПТФЭ 21)	0,13—0,18	ПИ-А (графит 15)	0,3—0,4
ПЭТФ	0,13—0,18	ПФО	0,35
ФТ-А ₄	0,15—0,20	ФТ-А ₁	0,31—0,4
ПА 610-НС _к 30, А (MoS ₂)	0,16—0,18	ФН	0,35—0,4
СФ-А _{изв} ; ПФ-А _{изв}	0,16—0,2	ПА 66	0,39
СФ-А _{сл}	0,17—0,22	2 группа	0,401—0,5
СФ-А (MoS ₂)	0,17—0,22	СФ-НС	0,45
ПА 12-А (MoS ₂)	0,17—0,22	ПОД-А	0,4—0,5
ПА 6	0,15—0,25	ПБО	0,4—0,5
5 группа	0,201—0,25	ПС	0,46
ПА 6 (блочный)	0,2—0,22	ПК-А ₁ (ПТФЭ)	0,54—0,42
ФТ-А ₃	0,2—0,25	ПК	0,45—0,55
ПИ-А (графит 50, нитрид бора)	0,15—0,31	ПСФ	0,5
4 группа	0,251—0,3	АБС	0,5
АК	0,25—0,27	УПС	0,5
ФТ-А ₂	0,25—0,30	1 группа	0,501—0,6
ПА 610	0,26—0,32	ПОД	0,5—0,55
ПА 66-НС	0,26—0,33	ПММА	0,54
АБС/ПСФ	0,28—0,31	ПАЛИ	0,46—0,66
		ПЭПН	0,58
		ПВХВ	0,6

Примечание. Имеются марки с измененными антифрикционными свойствами, для которых в НТД на полимеры и каталогах не приводится $K_{тр}$. Ниже даны сведения об этих марках (порядок их расположения указан в примечании к табл. 6.1):

АБС: А (ТФЭ 15) — АБС, ЛНП, США (AL-4030);
ПА 66: А (графит) — ультрамид, БАСФ, ФРГ (марка поставляется); А (MoS₂) — технил А, «Рон Пулен», Франция (А 216 Y2; А 216 Y10; А 216 Y17); ультрамид А; БАСФ, ФРГ (марка поставляется); А (ПЭ) — ультрамид А, БАСФ, ФРГ (А3R);
ПА 610: А (графит 2-5) — ПА 610, СССР (ПА 610-1-202); А (графит 10) — ПА 610, СССР (ПА 610-1-103); А (MoS₂) — ПА 610, СССР (ПА 610-1-101);
ПА 11: А (графит) — рильсан В, «Ато шими», Франция (BMN68; BMN69; BESN69); А (MoS₂) — рильсан В, «Ато шими», Франция (BMNY, BESNY); А, УФТ — рильсан, «Ато шими», Франция (BMNY TL);
ПА 12: А (графит) — вестамид, «Хюльц», ФРГ (L 1960, L 1960E); Рильсан А, «Ато шими», Франция (AMNG8);
ПАИ: А (ПТФЭ) — орлон, «Амоко», США (4301, 4275, 4347);
ПАР: А (MoS₂, 5) — ПАР, СССР (делан 524); А-ПАР, «Юнитика», Япония (марка поставляется);
ПИ: А (графит 15, ПТФЭ 10) — веспел, «Дюпон», США (SP-211); А (графит 25) — ПИ, СССР (ПАМ-25-67, ПАМ-25-69); А (графит 40) — веспел, «Дюпон», США (SP-22); А (MoS₂, 15) — веспел, «Дюпон», США (SP-3);
ПК: А — лексан, «Дженерал электрик», США (191);
ПС: А (ПТФЭ 15) — ПС, ЛНП, США (CL-4030);
ПСФ: А (ПТФЭ 15) — салфил, «Вилсон-Файберфилл», США (Su-1500/TF/15);
А (ПТФЭ 15), ОГН₂ — ПСФ, «Компаунд технолоджи», США (PF — 000/15T); А (ПТФЭ 20), ОГН₂ — РТП, «Файберайт корп.», США (RTP—900 TFE 20); А (ТФЭ 15) — термокомп, ЛНП, США (GL-4030);
ПЭВП: А (ТФЭ 20) — ПЭВП, ЛНП, США (FL-4040);
ПЭС: НС 30, А (ТФЭ 15) — ПЭС, ЛНП, США (JFL-4036);
САН: А (ТФЭ 15) — САН, ЛНП, США (BL-4030);
СФ: А — ультраформ, БАСФ, ФРГ (N 2211 PV);
ФН: А (графит) — ФН, СССР (ФГ-2); А (кокс) — ФН, СССР (графилон К); А (углеродное волокно) — ФН, СССР (графилон 20); А — ФН, СССР (С₂ антифрикционный).

Таблица 6.18. Группы пластмасс по коэффициенту износа по сетке $K_{изн}$

Пластмасса, тип марки	$K_{изн} \cdot 10^4$, мм ² /(м·см ²)	Пластмасса, тип марки	$K_{изн} \cdot 10^4$, мм ² /(м·см ²)
6 группа	0,51—1	4 группа	2,1—5
СФ-А _{изн}	0,85	ПА 12	2—4
5 группа	1,1—2	ПБО	5
ПА 610-НМН 20	1—1,5	3 группа	5,1—10
ПК-НС 30	1—2	ПОД	6
ПА 610	1—2	ПК-А ₂ (ПТФЭ)	3—10
ПИ-А (графит 15)	1—2	ПАЛИ	4—15
ПИ-А (графит 50, нитрид бора)	1,3—3	2 группа	10,1—20
ПА 6	1,5—2	ПК-А ₁ (ПТФЭ)	10—20
СФ	1,6—2	1 группа	20,1—30
		ПК	10—40

Таблица 6.19. Группы пластмасс по электрической прочности $E_{пр}$ (при переменном напряжении частотой 50 Гц)

Пластмасса, тип марки	$E_{пр}$, кВ/мм	Пластмасса, тип марки	$E_{пр}$, кВ/мм
Толщина образца 1 мм			
6 группа	100—71	ПА 6-УП _с ^{м2}	37
ПА 66 ^с	100	ПЭНП-ЖС (вулканизация)	35
ПА 6-НС 15-50 ^с	80	ПЭНП-ОГН	35
5 группа	70—51	ПА 6-НС _ш 50, ТСТ ^с	35
ПА 66-НС 15-50 ^с	70	ПА 6-УП _с ^{м1}	35
ПА 6-НС 15-50, ТСТ ^с	40—80	ПА 6-УП _с ^{м2}	35
ПА 6 ^с	35—80	ПА 6-УП _с ^{м3}	35
ПЭВП ВМ	50—55	ПА 6-ОГН ₂	35
4 группа	50—43,1	ПА 6-ПР ^с	35
ПА 66-НМН 30—40 ^с	43—50	ПА 6-ПР, ПЩ ^с	35
СЭВ	40—50	2 группа	35,9—26,1
СЭП	40—50	ПК-НС 10-40	30—39
ПЭНП	40—50	ПК-НС 10-35, ОГН ₂	30—39
ПЭВП-УП ₁	40—50	ПК-НС _к 20-30	30—39
ПЭВП-УП ₂	40—50	ПК-НС _к 20-30, ОГН ₂	30—39
ПЭВП-СРР	40—50	ПА 11-УФТ ^с	34
ПА 6-НС 30, УП, ТСТ ^с	45	ПА 11-Э, УФТ ^с	33—34
3 группа	43—35,1	ПК	30—36
ПЭВП	40—45	ПЭИ	33
ПЭВП КН	40—45	ПА 6-НС 15-50	30—36
ПЭВП-НМЛ 15-30	40—45	ФТ-ТС ₁ , А ₆	25—41
ПЭВП-НТ 15-20	40—45	ПВХП-ТС, ДЭ ₂	30—35
ПЭВП-НСЛ 20	40—45	ПЭНП (вулканизация),	32
ПЭВП-НАЭ 10	40—45	ОГН	
ПБТФ-НС 10-45	40	ПА 6	30—35
ПЭНП-ТГ	40	СЭВ	28—35
ПЭНП-СРР	40	ПА 66-НМН 30-40	26—35
ПА 6-НС 30, УП, ТСТ	40	ПЭИ-НС 10-30	30
ПА 6-УП _с ^{м3}	40	ПМП	30
ПА 66	40	ПВХВ-УП ₂	30
ПА 66-НС 15-50	40	ПА 6-НМН 50 ^с	30
ПП-МР ₂	40	ПА 6-УП _с ^{м1}	30
ПВХВ	30—45	ПА 6-Э ^с	30
ПА 6-НС 15-50, ТСТ	35—40	ПА 6-ПР	30
ПА 6-ОГН ₂ ^с	25—50	ПА 6-ПР, ПЩ	30

Продолжение табл. 6.19

Пластмасса, тип марки	$E_{пр}$, кВ/мм	Пластмасса, тип марки	$E_{пр}$, кВ/мм
ПП-УП	27—31	ФТ-ТС ₁ , А ₆	20—25
ПА 11 ^с	28	3 группа	22,5—20,1
БСПЭ	25—30	СФ-НС 20-30	20—24
ПВХП-МР, ДЭ ₂	25—30	ПБТФ-НМН 10	22
ПП	25—30	АК ^с	20—24
ПП-ЖС	25—30	ПА 6-НС, НМН 40 ^с	22
ПП-МР ₁	25—30	ПА 6 ^с	20—23
ПА 11-Э ^с	26—27	ПА 66 ^с	21—22
1 группа	26—15	ПА 66-НС 15-50 ^с	21—22
ПА 6-Э	25	ПА 610-А (графит 5) ^с	21
ПБТФ	24	ПА 12-Э ^с	18—23
ПВХП	20	ПА 6 (блочный) ^с	20—21
ПА 6-НС _ш 50, ТСТ	20	ПА 66-НС _к 30 ^с	17—24
Толщина образца 2 мм			
6 группа	35—30,1	2 группа	20—17,6
ПБТФ-НС 20-30, УФТ	33—34	ПАЛИ	20
ПЭНП	28—36	ПАЛИ-НС, НТ	17—23
ФТ-Э, ДЭ	32	ПТ-НС 10	20
5 группа	30—25,1	ПА 6-НС _к 30 ^с	17—23
ФТ-ТС ₁ , А ₇	25—35	ПБТФ	15—24
ФТ-ДЭ	25—35	ПА 6-НС _к 30, ТСТ ^с	18—20
СЭП	28—30	ПА 12-ТСТ ^с	18—20
ПБТФ-НМН 25, ОГН ₂	28—27	ФТ-ТВ	16—22
ПБТФ-НС, НМН 30-55	25—30	ФТ-Э, ТС ₁	17—20
ПБТФ-НС 10-45	24—30	1 группа	17,5—15
ПБТФ-НС 30, УП	27	ФТ-МР ₁	14—16
ПБТФ-НС, НМН 45, ОГН ₂	27	Толщина образца 3 мм	
ПБТФ-НС, НС _ш 30	27	6 группа	28—22,1
ПБТФ-НС 10-45, ОГН ₂	24—29	ПЭВП ВМ	28
ПТ-Э, МР	26	ПФО-ТС, ОГН ₂	25
ПЭВП-НС _у 10-40	24—27	САН-ДЭ	25
4 группа	25—22,6	САН-ОЛЗ	25
СФ-А _{изн}	23—27	ПП-АНТ	23
ПБТФ-НМН 25, УП	25	5 группа	22—17,1
ПТ-НСЛ 15-25	24—26	ПЭТФ-НС, НСЛ 35	22
ПА 12-А (МоS ₂) ^с	25	ПФО-НС 10-30, ОГН ₁	20—24
ПА 610-НС _к 30 ^с	20—30	ПС	20—24
ПА 610-НС _к 30, А (МоS ₂) ^с	25	САМ	20—24
ФТ-А ₇	20—30	ПА 11-А (МоS ₂) ^с	22
ФТ-УФ	25	ПБТФ-НС 30, УП	21—22
ФН	19—30	ПП	20—23
ПЭНП-НС _у 10-40	22—27	ПБТФ-НС _к 20-30	20—22
ФТ	23—26	ПЭТФ-НС 20-55	16—26
ПФО	24	ПФО-УП	21
ПТ	21—27	ПФО-НС 10-30	16—25
ФТ-ПР ₁ , А ₅	23—25	ПП-УП	18—23
СФ	20—27	ПБТФ-НС, НМН 30-55	18—22
ПА 610-НС 30 ^с	21—26	ПС-ТС	20
ПА 610-НМН 10-40 ^с	20—27	САН-НС, НС _ш 35	20
ПА 610 ^с	20—26	САН-НС 15-20, НМН 10—15	20
ПА 66-НС _к 30, А (МоS ₂) ^с	23	АБС/ПВХ	20
ПК	20—25	МС	20
ПК-НС 10-40	20—25	МСН	20
ПА 12 ^с	20—25	ПММА-ТС ₂	20
ПА 66-НС 30, А (МоS ₂) ^с	22—23	СММА	18—22
ФТ-ТВ, А ₂	20—25		

Продолжение табл. 6.19

Пластмасса, тип марки	$E_{пр}$, кВ/мм	Пластмасса, тип марки	$E_{пр}$, кВ/мм
ПЭНП	17—23	ПА 11-Э, УФТс	16,5—18
ПЭВП-НС _у 10-40	20	4 группа	17—14,6
ПА 11-НС 30 ^с	20	ПК-ОГН ₂	17
ПА 11-ТСТ ^с	20	ПСФ	17
ПА 11-УФТ ^с	20	ПСФ-А (ТФЭ 15)	17
ПП-НС _ш 10-40	20	ПЭТФ-НС 30-33, ОГН ₂	17
ПП-НТ 10-30, ТС	20	САН-НС 30	16—18
ПП-НТ 20, УП	20	САН-УФ /	16—18
ПП-НМЛ 10-40	20	АБС-УП ₂	14—20
ПП-НСЛ 25-40	20	АБС-УП ₃	14—20
ПП-НСЛ 25-40, ТС	20	АБС-ТС	14—20
ПП-НМН 10-50	20	АБС/ПК	17
ПП-НС, НС _ш	20	АБС/ПСФ	17
ПП-НС, НМН	20	ПИ	12—22
ПП-НС, НТ	20	АЦЭ	10—24
ПП-ТС	17—23	ПВХВ	14—20
ПК-НС 10-40	18—21	ПА 11 ^с	17
САН-НС _у 10-40	19—20	ПА 11-Э ^с	16,5—17,5
ПАИ	15—24	ПА 11-Э, АНТ ^с	17
ПБТФ-НС 10-45	16—22	ПК	15—18
ПБТФ-НС 15-30, А (ПТФЭ 15)	19	ПБТФ	16—17
ПБТФ-НС _ш 10-40	19	САН-ХС	16—17
ПБТФ-НС, НС _ш 30	19	ПММА-ОГН ₂	16—17
ПЭТФ	16—22	ПА 66 ^с	15—18
ПФО	16—22	ПЭС	16
ПС-НС _у 10-40	16—22	ПЭС-НС 10-40	16
САН-НС _у 10-40, ОГН	18—20	ПБТФ-НС _к 20-30, ОГН ₂	16
ПММА	16—22	ПЭТФ-ПР	16
ПЭВП	18—20	ПФО-ОГН ₂	16
ПА 11-НС 23, А (графит) ^с	19	САН	16
ПП-НС _у 10-40	17—21	АБС-УП ₁ , ПР	16
УПС-УП ₂	19	ПВХП	12—20
УПС-УП ₃	11,8—25,6	ПУР-НС _у 5-40	14—18
АБС-ОГН ₂	14—25	ПА 612 ^с	16
ПП-НС _у 10-30, ОГН ₂	17—20	ПА 66-НС 13-50	16
ПСФ-НС 10-40	17—19	ПП-ОГН ₂	12—20
ПСФ-НС 10-40, ОГН ₂	17—19	ПАР	15—16
ПФО-ОГН ₁	16—20	ПУР	13—18
АБС/ПК-ОГН ₂	18	ПА 6 ^с	15—16
ПММА-ТС ₁	16—20	АБС-НС _у 10-40, ОГН ₂	14—16
ПОД	18	АБС-УП ₁	15
НЦЭ	12—24	ПММА-УП ₂	15
ПВХВ-ОГН ₂	16—20	ПА 66-УП ^с	15
ПА 12 ^с	18	3 группа	14,5—12,1
ПА 11-А (графит) ^с	18	УПС-УП ₁	11,8—16,7
ПА 6-НС 15-50 ^с	16—20	ПБТФ-УП	14
ПА 66-НС 13-50 ^с	16—20	ПА 66-НС 30, А (МоS ₂) ^с	12—16
ПП-НС _у 10-40, ТС	16—20	АБЦЭ	10—16
ПП-НТ 10-40	16—20	ПА 66-УП	13
ФТ	16—20	2 группа	12—10,6
АБС-НС _у 10-40	16—19	ПП-НМН 20, ОГН ₂	12
ПММА-УП ₁	15—20	1 группа	10,5—8
ПАИ-НС 30	14—22	ПИ-А (графит 15)	10
		ПС-ВС	8

Примечания: 1. Для ПА данные приведены для О. В воздуха 50—60 %, индексом «с» — для сухих образцов.

2. Данные получены в интервале температур, ограниченном $T_{д3}$ (табл. 6.3.3)

Таблица 6.20. Группы пластмасс по удельному объемному электрическому сопротивлению ρ_v

Пластмасса, тип марки	ρ_v , Ом·м	Пластмасса, тип марки	ρ_v , Ом·м
17 группа	$10^{16}—1,1 \cdot 10^{15}$	ФТ	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$
ПММА	10^{16}	ФТ-ТС ₁	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$
ПММА-ТС ₁	10^{16}	СФ-А (ПТФЭ 21)	$0,3 \cdot 10^{15}$
ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	$10^{14}—10^{18}$	ПЭНП-ОГН, УФ	$0,3 \cdot 10^{15}$
ПЭИ	$0,67 \cdot 10^{16}$	ПС-НС _у 10-40	$(0,1—0,4) \cdot 10^{15}$
ПАИ-НС 30	$(0,36—0,45) \cdot 10^{16}$	САН	$(0,1—5) \cdot 10^{14}$
ПЭС	$(0,1—1) \cdot 10^{16}$	ПЭВП-НС 30	$4 \cdot 10^{12}—5 \cdot 10^{14}$
АБС-УП ₄	$0,3 \cdot 10^{16}$	САН-НС _у 10-40	$(0,1—0,44) \cdot 10^{15}$
АБС-ТС	$0,15 \cdot 10^{16}$	ПС-НС 30	$0,2 \cdot 10^{15}$
ФТ-ДЭ, Э	$(1—2) \cdot 10^{15}$	ПАР-УП ₁	$0,2 \cdot 10^{15}$
16 группа	$10^{15}—1,1 \cdot 10^{14}$	ПАР-ГЗН	$0,2 \cdot 10^{15}$
ПК-ОГН ₂	10^{15}	ПТ	$0,2 \cdot 10^{15}$
ПФО	10^{15}	ПП-ТС	$(1—3) \cdot 10^{14}$
ПФО-ТС, ОГН ₂	10^{15}	ПБТФ-УП	$(0,5—5,5) \cdot 10^{14}$
ПФО-ОГН ₂	10^{15}	АБС/ПСФ	$0,15 \cdot 10^{15}$
СЭП	10^{15}	ПП-НС 30	$(0,1—0,2) \cdot 10^{15}$
ПЭВП-НС _у 10-40	10^{15}	ПАИ-НС _у 30	$0,12 \cdot 10^{15}$
ФТ-ТС ₁ , А ₇	10^{15}	ПБТФ-НС 30, УП	$(0,5—2,9) \cdot 10^{14}$
ФТ-ДЭ	10^{15}	ПБТФ-ОГН ₂	$(0,1—0,16) \cdot 10^{15}$
ФТ-ПР ₂	10^{15}	15 группа	$10^{14}—1,1 \cdot 10^{13}$
ПС-ДЭ	$10^{14}—10^{16}$	ПЭС-НС 10-40	10^{14}
ПММА-УП	$10^{14}—10^{16}$	ПБТФ-НС 20-30, УФТ	10^{14}
ПММА-ТС ₂	$10^{14}—10^{16}$	ПП	$10^{13}—10^{15}$
ПЭВП ВМ	$10^{14}—10^{16}$	ПП-УП	$10^{13}—10^{15}$
ФТ-ТВ ₁ , А ₂	$10^{14}—10^{16}$	ПИ	$10^{13}—10^{15}$
ПИ-НС 30	$0,92 \cdot 10^{15}$	САН-НС _у 10-40, ОГН ₂	10^{14}
ПФО-НС 10-40	$(0,4—2) \cdot 10^{15}$	УПС-УП ₁	10^{14}
АБС/ПК-ОГН ₂	$0,74 \cdot 10^{15}$	УПС-УП ₂	10^{14}
ПК	$(0,5—1) \cdot 10^{15}$	УПС-УП ₃	10^{14}
ФТ-ТС ₁ , А ₆	$(0,5—1) \cdot 10^{15}$	АБС-ТС, ДЭ	10^{14}
ФТ-ПР ₁ , А ₅	$(0,5—1) \cdot 10^{15}$	САМ	10^{14}
ПБТФ-НМН 25, УП	$0,69 \cdot 10^{15}$	СММА	10^{14}
ПФО-НС 10-40, ОГН ₂	$(0,3—1) \cdot 10^{15}$	ПМП	10^{14}
ПЭИ-НС 10-30	$(0,3—1) \cdot 10^{15}$	ПЭНП-НМЛ 15-30	10^{14}
ПСФ	$0,5 \cdot 10^{10}$	ПЭНП-НТ 15-30	10^{14}
ПЭТФ-НС _к 30	$0,5 \cdot 10^{15}$	ПЭНП-НСЛ 20-30	10^{14}
ПК-НС 10-40	$(0,2—1) \cdot 10^{15}$	ПЭНП-НАЭ 10	10^{14}
АБС/ПК	$(0,2—1) \cdot 10^{15}$	ПП-НС _ш 10-40	10^{14}
ПБТФ-НМН 10	$0,32 \cdot 10^{15}$	ПП-НТ 10-40	10^{14}
ПК-НС 10-35, ОГН ₂	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПП-НТ 10-30, ТС	10^{14}
ПК-НС _к 20-30	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПП-НТ 20, УП	10^{14}
ПЭТФ	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПП-НМЛ 10-40	10^{14}
ПФО-ОГН ₁	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПП-НСЛ 25-40, ТС	10^{14}
ПС	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПП-НМН 10-50	10^{14}
САН-ДЭ	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПП-НМН 20, ОГН ₂	10^{14}
САН-ОЛЗ	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ФТ-А ₇	10^{14}
ПАР	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПВХВ	$10^{12}—10^{16}$
ПАИ	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПСФ-НС 10-40, ОГН ₂	10^{14}
ПЭНП	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПБТФ-НС 15-30,	$(0,5—1) \cdot 10^{14}$
ПЭВП	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	А (ПТФЭ 15)	
ПЭВП КН	$(0,1—1) \cdot 10^{15}$	ПБТФ-НМН 25, ОГН ₂	$0,7 \cdot 10^{14}$

Продолжение табл. 6.20

Пластмасса, тип марки	ρ_v , Ом·м	Пластмасса, тип марки	ρ_v , Ом·м
ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂	$0,7 \cdot 10^{14}$	ПА 6-НС 15-50, ТУФВ ^с	10^{13}
ПИ-А (графит 15)	$(0,48-1) \cdot 10^{14}$	ПА 6-НС 30, УП ^с	10^{13}
ПБТФ-НС, НМН (30-55)	$(0,1-4) \cdot 10^{14}$	ПА 6-НМН 30, ОГН ₁ ^с	10^{13}
ПЭТФ-НС 20-55	$(0,1-4) \cdot 10^{14}$	ПА 6-НМН 30, ТСТ ^с	10^{13}
ПЭТФ-НС 20-55, ОГН ₂	$(0,1-4) \cdot 10^{14}$	ПА 6-НС, НМН 40 ^с	10^{13}
ПП-НС _у 10-40	$4 \cdot 10^{13}-10^{14}$	ПА 6-УП ^с	10^{13}
ПА 12-ТСТ ^с	$0,6 \cdot 10^{14}$	ПА 6-УП ^с _{М1}	10^{13}
ПБТФ-НС 10-45	$10^{13}-3 \cdot 10^{14}$	ПА 6-УП ^с _{М2}	10^{13}
ПБТФ	$10^{13}-2,5 \cdot 10^{14}$	ПА 6-УП ^с _{М3}	10^{13}
ПА 66-А (ПЭ) ^с	$0,5 \cdot 10^{14}$	ПА 6-ОГН ₂ ^с	10^{13}
ПП-МР ₁	$10^{11}-10^{14}$	ПА 66-НС 13-50 ^с	10^{13}
ПЭНП-ЖС (вулкани- зация), ОГН	$10^{13}-2 \cdot 10^{14}$	ПА 66-НС 25-50, ТСТ ^с	10^{13}
ПОД	$(0,1-0,82) \cdot 10^{14}$	ПА 66-НС 25-50, ТВ _{Ф3} ^с	10^{13}
ПА 12 ^с	$(0,1-7,5) \cdot 10^{13}$	ПА 66-НС 25-50, ТУФВ ^с	10^{13}
СФ-А _{изн}	$(0,28-0,46) \cdot 10^{14}$	ПА 66-НМН 40, ТСТ	10^{13}
ПП-ОГН ₂	$10^{12}-10^{15}$	ПА 66-НМН, ОГН ₂ ^с	10^{13}
ПБТФ-НС 10-45, ОГН ₂	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПА 66-ТСТ ^с	10^{13}
ПБТФ-НС _к 20-30	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПА 66-Г ^с	10^{13}
ПБТФ-НС _ш 10-40	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПП-НС _у 10-30, ОГН ₂	10^{13}
ПБТФ-НС, НС _ш 30	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПП-НС _у , НС _ш	10^{13}
АБС-НС _у 10-40	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПП-НС _у , НМН	10^{13}
АБС-НС _у 10-40, ОГН ₂	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ФТ-УФ	10^{13}
ПАЛИ	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПА 12-НС 30, УФТ ^с	$0,85 \cdot 10^{13}$
ПАЛИ-НС, НТ	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПА 66-НМН 30-40	$(6-7) \cdot 10^{12}$
ПЭВП-НМЛ 15-30	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПА 66-ОГН ₂	$(0,1-4) \cdot 10^{13}$
ПЭВП-НТ 20-20	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПУР-НС _у 5-40	$0,5 \cdot 10^{13}$
ПЭВП-НСЛ 20	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПА 6-НС 15-50 ^с	$10^{12}-2 \cdot 10^{13}$
ПЭВП-НАЭ 10	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	ПА 12-УФТ ^с	$(0,9-7,5) \cdot 10^{12}$
ПП-НС _у 10-40, ТС	$(0,1-1) \cdot 10^{14}$	АБС-УП ₁	$0,4 \cdot 10^{13}$
ПТ-НС 10	$0,3 \cdot 10^{14}$	АБС-УП ₂	$0,4 \cdot 10^{13}$
ПСФ-НС 10-40	$4 \cdot 10^{12}-10^{14}$	СФ	$(0,1-1) \cdot 10^{13}$
ПА 6-НМН 30-50 ^с	$(0,1-0,2) \cdot 10^{14}$	ФН	$(0,1-1) \cdot 10^{13}$
ПЭТФ-ПР	$7 \cdot 10^{11}-2 \cdot 10^{14}$	ПА 610 ^с	$(0,1-1) \cdot 10^{13}$
14 группа	$10^{13}-1,1 \cdot 10^{12}$	ПА 610-НС 30 ^с	$(0,1-1) \cdot 10^{13}$
ПБТФ-НС _к 20-30, ОГН ₂	$0,1 \cdot 10^{14}$	ПА 6-НС 15-50, ТСТ ^с	$(0,1-1) \cdot 10^{13}$
ПАР-ХС (ПА 6)	$10^{12}-10^{14}$	ПА 11-ТСТ	$0,31 \cdot 10^{13}$
ПВХП-УП	$10^{12}-10^{14}$	ПА 11-Г, ТСТ	$0,31 \cdot 10^{13}$
ПЭВП-ОГН	$10^{12}-10^{14}$	СФ-НС 20-30	$(0,1-0,5) \cdot 10^{13}$
ПСФ-НС 30, А (ПТФЭ 15), ОГН ₂	10^{13}	ПТ-Э, МР	$0,3 \cdot 10^{13}$
ПСФ-А (ТФЭ 20), ОГН ₂	10^{13}	ПА 11-НС 30	$(0,7-4,3) \cdot 10^{12}$
МС	10^{13}	ПА 11-ОГН	$0,23 \cdot 10^{13}$
МСН	10^{13}	ПА 6-НС _к 30	$10^{11}-5 \cdot 10^{13}$
ПБО	10^{13}	ПА 11	$(0,78-3) \cdot 10^{12}$
ПЭНП-ТК	10^{13}	ПВХП-ДЭ ₃ , МР	$(0,1-0,2) \cdot 10^{13}$
ПА 612 ^с	10^{13}	ПА 6-НС _к 30, ТСТ	$(0,1-0,2) \cdot 10^{13}$
ПА 612-НС _к 33-43, УП ^с	10^{13}	АБС/ПВХ	$0,14 \cdot 10^{13}$
ПА 6-НС 15-50, ТВ _{Ф3} ^с	10^{13}	13 группа	$10^{12}-1,1 \cdot 10^{11}$
		ПА 12-НС _ш 30, ТСТ ^с	10^{12}

Продолжение табл. 6.20

Пластмасса, тип марки	ρ_v , Ом·м	Пластмасса, тип марки	ρ_v , Ом·м
ПА 12-А (графит) ^с	10^{12}	ПА 6-Э ^с	10^{11}
ПА 12-А (МоS ₂) ^с	10^{12}	ПА 6-ОГН ₂	10^{11}
ПА 11-А (МоS ₂)	10^{12}	ПА 66-УП	10^{11}
ПА 612-ТС ^с	10^{12}	ПА 66-ТСТ	10^{11}
ПА 610-НС _к 30 ^с	10^{12}	ПА 12-НС _ш 50, ТСТ	$10^{10}-10^{12}$
ПА 610-НС _к 30, А (МоS ₂)	10^{12}	ПА 12-УФТ	$10^{10}-10^{12}$
ПА 610-А (графит 5) ^с	10^{12}	ПА 66	$10^{10}-10^{12}$
ПА 610-НС _ш 50, ТСТ ^с	10^{12}	ПА 11-НС 30, УФТ	$0,69 \cdot 10^{11}$
ПА 66-УП ^с	10^{12}	ПА 6	$0,4 \cdot 10^9-10^{11}$
ПА 66-ТСТ ^с	10^{12}	ПА 11-НС 30, ОГН	$0,56 \cdot 10^{11}$
ФТ-МР ₁	10^{12}	ПА 66-НС 13-50	$(0,1-2) \cdot 10^{11}$
АБС-ОГН ₂	$10^{11}-10^{13}$	ПА 12-Э ₁	$(0,1-1) \cdot 10^{11}$
АК ^с	$10^{11}-10^{13}$	ПА 610	$(0,1-1) \cdot 10^{11}$
ПП-МР ₂	$10^{11}-10^{13}$	ПА 6-НС 15-50, ТСТ	$(0,1-1) \cdot 10^{11}$
ПА 11-А (графит)	$(0,56-1,4) \cdot 10^{12}$	ПА 6-НМН 30-50	$(0,1-1) \cdot 10^{11}$
ПА 12	$10^{11}-10^{13}$	ПА 6-НМН 30, ТСТ	$(0,1-1) \cdot 10^{11}$
ПА 610-НМН 10-40	$(0,5-1) \cdot 10^{12}$	ПА 6-НС 15-50	$6 \cdot 10^9-10^{11}$
ФТ-ТВ	$5 \cdot 10^{10}-10^{13}$	ПА 11-ПР, ПЩ	$0,2 \cdot 10^{11}$
ПА 11-ТР	$0,62 \cdot 10^{12}$	ПВХП	$0,17 \cdot 10^{11}$
ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂	$(0,2-1) \cdot 10^{12}$	11 группа	$10^{10}-1,1 \cdot 10^9$
ПА 12-НС 23-43, А (графит) ^с	$(0,19-0,45) \cdot 10^{12}$	ПВХП-ДЭ ₁ , МР	10^{10}
АБЦЭ	10^9-10^{14}	ПА 12-НС 23-43, А (графит)	10^{10}
ПА 6 ^с	$10^{10}-10^{13}$	ПА 12-УП, Э	10^{10}
ПА 12-НС 30, УФТ	$(0,1-1) \cdot 10^{12}$	ПА 12-ОГН ₂	10^{10}
ПА 6-НС _к 30 ^с	$(0,1-1) \cdot 10^{12}$	ПА 12-ПР	10^{10}
ПВХП-ДЭ ₂ , ТС	$(0,1-0,5) \cdot 10^{12}$	ПА 612	10^{10}
ПВХП-ДЭ ₁ , ТС	$0,2 \cdot 10^{12}$	ПА 6-НС 15-50, ТВ _{Ф3}	10^{10}
ПА 11-УФТ	$3,1 \cdot 10^9--4,2 \cdot 10^{12}$	ПА 6-НС 15-50, ТУФВ	10^{10}
12 группа	$10^{11}-1,1 \cdot 10^{10}$	ПА 6-НС 30, УП	10^{10}
ПА 12-НС 30	10^{11}	ПА 6-НМН 30, ОГН ₂	10^{10}
ПА 12-ПР ^с	10^{11}	ПА 6-НС, НМН 40	10^{10}
ПА 612-ТС	10^{11}	ПА 6-УП _с	10^{10}
ПА 610-НС 30	10^{11}	ПА 6-УП _{М1}	10^{10}
		ПА 6-УП _{М2}	10^{10}

Продолжение табл. 6.20

Пластмасса, тип марки	ρ_v , Ом·м	Пластмасса, тип марки	ρ_v , Ом·м
ПА 6-УП _{мз}	10^{10}	6 группа	$10^5-1,1 \cdot 10^4$
ПА 6-Э	10^{10}	ПТ-НСЛ 15-25	$(0,36-0,4) \cdot 10^5$
ПА 66-НС 25-50, ТСТ	10^{10}	ПА 11-НБ _ш , УФТ	$(3 \cdot 10^2-4 \cdot 10^6)$
ПА 66-НС 25-50, ТВ _{фз}	10^{10}	5 группа	$10^4-1,1 \cdot 10^3$
ПА 66-НМН 40, ТСТ	10^{10}	ПСФ-НУ _в 20	10^4
ПА 66-Г	10^{10}	ПЭНП-ЭП ₁	10^4
ПА 11-Э, УФТ	$9,1 \cdot 10^8-$ $-2,8 \cdot 10^{10}$	ПЭНП-ТК, ЭП	10^4
ПА 12-Э ₂	$(0,1-1) \cdot 10^{10}$	ПЭВП-ТК, ЭП	10^4
ФТ-Э	$(0,1-1) \cdot 10^{10}$	ПЭНП-ЭП ₂	$0,5 \cdot 10^4$
ФТ-Э, ТС ₁	$(0,1-1) \cdot 10^{10}$	ПЭВП-ЭП, МЦ	10^2-10^5
АЦЭ	10^8-10^{11}	4 группа	$10^3-1,1 \cdot 10^3$
ПА 12-Э ₃	$0,3 \cdot 10^{10}$	ПЭС-НУ _в 30	10^3
ПУР	$6 \cdot 10^7-10^{11}$	ПА 6-НС 15, АНТ ^с	10^2-10^4
ПА 11-Э	$(0,7-3,3) \cdot 10^9$	3 группа	$10^2-1,1 \cdot 10^1$
10 группа	$10^9-1,1 \cdot 10^8$	ФТ-ЭП (сажа 7)	10^2
ПТ-ЭП (графит 15)	10^9	ПБТФ-НУ _в 30	$10-10^3$
ПА 12-Э ₁ , УФТ	10^9	ПА 6-НС 15, АНТ	$10-10^3$
ПА-6-НС _ш 50, ТСТ	10^9	ФН-ЭП (железный порошок)	$20-80$
ПА 66-НМН, ОГН ₂ , ТСТ	10^9	2 группа	$10-1,1$
НЦЭ	10^8-10^{10}	ПЭТФ-НУ _в 30	10
ПА 12-Э ₃	10^8-10^{10}	ПП-НС, НМН, ЭП (сажа)	10
ПА 11-Э, АНТ	$9,7 \cdot 10^7-$ $-5,5 \cdot 10^9$	ПП-НМН, ЭП (сажа)	$7,07$
ПА 66-НМН 30-40	$(0,4-1) \cdot 10^9$	АБС-НУ _в 20-40	$0,3-100$
ПВХП-Э, МР ₂	$(0,1-2,5) \cdot 10^9$	ПЭНП-ЖС (вулканизация), ЭП	$1-10$
ПВХП-Э, МР ₁	$(0,1-0,5) \cdot 10^9$	1 группа	10^0-10^{-1}
ПВХП-Э, МР ₃	$10^7-5 \cdot 10^9$	ПП-НС, ЭП (сажа)	$0,5$
9 группа	$10^8-1,1 \cdot 10^7$		
ПА 12-Э ₄	10^8		

Примечания: 1. Для ПА данные приведены для О.В. воздуха 50-60%.
2. Данные получены при $T = 20^\circ\text{C}$ (с повышением температуры ρ_v — уменьшается; снижение ρ_v в диапазоне температур эксплуатации может составлять 0,5-2,5 порядка).

Таблица 6.21. Группа пластмасс по удельному поверхностному электрическому сопротивлению ρ_s

Пластмасса, тип марки	ρ_s , Ом	Пластмасса, тип марки	ρ_s , Ом
19 группа	$10^{18}-1,1 \cdot 10^{17}$	ПЭТФ	$0,3 \cdot 10^{15}$
ПММА	10^{18}	ПА 11-ОГН ^с	$0,29 \cdot 10^{15}$
ПММА-ТС ₁	10^{18}	ПА 11-ТСТ ^с	$0,29 \cdot 10^{15}$
ПММА-ТС ₂	$10^{17}-10^{18}$	ПА 11-А (МоS ₂) ^с	$0,28 \cdot 10^{15}$
18 группа	$10^{17}-1,1 \cdot 10^{16}$	АБС-ОГН ₂	$10^{12}-5 \cdot 10^{16}$
ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	10^{17}	ПА 11 ^с	$0,2 \cdot 10^{15}$
ФТ-ПР ₁ , А ₅	$(0,5-1) \cdot 10^{17}$	ПАИ-НС 30	$0,17 \cdot 10^{15}$
ФТ-ТВ, А ₂	$10^{16}-10^{17}$	15 группа	$10^{14}-1,1 \cdot 10^{13}$
САН-НС _у 10-40, ОГН ₂	$10^{16}-10^{17}$	ПФО-ОГН ₂	10^{14}
ПСФ	$0,3 \cdot 10^{17}$	ПБТФ-НС 10-45	$10^{13}-10^{15}$
ПК	$(0,5-10) \cdot 10^{16}$	ПБТФ-НС _к 20-30	$10^{13}-10^{15}$
ПК-НС 10-40	$(0,5-10) \cdot 10^{16}$	ПБТФ-НС _к 20-30,	$10^{13}-10^{15}$
17 группа	$10^{16}-1,1 \cdot 10^{15}$	ОГН ₂	
ПС	10^{16}	МС	10^{14}
ПС-НС _у 10-40	10^{16}	МСН	10^{14}
ПС-ДЭ	10^{16}	ФН	10^{14}
САН-ДЭ	10^{16}	ПВХВ	10^{14}
САН-ОЛЗ	10^{16}	ПЭВП	10^{14}
АБС-НС _у 10-40	10^{16}	ПЭВП-ОГН	10^{14}
АБС-НС _у 10-40, ОГН ₂	10^{16}	ПА 11-А (графит) ^с	$(0,6-1,1) \cdot 10^{14}$
САМ	10^{16}	ПЭТФ-НС 20-55	$10^{13}-6 \cdot 10^{14}$
ПП-НС _у 10-30, ОГН ₂	10^{16}	ПА 11-НС 43, А (графит) ^с	$0,59 \cdot 10^{13}$
ПП-НСЛ 25-40, ТС	10^{16}	ПЭТФ-ПР	$3 \cdot 10^{12}-5 \cdot 10^{14}$
ПП-НМН 20, ОГН ₂	10^{16}	ПБТФ-НС _ш 10-40	$10^{13}-10^{14}$
ФТ-ТС ₁ , А ₇	10^{16}	ПА 12 ^с	$10^{13}-10^{14}$
ФТ-ДЭ	10^{16}	ПА 12-Э ^с	$10^{13}-10^{14}$
ПОД	$0,7 \cdot 10^{16}$	ПП-МР ₁	$10^{12}-10^{15}$
АБС-УП ₁	$3 \cdot 10^{14}-10^{17}$	ФТ-ТС ₁	$10^{12}-10^{15}$
ПБТФ-НС 20-30, УФТ	$10^{15}-10^{16}$	ПА 11-Г, ТСТ ^с	$0,31 \cdot 10^{14}$
ПАЛИ	$10^{15}-10^{16}$	ПТ	$(0,1-0,85) \cdot 10^{14}$
ПП-НС _у 10-40	$10^{15}-10^{16}$	ПА 66-НС _к 30 ^с	$0,3 \cdot 10^{14}$
ФТ-Э, ДЭ	$10^{15}-10^{16}$	ПА 11-НС 30 ^с	$1,3 \cdot 10^{12}-$ $-1,7 \cdot 10^{14}$
ПФО-НС 10-40, ОГН ₂	$0,2 \cdot 10^{16}$	ПА 6-НС _к 30, ТСТ ^с	$10^{12}-2 \cdot 10^{14}$
ПП	$4 \cdot 10^{13}-10^{17}$	14 группа	$10^{13}-1,1 \cdot 10^{12}$
ПФО-НС 10-40	$(1-3) \cdot 10^{15}$	ПБТФ-НС, НС _ш 30	10^{13}
16 группа	$10^{15}-1,1 \cdot 10^{14}$	ПБТФ-ОГН ₂	10^{13}
ПБТФ	$10^{13}-10^{17}$	УПС-УП ₁	10^{13}
САН	$10^{14}-10^{16}$	УПС-УП ₂	10^{13}
ПАЛИ-НС, НТ	10^{15}	УПС-УП ₃	10^{13}
ПБО	10^{15}	ПМП	10^{13}
ПЭВП-НС _у 10-40	10^{15}	ПА 12-НС 30, УФТ ^с	10^{13}
ПЭТФ-НС 20-55, ОГН ₂	$0,8 \cdot 10^{15}$	ПА 12-НС _ш 30-50,	10^{13}
ПФО	$0,5 \cdot 10^{15}$	ТСТ ^с	
ПУР-НС _у 5-40	$0,5 \cdot 10^{15}$	ПА 12-УФТ ^с	10^{13}
ПА 6-НС _к 30 ^с	$0,5 \cdot 10^{15}$	ПА 6-УП ^с	10^{13}
ПФО-ОГН ₁	$(0,2-1) \cdot 10^{15}$	ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂	10^{13}
АБС-УП ₂	$0,4 \cdot 10^{15}$	ПА 66-Г ^с	10^{13}
ПАИ	$0,39 \cdot 10^{15}$	ФТ-ТС ₁ , А ₆	$10^{12}-10^{14}$
ПБТФ-НС 10-45, ОГН ₂	$10^{13}-10^{16}$		
ПЭНП	$10^{14}-10^{15}$		
АК ^с	$10^{14}-10^{15}$		

Продолжение табл. 6.21

Пластмасса, тип марки	ρ_s , Ом	Пластмасса, тип марки	ρ_s , Ом
ПА 66 ^c	$(0,5-1) \cdot 10^{13}$	ПА 11-ПР, ПЩ	$0,17 \cdot 10^{11}$
ПА 12-УФТ	$(0,2-1) \cdot 10^{13}$	ПА 6-НС 15-50, ТСТ	$2 \cdot 10^9 - 10^{11}$
ПА 6 ^c	$10^{12} - 2 \cdot 10^{13}$	ПА 11-Э, АНТ	$0,13 \cdot 10^{12}$
ПА 11-НС 30, УФТ	$0,33 \cdot 10^{13}$	12 группа	$10^{11} - 1,1 \cdot 10^{10}$
ПА 12	$10^{12} - 10^{13}$	ПС-АНТ	10^{11}
ПА 12-НС 30, УФТ	$10^{12} - 10^{13}$	НЦЭ	$10^{10} - 10^{12}$
ПА 6-НС 15-50, ТСТ ^c	$10^{12} - 10^{13}$	ПУР	$10^8 - 10^{14}$
ПА 6-НС 15-50, ТВ _{Ф3} ^c	$10^{12} - 10^{13}$	ПА 12-НС _ш 30-50, ТСТ	10^{11}
ПА 6-НС 15-50, ТУФВ ^c	$10^{12} - 10^{13}$	ПА 12-ПР ^c	10^{11}
ПА 6-НМН 30, ОГН ₁ ^c	$10^{12} - 10^{13}$	ПА 6	$10^{10} - 10^{12}$
ПА 6-НС 15-50 ^c	$10^{12} - 10^{13}$	ПА 6-НМН 30, ТСТ	$10^{10} - 10^{12}$
ПА 66-А (ПЭ), ТСТ ^c	$10^{12} - 10^{13}$	ПА 12-Э ₅ ^c	$0,5 \cdot 10^{11}$
ПА 11-Э	$0,65 - 9,8 \cdot 10^{12}$	ПА 66-НС 13-50	$10^{10} - 10^{11}$
13 группа	$10^{12} - 1,1 \cdot 10^{11}$	ПА 12-Э ₃	$0,3 \cdot 10^{11}$
АЦЭ	$10^{11} - 10^{13}$	11 группа	$10^{10} - 1,1 \cdot 10^9$
ПЭНП-АНТ	10^{12}	ПА 12-Э ₄	10^{10}
ПА 12-Э ₂	10^{12}	ПА 610	10^{10}
ПА 610 ^c	10^{12}	ПА 6-НС 15-50, ТВ _{Ф3}	10^{10}
ПА 6-НС 30, УП ^c	10^{12}	ПА 6-НС 15-50, ТУФВ	10^{10}
ПА 6-НМН 30, ТСТ ^c	10^{12}	ПА 6-НС 30, УП	10^{10}
ПА 6-НС, НМН 40 ^c	10^{12}	ПА 6-НМН 30, ОГН ₁	10^{10}
ПА 6-УП _{м1} ^c	10^{12}	ПА 6-НС, НМН 40	10^{10}
ПА 6-УП _{м2} ^c	10^{12}	ПА 6-УП _с	10^{10}
ПА 6-УП _{м3} ^c	10^{12}	ПА 6-УП _{м1}}	10^{10}
ПА 66-НС 13-50 ^c	10^{12}	ПА 6-УП _{м2}}	10^{10}
ПА 66-НС 25-50, ТСТ ^c	10^{12}	ПА 6-УП _{м3}}	10^{10}
ПА 66-НС 25-50, ТВ _{Ф3} ^c	10^{12}	ПА 66	10^{10}
ПА 66-НС 25-50, ТУФВ ^c	10^{12}	ПА 66-НС 25-50, ТСТ	10^{10}
ПА 66-НМН 40, ТСТ ^c	10^{12}	ПА 66-НС 25-50, ТВ _{Ф3}	10^{10}
ПА 66-НМН, ОГН ₂ , ТСТ ^c	10^{12}	ПА 66-НС 25-50, ТУФВ	10^{10}
ПА 11-НС 30, ОГН	$0,85 \cdot 10^{12}$	ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂	10^{10}
ПП-ГС	$0,8 \cdot 10^{12}$	ПА 66-НМН, ОГН ₂ , ТСТ	10^{10}
ПА 12-НС 23, А (графит)	$0,57 \cdot 10^{12}$	ПА 66-Г	10^{10}
ПА 11-НБ _ш , УФТ	$(0,28-1,7) \cdot 10^{12}$	ПА 6-НС 15-50	$0,5 \cdot 10^9 - 10^{11}$
		5 группа	$10^4 - 1,1 \cdot 10^3$
		ПА 6-НС 15 АНТ ^c	$10^2 - 10^5$

Примечание. См. примечания к табл. 6.19.

Таблица 6.22. Группы пластмасс по диэлектрической проницаемости $\epsilon_{пр}$

Пластмасса, тип марки	$\epsilon_{пр}$	Пластмасса, тип марки	$\epsilon_{пр}$
Частота 50 Гц			
19 группа	2-2,24	АБС-УП ₄	3,3
ПМП	2,12	СММА-УП	3,34
18 группа	2,25-2,49	ПБТФ-УП	3,2-3,6
ПЭВП ВМ	2,25	13 группа	3,5-3,74
ПП-УП	2,2-2,3	ПК-НС 10-35, ОГН ₂	3,2-3,8
ПЭНП	2,28	ПЭС	3,5
ПЭВП	2,3	ПЭТФ-ПР	3,4-3,6
ПП-МР ₂	2,3	ПИ	3,4-3,6
ПП	2,2-2,6	ПСФ-НС 10-40	3,55
ПП-НС _у 10-40	2,2-2,6	ПСФ-НС _к 10-40	3,55
ПП-ТС	2,2-2,6	ПБТФ-НС 10-15	3,5-3,6
17 группа	2,5-2,74	ПММА-ТС ₂	3,5-3,7
АБС/ПВХ	2,5	ПА 610-НС 30 ^c	3,6
ПС	2,45-2,65	ПП-ОГН ₂	2,5-4,7
ПЭВП-ОГН	2,58	ПСФ-НС _к 10-40, ОГН ₂	3,65
ПС-ТС	2,6	СФ	3,5-3,8
УПС-УП ₁	2,45-2,75	ПЭТФ	3,3-4
УПС-УП ₂	2,45-2,75	ПММА-УП	3,4-3,9
УПС-УП ₃	2,45-2,75	ПБТФ-НС 20-30, УФТ	3,6-3,8
ПФО	2,64-2,7	ПБТФ-НС _ш 10-40	3,4-4
ПФО-ОГН ₁	2,64-2,7	ПММА-УП ₂	3,7
ПФО-ОГН ₂	2,7-2,78	ПА 612-НС _к 33-43, УП ^c	3,7
16 группа	2,75-2,99	ПА 66-ТСТ ^c	3,7
ПФО-ТС, ОГН ₂	2,8	12 группа	3,75-3,99
САН-НС _у 10-40, ОГН ₂	2,8-2,83	ПММА-ТС ₁	3,6-3,9
ПФО-НС 10-40	2,86-2,93	ПБТФ-НС 10-45, ОГН ₂	3,6-4
ПС-НС _у 10-40	2,8-3,1	ПЭТФ-НС, НСЛ 35	3,8
САН-УФ	2,9-3	АБЦЭ	3,5-4,1
АБС/ПК-ОГН ₂	2,95	ПА 6-ТСТ ^c	3,8
АБС/ПК	2,9-3,08	ПА 66-ОГН ₁ ^c	3,8
ПК-ОГН ₂	2,99	ПА 66-НМН 40, ТСТ ^c	3,8
АБС-УП ₁	2,8-3,2	ПА 6 ^c	3,6-4,1
ПВХВ-УП ₂	2,99	ПБТФ-ОГН ₂	3,9
15 группа	3-3,24	ПА 612-ТС ^c	3,9
ПК	3-3,1	ПА 6 (блочный) ^c	3,9-4
ПСФ	3,05	11 группа	4-4,24
САН	2,6-3,5	ПБТФ-НС 30, УП	4
ПАР	3,08	ПММА	3,5-4,5
ПБТФ	3-3,2	ПА 12 ^c	3,5-4,5
ПФО-НС 10-40, ОГН ₂	3-3,2	ПА 612 ^c	4
АБС/ПСФ	3,1-3,14	ПА 6-НС _к 30 ^c	3,8-4,2
ПВХВ-ОГН ₂	3,05-3,2	ПЭТФ-НС 20-55	3,6-4,45
АБС-УП ₂	2,8-3,5	ПА 610 ^c	3,6-4,5
АБС-ТС	2,8-3,5	СФ-НС 20-30	4-4,12
САН-ХС	3,18	ПБТФ-НС, НС _ш 30	4,1
ПК-НС _к 20-30, ОГН ₂	3,2	ПЭТФ-НС 30-33, ОГН ₂	3,6-4,6
ПА 66-УП ^c	3,2	ПВХВ	4,1
14 группа	3,25-3,49	ПА 66 ^c	4-4,3
ПК-НС 10-40	3,1-3,4	10 группа	4,25-4,49
ПК-НС _к 20-30	3,2-3,3	ПА 610-НС _к 30 ^c	4-4,5
СММА	2,5-4	ПА 610-НМН 10-40 ^c	4-4,5
		ПА 66-НС 13-50 ^c	4-4,5
		ПЭТФ-НС _к 30	4,33-4,35

Пластмасса, тип марки	εпр	Пластмасса, тип марки	εпр
ПА 6-НС 15-50 ^с	4,1—4,6	ФТ	2,6—2,8
ПА 6-НС 15-50, ТСТ ^с	4,2—4,6	ФТ-ПР ₁ , А ₅	2,6—2,8
ПА 6-НС 30, ОГН ₂ ^с	4,4	16 группа	2,75—2,99
ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂ ^с	4,4	ПФО-ОГН ₂	2,78
9 группа	4,5—4,99	ФТ-ТВ, А ₂	2,8
ПА 12-Э ₁ ^с	4—5	САН	2,8—2,95
АК ^с	4—5	ПФО-НС 10-40	2,86—2,93
ПА 6-НС, НМН 40	4,6	ПС-НС _у 10-40	2,8—3
ПИ-НС 30	4,8	ПП-НС _у 10-30, ОГН ₂	2,9
8 группа	5—5,9	МС	2,7—3,2
ПА 12	5	15 группа	3—3,24
ПА 610	5,2—5,7	ПК	2,9—3,1
ПА 66-НМН 40, ТСТ	4,7—6,2	МСН	2,9—3,2
ПА 66-УП	5,5	ПФО-НС 10-40, ОГН ₂	3—3,14
ПА 610-НС 30	5,7	ПК-НС 10-40	3,1—3,2
7 группа	6—6,9	АВС-УП ₁	3,1—3,2
АЦЭ	5—7	ПЭИ	3,15
ПА 612	6	ПТ	3,1—3,2
ПУР	5,75—7,28	ПК-НС _к 20-30, ОГН ₂	3,2
ПА 66-ТСТ	6,6	ПБТФ	3—3,4
6 группа	7—7,9	АВС-УП ₂	3,2
ПА 66-НС 13-50	4,4—9,75	ПА 66-НМН 40, ТСТ ^с	3,2
ПА 66	6—9	14 группа	3,25—3,49
5 группа	8—9,9	ПК-НС _к 20-30	3,2—3,3
ПА 66-ОГН ₂	8,4	СФ-А (ПТФЭ 21)	3,3
4 группа	10—14,9	ПБТФ-ОГН ₂	3,3
ПА 6-НС 15-50	12	АВС-УП ₄	3,3
ПА 6-НС 15-50, ТСТ	12	ПА 612-ТС ^с	3,3
ПА 6	10—15	ПММА-ТС ₂	3,3
ПА 6-НМН 30, ТСТ	13	ПММА	3,3—3,5
ПИ-А (графит 15)	13,5	ПММА-ТС ₁	3,4
Частота 10³ Гц		ПА 12-УФТ ^с	3—3,8
19 группа	2—2,24	ПА 66-ОГН ₂ ^с	3,1—3,7
ФТ-ТС ₁ , А ₇	1,9—2,1	ПА 6 (блочный) ^с	3,1—3,8
ФТ-ДЭ	1,9—2,1	13 группа	3,5—3,74
ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	1,9—2,1	ПК-НС 10-35, ОГН ₂	3,2—3,8
ФТ-Э, ДЭ	2—2,2	ПЭС	3,5
18 группа	2,25—2,49	ПЭТФ-ПР	3,5
ПЭВП ВМ	2,25	САН-НС 30	3,5
ПЭНП	2,28	САН-НС _у 10-40	3,5
ПЭВП	2,3	ПЭИ-НС 10-30	3,5
ПП	2,3	ПА 12-ТСТ ^с	3,4—3,6
ФТ-ТС ₁	2,4	ПА 610-НС 30 ^с	3,5
ФТ-ПР ₂	2,4	ПБТФ-НС 10-45	3,4—3,8
17 группа	2,5—2,74	ПА 66-ТСТ ^с	3,6
ФТ-ТС ₁ , А ₆	2,5—2,6	ПБТФ-НС 20-30, УФТ	3,6—3,7
ПЭВП-ОГН	2,58	ПЭТФ	3,3—4
ФТ-А ₇	2,5—2,7	СФ	3,5—3,9
ПФО	2,64	СФ-А _{изн}	3,7
ПС	2,5—2,8	ПБТФ-НС 10-45, ОГН ₂	3,5—3,9
ПФО-ОГН ₁	2,65—2,7	ПБТФ-НС _к 20-30, ОГН ₂	3,4—4
		ПА 11	3,7
		ПА 11-А (графит)	3,7

Пластмасса, тип марки	εпр	Пластмасса, тип марки	εпр
ПА 6-ТСТ ^с	3,7	ПА 6	8,4—12
12 группа	3,75—3,99	ПА 12-Э ₃	11
ПА 610-НС _к 30 ^с	3,5—4	ФТ-Э, ТС ₁	11,6
ПА 6 ^с	3,6—4	ФТ-Э	12
ПБТФ-НС _к 20-30	3,7—4	1 группа	25—30
ПА 12 ^с	3,5—4,2	ПА 12-Э ₄	27
ПА 612-НС _к 33-43, УП ^с	3,7—4	Частота 10⁶ Гц	
ПБТФ-УП	3,9	19 группа	2—2,24
ПЭТФ-НС 20-55	3,6—4,27	ФТ-Э, ДЭ	1,9—2,1
ПА 6 ^с	3,6—4,3	ФТ-ТС ₁ , А ₇	1,9—2,1
11 группа	4,24	ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	1,9—2,2
ПА 12-НС 30, УФТ ^с	4	ФТ-ДЭ	2—2,1
ПА 12-НС _ш 30-50, ТСТ ^с	4	ПБТФ-НМН 25, ОГН ₂	2—2,2
ПА 612 ^с	4	ПМП	2—2,2
ПА 610 ^с	3,5—4,5	18 группа	2,25—2,49
ПЭТФ-НС 30-33, ОГН ₂	3,9—4,53	ПЭНП	2,2—2,3
10 группа	4,25—4,49	ПП-УП	2,2—2,3
ПА 12	4—4,5	ПММА-ТС ₁	2,3
ПА 610-НМН 10-40 ^с	4—4,5	БСПЭ	2,2—2,4
ПА 6-НС 15-50 ^с	4,1—4,4	ПП	2,2—2,4
ПА 66-НС 13-50 ^с	4—4,5	ПП-АНТ	2,3
ПА 6-НС 15-50, ТСТ ^с	4,1—4,5	ПЭВП	2,3—2,4
ПЭТФ-НС _к 30	4,3—4,33	ПЭВП КН	2,3—2,4
ПА 6-НС, НМН 40 ^с	4,4	СЭБ	2,4
9 группа	4,5—4,99	СЭП	2,4
ПА 12-НС 30, УФТ	4,5	СЭП-УП ₁	2,4
ПА 12-НС _ш 30-50, ТСТ	4,5	ПЭНП-НМЛ 15-30	2,3—2,5
ПА 610	4,6—4,7	ПЭНП-НТ 15-30	2,3—2,5
ПА 610-НС 30	4,7	ПЭНП-НСЛ 20-30	2,3—2,5
ПА 12-УФТ	4,5—5	ПЭНП-НАЭ 10	2,3—2,5
ПА 11-НС 30	4,8	ПЭВП-УП ₁	2,4
8 группа	5—5,9	ПЭВП-УП ₂	2,4
АК ^с	4,5—5,5	ПЭВП-СРР	2,4
ПА 612	5,3	ПП-НСЛ 25-40, ТС	2,3—2,5
ПА 66-ТСТ	5,5	ПП-ТС	2,3—2,5
7 группа	6—6,9	ПП-МР ₂	2,4
ПА 66	5—7	ПП-ПР ₂	2,4
ФТ-УФ	5,4—6,6	ПП-НТ 10-30, ТС	2,3—2,6
ПА 66-НМН 40, ТСТ	4,5—7,6	ПП-МР ₁	2,4—2,5
ПУР	5,35—6,97	17 группа	2,5—2,74
ПА 66-НМН 30-40	6—7	СЭВ	2,3—2,7
ПА 66-ОГН ₂	6,7	ПЭНП-ЖС (вулканизация)	2,5
6 группа	7—7,9	ПЭНП-ТГ	2,5
ПА66-НС 13-50	6,3—7,75	ПП-НТ 10-40	2,4—2,6
ФТ-МР ₁	7—8	ПП-НТ 20, УП	2,5
ПА 11-Э	5,9—9,7	ПП-НМН 10-50	2,5
5 группа	8—9,9	ПП-НМН 20, ОГН ₂	2,5
ПА 11-Э, УФТ	8	ПЭВП-ОГН, УФ	2,5—2,6
ФТ-ТВ	8—10	ФТ-ТВ, А ₂	2,3—2,8
ПА 6-НС 15-50	8,4—11	ФТ-ТС ₁ , А ₆	2,5—2,6
4 группа	10—14,9		
ПА 12-Э ₅ ^с	10		
ПА 6-НМН 30, ТСТ	10		

Пластмасса, тип марки	εпр	Пластмасса, тип марки	εпр
ПС-ОВО	2,6	АБС-УП ₁	2,9—3
ПС-ДЭ	2,6	МС	2,7—3,2
ПС-ОПТ	2,6	ПТ	2,8—3,1
САМ	2,6	15 группа	3—3,24
ПЭНП-ОГН	2,6	ПС-НС _у 10-40	2,8—3,2
ПП-ТС, МР	2,6	АБС-УП ₂	3
ФТ	2,3—2,9	ПАР-УП ₁	3
ФТ-ТС ₁	2,5—2,7	ПАР-ГЗН	3
ФТ-А ₇	2,5—2,7	ПА 12-ПР ^с	3
ПФО	2,6—2,64	ПА 612-ТС ^с	3
ПЭВП-ВМ	2,25—3	ПП-НС _у , НМН	3
ПФО-ОГН ₁	2,6—2,68	ПСФ	3,03
ПММА-УП ₁	2,3—3	ПБТФ	2,8—3,3
ПАЛИ	2,65	ПФО-НС 10-40, ОГН ₂	2,95—3,14
ПЭНП-ЖС (вулканизация), ОГН	2,5—2,8	АБС-ОГН ₂	2,95—3,15
ПП-НС _у 10-40, ТС	2,5—2,8	МСН	2,9—3,2
ПФО-ОГН ₂	2,6—2,73	АБС-УП ₄	3,1
ПС	2,6—2,8	ПА 610-НС 30 ^с	3,1
УПС-УП ₁	2,6—2,8	ПА 6-УП _м ^с	3,1
УПС-УП ₂	2,6—2,8	ПК-НС 10-40	3—3,4
ПММА	2,2—3,2	ПК-НС _к 20-30, ОГН ₂	3,2
ПММА-ТС ₂	2,2—3,2	ПБТФ-НМН 25, УП	3,2
ПЭВП-НС _у 10-40	2,7	ПБТФ-УП	3—3,4
ПП-НС _у 10-40	2,2—3,2	ПБТФ-ОГН ₂	3,1—3,3
ПП-НС _ш 10-40	2,5—2,9	ПЭТФ-ПР	3—3,4
16 группа	2,75—2,99	АБС/ПК	2,8—3,6
САН-ОЛЗ	2,7—2,8	ПАР-ДЭ	3,2
УПС-УП ₃	2,6—2,9	ПАР-ХС	3—3,4
ПММА-УП ₂	2,2—3,3	ПТ-Э, МР	3,2
ПП-НМЛ 10-40	2,4—3,1	ПА 66-УП	3,2
ФТ-ПР ₁ , А ₅	2,5—3	ПА 66-ТСТ ^с	3,2
САН-НС _у 10-40, ОГН ₂	2,75—2,77	ПА 66-Г ^с	3,2
ПЭВП-ОГН	2,58—3	14 группа	3,25—3,49
ПК	2,5—3,1	ПК-НС _к 20-30	3,2—3,3
ПФО-ТС, ОГН ₂	2,8	ПАР	3—3,5
САН	2,8	ПА 12 ^с	3—3,5
САН-ДЭ	2,8	ПА 610-НМН 10-40 ^с	3—3,5
ПА 6-НС _к 30 ^с	2,7—2,9	ПА 66 ^с	2,9—3,6
ПП-НС _у 10-30, ОГН ₂	2,8	ПА 66-ОГН ₂ ^с	3—3,5
ПП-НС _у , НС _ш	2,8	ПК-НС 10-35, ОГН ₂	3—3,6
СММА-УП	2,82—2,86	ПСФ НС 10-40, ОГН ₂	3—3,6
ПАЛИ-НС, НТ	2,6—3,1	СФ-А (ПТФЭ 21)	3,3
ПП-ОГН ₂	2,5—3,2	ПВХВ	3,1—3,5
АБС/ПК-ОГН ₂	2,87	ПА 12	3,3
ПФО-НС 10-40	2,85—2,92	ПА 610-НС 30	3,3
ПК-ОГН ₂	2,9	ПА 66-А (ПЭ), ТСТ ^с	3,3
ПБТФ-НМН 10	2,9	АБС-НС _у 10-40	3,2—3,6
АБС-ТС	2,9	ПБО	3,3—3,5
АБС-ТС, ДЭ	2,9	ПА 12-А (МоS ₂) ^с	3,4
ПА 12-ТСТ ^с	2,9	ПА 6-ТСТ ^с	3,4
ПА 66-НС _к 30 ^с	2,8—3	ПСФ-НС 10-40	3,41
ПА 66-УП ^с	2,9	ПБТФ-НС _к 20-30, ОГН ₂	3,3—3,6
ПП-НС _у 30, УП	2,9	САН-НС _у 10-40	3,4—3,5
ПП-НС _у , НТ	2,9	ПА 66-НМН 30-40 ^с	3,4—3,5

Пластмасса, тип марки	εпр	Пластмассы, тип марки	εпр
ПСФ-НС _к 10-40	3,49	ПБТФ-НС 15-30,	3,7—4
13 группа	3,5—3,74	А (ПТФЭ 15)	
ПСФ-А (ТФЭ 20), ОГН ₂	3,5	ПБТФ-НС 30, УП	3,9
ПЭС	3,5	ПЭТФ-НС 30-33, ОГН ₂	3,6—4,2
ПБТФ-НС 20-30, УФТ	3,5	ПА 66	3,2—4,6
САН-НС 30	3,5	ПА 66-НМН 30-40	3,9
АБС-НС 30	3,5	11 группа	4—4,24
АБС-НС _у 10-40, ОГН ₂	3,3—3,7	ПЭТФ-НС _к 30	4
ПА 612 ^с	3,5	ПА 612	4
ПА 612-НС _к 33-43, УП ^с	3,4—3,6	ПА 6-НС 15-50, ТСТ ^с	3,8—4,2
ПА 610	3,2—3,8	ПА 6-НС 15-50, ТВ _{Фэ} ^с	3,8—4,2
АК ^с	3—4	ПА 6-НС 15-50, ТУФВ ^с	3,8—4,2
ПА 6 ^с	3,4—3,6	ПБТФ-НС, НС _ш 30	3,9—4,2
ПА 6-НМН 30, ТСТ ^с	3,5	ПБТФ-НС _к 20-30	4,1
ПА 6-УП ^с	3,5	ПА 6-НС 30, ОГН ₂ ^с	4,1
ПСФ-НС _к 10-40, ОГН ₂	3,52	9 группа	4,5—4,99
СФ	3,4—3,7	ФН-ЭП (железный порошок)	4—5
СФ-А _{изоп}	3,4—3,7	АБЦЭ	3,2—6
ПА 610 ^с	3,1—4	ПУР-НС _у 5-40	4,2—5
ПЭТФ	3,2—4	ПИ-НС 30	4,7
ПАИ	3,5—3,7	8 группа	5—5,9
ПА 12-НС 30, УФТ	3,6	ПАИ-НС 30	4—6
ПА 6-НМН 30, ОГН ₁ ^с	3,6	АЦЭ	3—7
ПА 6-УП _м	3,6	ПА 12-Э ₂	5
ПА 66-НМН, ОГН ₂ , ТСТ ^с	3,6	ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂	5
ПА 66-ТСТ ^с	3,6	ПА 66-Г	5
ПИ	3,4—3,9	ПА 66-НС 13-50	4—6,6
ПА 66-НС 13-50, ТВ _{Фэ} ^с	3,5—3,8	ПА 6	3,7—7
ПА 66-НС 13-50, ТВФВ ^с	3,5—3,8	ПА 6-НС 15-50	3,9—6,8
ПА 66-НС 13-50, ТСТ ^с	3,5—3,8	ФН	5,5
ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂	3,6—3,7	ПУР	4,2—7
ПСФ-НС _к 30,	3,7	ПА 6-НМН 30, ТСТ	5,5—6,2
А (ПТФЭ 15), ОГН ₂	3,5—3,9	ПИ-А (графит 15)	4,3—7,6
ПБТФ-НС 10-45, ОГН ₂	3,7	7 группа	6—6,9
ПБТФ-НС, НМН 45, ОГН ₂	3,7	ПА 12-Э ₃	6
ПЭТФ-НС, НСЛ 35	3,7	ПА 6-НМН 30, ОГН ₁	6
ПОД	3,7	ПА 66-НМН, ОГН ₂ , ТСТ	6
ПА 12-НС _ш 30-50, ТСТ	3,7	ПА 66-НС 13-50, ТВ _{Фэ} ^с	5,5—6,6
12 группа	3,75—3,99	ПА 66-НС 13-50, ТУФВ	5,5—6,6
СФ-НС 20-30	3,5—4	ПА 66-НС 13-50, ТСТ	5,5—6,6
ПБТФ-НС 10-45	3,4—4,1	НЦЭ	6,2
ПЭТФ-НС 20-55	3,5—4	ПА 6-НМН 30	6,2
ПА 610-НС _к 30 ^с	3,5—4	ПА 6-НС, НМН 40	6,2
ПА 6-НС 15-50 ^с	3,6—3,9	ПА 6-УП _с	6,4
ПА 6 блочный ^с	3,4—4,1	ПА 6-НС 15-50, ТСТ	6,1—7
ПА 66-НС 13-50 ^с	3,5—4	ПА 6-НС 15-50, ТВ _{Фэ} ^с	6,1—7
ПБТФ-НС, НМН 30-55	3,6—4	ПА 6-НС 15-50, ТУФВ	6,1—7
ПА 6-НС 30, УП ^с	3,8	ПА 6-НС 30, УП	6,8
ПА 6-НМН 30 ^с	3,8	6 группа	7—7,9
ПА 6-НС, НМН 40 ^с	3,7—3,9	ФТ-ТВ	7
ПА 66-ОГН ₂	3,8	5 группа	8—9,9
		ПА 66-НМН 40, ТСТ	8,9

Примечание. См. примечания к табл. 6.19.

Пластмасса, тип марки	tg δ	Пластмасса, тип марки	tg δ
ПА 11-УФТ ^c	0,02	1 группа	0,5—0,74
ПА 612 ^c	0,02	ПА 12-Э ₄	0,55
ПА 612-ТС ^c	0,02		
ПА 66-ТСТ ^c	0,02		
ФТ-ТВ, А ₂	0,02		
ФТ-МР ₁	0,02		
6 группа	0,025—0,049	Частота 10⁶ Гц	
ПА 66 ^c	0,02—0,03	15 группа	0,0001—0,00024
ПА 6-НС, НМН 30 ТСТ ^c	0,026	ПЭВП-ОГН	0,0002
ФТ-А ₇	0,026	14 группа	0,00025—
ПА 6 ^c	0,0265		0,00049
ПА 610-НМН 10-40 ^c	0,0275	ПЭНП	0,0002—0,0003
ПА 610 ^c	0,028	ПП-УП	0,0002—0,0003
ПА 612-НС _к 33-43, УП ^c	0,03	ФТ-ТС ₂	0,00025
ПА 11-НС 30	0,03	ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	0,0002—0,0003
ПА 610-НС _к 30	0,025—0,04	ПС-ОВО	0,0003
ПА 12-ТСТ ^c	0,032—0,034	ПС-ДЭ	0,0002—0,0004
ПУР	0,019—0,049	ПС-ОПТ	0,0003
ПММА	0,04	ПМП	0,0002—0,0004
ПММА-ТС ₂	0,04	ПЭВП-УП ₁	0,0002—0,0004
ПА 12-НС 30, УФТ ^c	0,04	ПЭВП-УП ₂	0,0002—0,0004
ПА 12-НС _ш 30-50, ТСТ ^c	0,04	ПЭВП ВМ	0,0002—0,0004
ПА 612 ^c	0,04	ПП-ТС	0,0003
ПА 6-НС, НМН 40 ^c	0,04	ПП-АНТ	0,0003
ФТ-ТС ₁ , Э	0,04	СЭБ	0,0002—0,0005
ПА 12 ^c	0,036—0,05	СЭП	0,0002—0,0005
ПА 12-УФТ ^c	0,045—0,05	СЭП-УП ₁	0,0002—0,0005
5 группа	0,05—0,074	ПЭВП КН	0,0002—0,0005
ПА 11	0,05	САМ	0,0004
ФТ-Э	0,05	БСПЭ	0,0003—0,0005
ПА 11-А (графит)	0,06	ПП	0,0003—0,0005
4 группа	0,075—0,099	ПП-ЖС	0,0003—0,0005
АК ^c	0,05—0,1	ПЭВП	0,0002—0,0007
ПА 12-НС 30, УФТ	0,09	13 группа	0,0005—0,00074
ПА 11-Э ^c	0,09	ПЭВП-СРР	0,0005
ПА 11-УФТ	0,09	ПП-ТС, МР	0,0005
ПА 610	0,09	ПП-МР ₁	0,0005
ПА 12	0,09—0,1	ПС	0,0004—0,0009
3 группа	0,1—0,24	ФТ-ДЭ	0,0005—0,0008
ПА 66-УП	0,1	ПП-ОГН ₂	0,0007
ПА 12-УФТ	0,09—0,12	ФТ-ТС ₁ , А ₇	0,0006—0,0008
ПА 66-ТСТ	0,12	12 группа	0,00075—
ПА 66-НС 13-50	0,12—0,13		0,00099
ПА 66-НМН 40, ТСТ	0,13	ПП-НТ 10-40	0,0006—0,001
ПА 66-НМН 30-40	0,12—0,15	ПФО	0,0009
ПА 66	0,145	ПП-НС 30	0,0008—0,001
ПА 12-Э ^c	0,15	ФТ-ПР ₂	0,00087—0,001
ПА 612-УП	0,15	11 группа	0,001—0,0024
ПА 6-НС 15-50	0,15—0,2	ПП-НС _у 10-40, ТС	0,001
ПА 66-ОГН ₂	0,18	ПП-НС, НС _ш	0,001
ПА 12-Э ₃	0,17—0,2	УПС-УП ₁	0,0004—0,002
ПА 11-Э	0,19	ПС-НС _у 10-40	0,0005—0,002
ПА 6	0,21	ФТ-Э, ДЭ	0,0005—0,002
		ПФО-НС 10-40	0,0014—0,0016
		ПП-НС _ш 10-40	0,001—0,002

Пластмасса, тип марки	tg δ	Пластмасса, тип марки	tg δ
УПС-УП ₃	0,0003—0,003	ПК-НС 10-40	0,007—0,01
ПЭВП-НТ 15-20	0,0015—0,002	ПК-НС 10-35, ОГН ₂	0,008—0,009
ПФО-НС 10-40, ОГН ₂	0,0017—0,0021	САН-НС _у 10-40	0,008—0,009
УПС-УП ₂	0,001—0,003	ФТ-ТВ, А ₂	0,007—0,01
ПАЛИ-НС, НТ	0,002	ПК	0,007—0,011
ПЭНП-ЖС (вулканизация)	0,002	АБС-НС 30	0,009
ПП-НС _у 10-40	0,001—0,003	ПОД	0,008—0,01
ПФО-ОГН ₁	0,0024	СФ-А (ПТФЭ 21)	0,009—0,01
ИФО-ОГН ₂	0,0024	7 группа	0,01—0,024
10 группа	0,0025—0,0049	ПК-ОГН ₂	0,01
ПЭВП-НАЭ 10	0,0025	ПЭФ-НС, НСЛ 55	0,01
ПБО	0,002—0,0035	АБС-НС _у 10-40, ОГН ₂	0,01
ПАЛИ	0,002—0,004	ПТ	0,01—0,012
ПЭВП-ОГН	0,003	ПТ-НС 10	0,011
ПЭВП-ТГ	0,003	ПТ-НСЛ 15-25	0,011
ПП-НС, НТ	0,003	ПЭНП-НМЛ 15-30	0,002—0,02
ПФО-ТС, ОГН ₂	0,0031	ПЭНП-НТ 15-30	0,002—0,02
ПЭВП-НСЛ 20	0,0015—0,005	ПЭНП-НСЛ 20-30	0,002—0,02
ПСФ-НС 10-40	0,003—0,005	ПЭНП-НАЭ 10	0,002—0,02
ПСФ-НС 10-40, ОГН ₂	0,003—0,005	ПА 6-УП _м	0,011
ПСФ-А (ПТФЭ 20), ОГН ₂	0,004	ПП-НС _у 10-30, ОГН ₂	0,001—0,014
ПЭВП-НС 30	0,004	ПЭФ-НС 20-55	0,01—0,018
ПП-НМН 10-50	0,004	ПБТФ-НС 10-45	0,01—0,02
ПП-НС, НМН	0,002—0,006	ПБТФ-НС 10-45, ОГН ₂	0,01—0,02
ПСФ	0,0034—0,005	ПБТФ-НС 15-30, А (ПТФЭ 15)	0,015
ПЭНП-ЖС (вулканизация), ОГН	0,001—0,008	ПБТФ-НС _ш 10-40	0,01—0,02
ПП-НТ 10-30, ТС	0,003—0,006	ПБТФ-НМН 10-25	0,01—0,02
9 группа	0,005—0,0074	ПЭФ	0,01—0,02
ПСФ-НС 30, А (ПТФЭ 15)	0,005	ПЭФ-НС 30-33, ОГН ₂	0,01—0,02
ПП-НТ 20, УП	0,005	ПММА-УП ₁	0,01—0,02
СФ-НС 20-30	0,001—0,01	ПАР-УП ₁	0,015
ПП-НМЛ 10-40	0,004—0,007	ПАР-ГЗН	0,015
ПЭС	0,006	ПА 66-НС 13-50 ^c	0,01—0,02
САН-ДЭ	0,005—0,007	ПА 66-НС 25-50, ТВ _{фэ} ^c	0,01—0,02
САН-ОЛЗ	0,005—0,007	ПА 66-НС 25-50,	0,01—0,02
ПЭВП-НМЛ 15-30	0,005—0,007	ТУФВ ^c	0,015
ПП-НСЛ 25-40, ТС	0,005—0,007	ПА 66-А (ПЭ), ТСТ ^c	0,015
САН-НС 30	0,0064	АБС-ОГН ₂	0,009—0,023
СФ-А _{дизн}	0,006—0,007	ПУР-НС _у 5-40	0,012—0,02
ФТ-ТС ₁	0,004—0,009	ФТ-А ₇	0,016
АБС/ПСФ	0,007	ПБТФ-НС 20-30, ОГН ₂	0,016—0,017
ПЭНП-ОГН, УФ	0,007	ПА 6-НС 15-50 ^c	0,01—0,023
ФТ-ТС ₁ , А ₆	0,006—0,008	ПА 6-НС 15-50, ТСТ ^c	0,01—0,023
АБС/ПК-ОГН ₂	0,0073	ПА 6-НС 15-50, ТВ _{фэ} ^c	0,01—0,023
8 группа	0,0075—0,0099	ПА 6-НС 15-50, ТУФВ ^c	0,01—0,023
СФ	0,005—0,01	ПБТФ-НС, НС _ш 30	0,017
ПЭВП-НС _у 10-40	0,007—0,008	ПБТФ-НС, НМН 30-55	0,014—0,02
САН	0,007—0,009	ПА 6-НС 30, ОГН ₂ ^c	0,017
АБС-НС _у 10-40	0,007—0,009	ПА 66-НС 25-50, ТСТ ^c	0,014—0,02
АБС-УП ₁	0,008	ПБТФ	0,012—0,023
АБС/ПК	0,008—0,0082	ПАР	0,015—0,02
		ФТ	0,015—0,02

Пластмасса, тип марки	tg δ	Пластмасса, тип марки	tg δ
СММА	0,018	ПА 610-А (графит 5) ^с	0,03
ПА 6-УП ^с	0,018	ПА 6-ОГН ₂ ^с	0,03
ПА 66-НМН 30-40 ^с	0,017—0,019	ПА 66 ^с	0,03
ПА 66-ОГН ₂ ^с	0,016—0,02	ПА 12-А (МоS ₂) ^с	0,033
ПБТФ-НС _к 20-30	0,018—0,019	АБЦЭ	0,02—0,05
ПБТФ-ОГН ₂	0,017—0,02	ПА 612	0,03—0,04
ПА 66-УП ^с	0,017—0,02	ФН-ЭП (железный порошок)	0,04
АБС-УП ₂	0,02	ПА 12 ^с	0,04
ФН	0,02	ПА 12-НС 30, УФТ ^с	0,04
ПАИ	0,02	ПА 12-НС _ш 30-50, ТСТ ^с	0,04
ПВХВ	0,015—0,025	ПА 610 ^с	0,02—0,06
ПА 12-ТСТ ^с	0,019—0,021	ПА 6-НС _к 30 ^с	0,043—0,052
ПА 12-ПР ^с	0,02	5 группа	0,05—0,099
ПА 612 ^с	0,02	АК	0,03—0,07
ПА 612-НС _к 33-43, УП ^с	0,02	ПА 66-УП	0,05
ПА 610-НС 30 ^с	0,015—0,025	АБС-ТС	0,015—0,1
ПА 6-НС 30, УП ^с	0,02	АЦЭ	0,01—0,1
ПА 6-НМН 30 ^с	0,02	ПА 66-НМН 30-40	0,05—0,07
ПА 6-НМН 30, ТСТ ^с	0,02	ПА 66-ТСТ	0,06
ПА 66-НС 25-30, УФТ	0,02	ПУР	0,034—0,1
ПЭТФ-НС _к 30	0,02	ПАИ-НС 30	0,07
ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂ ^с	0,02	ПА 6-УП _м	0,07
ПА 66-ТСТ ^с	0,02	ПА 66-ОГН ₂	0,07
ФТ-ПР ₁ , А ₅	0,02	4 группа	0,075—0,099
СЭВ	0,001—0,04	ПА 610-НС 30	0,075
ПБТФ-НС 20-30	0,018—24	ФТ-УФ	0,07—0,087
ПА 66-НМН 40, ТСТ ^с	0,021	НЦЭ	0,07—0,1
ПЭТФ-НС _к 30	0,021	3 группа	0,1—0,24
ПА 66-НМН, ОГН ₂ , ТСТ ^с	0,021	ПА 12-НС 30, УФТ	0,1
ПА 12 ^с	0,018—0,025	ПА 610	0,075—0,18
МС	0,022	ПА 66-НС 13-50	0,1—0,17
МСН	0,022	ПА 66	0,08—0,2
ПА 610-НМН 10-40 ^с	0,017—0,03	ПА 12-Э ₂	0,15
СММА-УП	0,023—0,025	ПА 66-НС 25-50, ОГН ₂	0,1—0,2
6 группа	0,025—0,049	ПА 66-НС 25-50, ТВФ ₃	0,15—0,17
ПММА	0,02—0,03	ПА 66-НС 25-50,	0,15—0,17
ПА 610-НС _к 30 ^с	0,02—0,03	ТУФВ	0,17
ПА 6-НС, НМН 40 ^с	0,02—0,03	ФТ-ТВ	0,17
ПА 6-ТСТ ^с	0,02—0,03	ПА 12-Э ₁	0,15—0,2
ПА 66-НС _к 30 ^с	0,02—0,03	ПА 6	0,08—0,3
ПА 66-Г ^с	0,025	ПА 6-НС 15-50	0,14—0,24
ПЭТФ-ПР	0,025—0,03	ПА 6-НС 15-50, ТСТ	0,14—0,24
ПА 6 блочный ^с	0,022—0,032	ПА 6-НС 15-50, ТВФ ₃	0,14—0,24
ПА 6 ^с	0,017—0,04	ПА 6-НС 15-50, ТУФВ	0,14—0,24
ПАР-ХС (ПА 6)	0,017—0,042	ПА 66-НМН 40, ТСТ	0,19—0,2
САН-НС _у 10-40, ОГН ₂	0,03	ПА 6-НМН 30	0,2
ПММА-ТС ₁	0,02	ПА 6-НМН 30, ТСТ	0,2
ПММА-ТС ₂	0,02—0,04	ПА 6-НС, НМН 40	0,2
ПТ-Э, МР	0,03	ПА 66-Г	0,2
ПА 12-ПР	0,03	ПА 6-НС 30, УП	0,24
ПА 610-НС _к 30,	0,03	ПА 6-УП _с	0,24
А (МоS ₂) ^с		2 группа	0,25—0,49
		ПА 66-НС 25-50, ТСТ	0,3

Пластмасса, тип марки	ДС, с	Пластмасса, тип марки	ДС, с
6 группа	Не проводит ток	ПБТФ-НМН 25, УП	124
5 группа	250—201	ПА 6-УП	120—128
ФТ-ТС ₂ , МР ₂ , А ₇	200—300	ПА 11-ТС	124
СФ	200—240	ПА 11	122—125
4 группа	200—151	ПСФ	122
ПИ	136—230	ПА 11-Э	122
СФ-А (ПТФЭ 21)	183	ПА 12-НС _ш 30-50	122
ПП-НМЛ 10-40, УП	140—197	ПА 612	121
ПП-НМЛ 10-40	130—194	ПА 12	120—122
ПБТФ	190—130	ПА 66-НС	100—140
ПП-НТ 10-40	130—189	ПАР-УП ₁	120
СФ-НС _у 20-25	125—188	ПАР-ГЗН	120
3 группа	150—101	ПБТФ-НС, НМН 30	101—130
ПЭТФ	150	ПА 66	107—123
ПП-НС, НТ	140	ПИ НС 30	50—180
ПБТФ-УП	129—146	ПК	110—120
ПП	90—183	ПА 66-УП	104—125
ПБТФ-НС 10-45	125—146	ПСФ-НС _у 10-40	114
ПА 612-НС	120—145	ПБТФ-НС 30, ОГН ₂	96—130
ПП-УП	123—140	ПА 66-ОГН ₁	107—115
ПА 66-УП _м	131	ПБТФ/ПЭТФ-НС 30	84—136
ПА 66-НМН	120—139	ПА 6	100—121
ПА 6-НС	120—138	ПА 6-ТС, УП	97—123
ПА 610-НС	130	ПЭ-ОГН ₂	110
ПАР-ОГН ₂	130	ПЭТФ-НС 30-45	90—126
ПП-ТС	71—185	АБС-УП ₁	86—130
ПБТФ-НС 30, УП	125—130	АБС-УП ₂	86—130
ПБТФ-НМН	125—130	АБС-УП ₃	86—130
ПАР	125—129	АБС-УП ₄	86—130
ПБТФ-НС, НМН 45, ОГН ₂	126	ПА 66-НС, А (МоS ₂)	90—120
ПЭИ	126	ПЭ	102
ПП-НТ 10-20, УП	120—130	ПЭС-НС 30	80—122
ПАИ	125	2 группа	100—51
ПА 6-НМН	120—130	ПБТФ-НС 30, УФТ	100
		ПП-НС _у 10-40	73—127
		ПА 66-НС, УП	100

Примечание. См. примечания к табл. 6.19

Пластмасса, тип марки	ДС, с	Пластмасса, тип марки	ДС, с
ПА 66-НС _ш 40	100	АБС-НС _у 10-40	75—80
ПА 66-УП, ОГН ₂	100	АБС/ПВХ-ТС, ОГН ₂	75—80
ПА 6-НС _ш 30	100	АБС/ПВХ-ТС	66—85
ПЭТФ-НС 30, ОГН ₂	81—117	ПА 66-ОГН ₂	65—85
УПС-УП ₁	62—136	ПА 6-ТС	66—82
УПС-УП ₂	62—136	ПБТФ-НМН 25, ОГН ₂	71—75
УПС-УП ₃	62—136	ПА 66-НС, А (ПТФЭ)	73
УПС-УП ₄	62—136	ПАР-ХС, ОГН ₂	72
ПА 66-НС, ТС	96	АБС/ПК	50—91
ПС	70—122	ПЭС	20—120
ПП-ОГН ₂	69—121	ПА 66-ТС	64—75
ПА 66-НС, ОГН ₂	65—120	ПБТФ/ПЭТФ-НС 15, ОГН ₂	68
ПА 66-НМН, ТС	88—97		
ПК-НС 20-40, ОГН ₁	60—120	ПФО-ОГН ₂	68
ПБТФ-ОГН ₂	63—117	ПА 6-НС, ОГН ₂	40—90
ПА 6-НС, ТС	90	ПА 6-ОГН ₂	59—70
ПК-НС 10-40	60—120	ПС-ТС	63
ПФО	75—96	1 группа	50—10
ПЭИ-НС 10-30	85	АБС/ПВХ	42—80
ПА 66-ВС	85	ПСФ-ОГН ₂	60
АБС/ПК-ТС	85	ФТ-ТВ	55
ПК-НС 10, ОГН ₂	84	АБС/ПВХ-ОГН ₂	28—40
ПАР-ХС (ПА6)	84	ПБТФ-ВС	30
ПИ-ОГН ₂	83	АБС-ОГН ₂	11—49
АБС	83	АБС/ПК-ОГН ₂	23
АБС-ТС	66—93	ПК-ОГН ₁	17

Примечания. 1. Дугостойкость определяли как время до потери материалом электроизоляционных свойств при действии электрической дуги от переменного тока при ступенчатом увеличении тока от 10 до 40 мА и высоком напряжении; толщина образца 3 мм, на поверхность образца накладывали вольфрамовые прутковые электроды.

2. Группа 6 состоит из пластмасс, не образующих токопроводящих мостиков при действии электрической дуги.

Пластмасса, тип марки	Пластмасса, тип марки	Пластмасса, тип марки
Класс V0	ПБТФ-НС 20, ОГН ₂ , УФ	ПСФ-НУ _в 30, ОГН ₂
АБС-НС _у 10, ОГН ₂	ПБТФ-НС 30, УП, ОГН ₂	ПСФ-А (ПТФЭ 15), ОГН ₂
АБС-НС _у 20, ОГН ₂	ПБТФ-НС 30, ОГН ₂	ПСФ-А (ПТФЭ 20), ОГН ₂
АБС-НС _у 30, ОГН ₂	ПБТФ-НС 30, ОГН ₂ , УФ	ПСФ-ОГН ₂
АБС-НС _у 40, ОГН ₂	ПБТФ-НМН 25, ОГН ₂	ПФО-НСЖ 25, ОГН ₂
АБС-НУ _в 30, ОГН ₂	ПБТФ-НС, НС _ш , ОГН ₂	ПФО-ТС, ОГН ₂
АБС-ЭП, ОГН ₂	ПБТФ-НС, НМН 45, ОГН ₂	ПФО-ОГН ₂ , ВС
АБС-ОГН ₂		ПЭИ
АБС-ОГН ₂ , ВС	ПБТФ-ОГН ₂	ПЭИ-НС 10
АБС-ОГН ₂ , УФ	ПВХ В-УП, ОГН ₂	ПЭИ-НС 20
АБС/ПВХ-ОГН ₂	ПВХ В-УП, ОГН ₂ , ПЩ	ПЭИ-НС 30
АБС/ПВХ-ОГН ₂ , УФ	ПВХ В-ОГН ₂	ПЭС
АБС/ПК-ОГН ₂	ПВХ В-ОГН ₂ , ПР	ПЭС-НС 10
АБС/ПК-ОГН ₂ , УФ	ПВХ В-ОГН ₂ , УФ	ПЭС-НС 20
ПА 6-НС 10, ОГН ₂	ПИ	ПЭС-НС 30
ПА 6-НМН 30, ОГН ₂	ПИ-А (графит)	ПЭС-НС 40
ПА 6-НС, НМН 30, ОГН ₂	ПК-НС 10, ОГН ₂	ПЭС-НУ _в 30
ПА 6-ОГН ₂	ПК-НС 35, ОГН ₂	ПЭТФ-НС 30, ОГН ₂
ПА 66-НС 25, ОГН ₂	ПК-НС _т 30, ОГН ₂	ПЭТФ-НС 33, ОГН ₂
ПА 66-НС 35, ОГН ₂	ПК-ОГН ₂	САН-НС _у 30, ОГН ₂
ПА 66-НС 50, ОГН ₂	ПП-НС _у 10, ОГН ₂	ФТ-А (кокс 25), ОГН ₂
ПА 66-ОГН ₂	ПП-НС _у 20, ОГН ₂	ФТ-ЭП (бронза 60), ОГН ₂
ПА 12-ОГН ₂	ПП-НС _у 30, ОГН ₂	ФТ-ОГН ₂
ПАИ	ПП-НМН 20, ОГН ₂	Класс VI
ПАИ-НС 30	ПП-ОГН ₂	ПА 6-НММ 30, ОГН ₁
ПАИ-НУ _в 30	ПСФ-НС 20, ОГН ₂	ПА 66-НС 25, ОГН ₁
ПАИ-А (ПТФЭ)	ПСФ-НС 30,	ПА 66-НС 35, ОГН ₁
ПАР-ОГН ₂	А (ПТФЭ 15), ОГН ₂	ПА 66-НС 50, ОГН ₁
ПАР-ПР, ОГН ₂	ПСФ-НС 30, ОГН ₂	ПК-НС 20, ОГН ₁
ПБТФ-НС 20, ОГН ₂	ПСФ-НС 40, ОГН ₂	ПК-НС 40, ОГН ₁

Пластмасса, тип марки	Пластмасса, тип марки	Пластмасса, тип марки
ПК-НС _к 30, ОГН ₁	ПК	ПМП
ПК-ОГН ₁	Класс НВ	ПП
ПП-НТ 20, ОГН ₁	АБС	ПП-НС
ПП-ОГН ₁	АБС-НС	ПП-НС _ш
ПСФ-НС _у 10, ОГН ₁	АБС-НУ _в	ПП-НТ
ПСФ-НС _у 20, ОГН ₁	АБС/ПК	ПП-НМЛ
ПСФ-НС 30,	ПА 6	ПП-НСЛ
А (ТФЭ 15), ОГН ₁	ПА 6-НС	ПП-НА
ПСФ-НС 40, ОГН ₁	ПА 6-НМН 30	ПП-НМН
ПФО-НС 10, ОГН ₁	ПА 6-НС, НМН 30	ПП-НСЖ
ПФО-НС 20, ОГН ₁	ПА 66-НС	ПП-НС _у , НС _ш
ПФО-НС 30, ОГН ₁	ПА 66-НС _ш 30	ПП-НС _у , НТ
ПФО-НУ _в , ОГН ₁	ПА 66-НМН 40	ПП-НС _у , НМН
ПФО-ТС, ОГН ₁	ПА 610	ПС
ПФО-ОГН ₁	ПА 11-НС	ПС-НС _у
Класс V2	ПА 11-НС _ш	ПФО
ПА 66	ПА 11-Э	ПФО-НС
ПА 66-НМН 35, ТСТ	ПА 12	ПЭТФ
ПА 612	ПБТФ	ПЭТФ-НС
ПА 11	ПБТФ-НС	ПЭТФ-НС, НСЛ 35
ПА 12-ПР	ПБТФ-НС _ш	САН
ПАР-УП (ПЭТФ)	ПБТФ-НМН	САН-НС _у
ПАР-ХС (ПА 6)	ПБТФ-НС, НС _ш 30	СММА
ПАР-ГЗП	ПБТФ-НС, НМН 35-40	СФ
	ПММА	

Примечание. К классу V0 относятся материалы, которые не имеют ни одного образца, горящего более 10 с и роняющего горящие частицы; к классу V1 — материалы, которые не имеют ни одного образца, горящего более 30 с и роняющего горящие частицы; к классу V2 — материалы, которые по поведению соответствуют классу V1, за исключением того, что допускается падение горящих частей.

Таблица 6.26. Группы пластмасс по кислородному индексу КИ

Пластмасса, тип марки	КИ, %	Пластмасса, тип марки	КИ, %
Группа 4.1	52—41	Группа 2	29—26
ПАИ-НС 30	51	ПА 610-НМН 20	29
ПЭИ-НС	50—47	АБС-ОГН ₂	29
ПЭИ	47	АБС/ПВХ-УФ, ОГН ₂	29
ПАИ	45	ПП-ОГН ₂	29
ПАИ-А (ПТФЭ)	46—44	ПА 610-НМН 40	28
ПЭС-НС	42—40	ПА 612	28
Группа 4.2	40—32	ПА 66	28,5—26
ПСФ-НС 30, ОГН ₂	39,5—35	ПК-ОГН ₁	29—25
ПЭС	38—34	ПП-НС 20, ОГН ₂	27
ПФО-ОГН ₂	36	ПА 6-НМН 30	26,5
ПБТФ-НС, НМН 45, ОГН ₂	34	ПА 610-НМН 10	26
ПЭС-НУ _в	34	ПА 11	26
ПК-НС 10, ОГН ₂	33	ПАР-ГЗП	26
ПК-НС 35, ОГН ₂	33	САН-НС _у 20—35	28—24
ПА 6-НМН 30, ОГН ₂ , ТСТ	33	ПФО-НС	26
ПСФ-НС 20, ОГН ₂	33	1 группа	25—15
ПСФ-НУ _в , ОГН ₂	33	ПА 6	26—24
ПБТФ-НС 20, ОГН ₂	34—32	ПЭТФ	25
ПБТФ-НМН 25, ОГН ₂	34—32	ПС-ОГН	25
ПФО-НУ _в , ОГН ₂	33	ПК	26—21
ПК-ОГН ₂	35—30	ПА 12	26—21
ПБТФ-НС 30, ОГН ₂	35—30	ПА 6-НС 30	25—21
ПА 11-ОГН	32	ПА 610	23
АБС-НУ _в 30, ОГН ₂	32	ПА 11-НС _ш	23
АБС-ЭП, ОГН ₂	32	ПА 66-НС	23—22
ПФО-НС 20, ОГН ₁	32	ПА 610—НС _к 30	24—21
ПФО-НС 30, ОГН ₁	32	ПБТФ	25—20
ПЭТФ-НС 30, ОГН ₂	33—30	ПБТФ-НС 30, ИСК	22
Группа 3	31—30	ПБТФ-НС	24—19
ПА 66-НС 25, ОГН ₂	31	ПА 11-НС	21
ПА 66-ОГН ₂	32—30	ПАЛИ	21
ПЭТФ-НС 33, ОГН ₂	31	ПЭТФ-НС	21—20
ПФО-НС 10, ОГН ₁	31	ПА 11-Э	20
ПК-НС 20, ОГН ₁	30,5	АБС	20—19
ПК-НС 40, ОГН ₁	30,5	САН	19
ПБТФ-НС 15, ОГН ₂	33—28	ПП	18
ПБТФ-ОГН ₂	33—28	ПП-НС	18
ПА 66-НМН 35, ТСТ	30	ПС	18
ПА 11-НС 30, ОГН	30	ПММА	17,8
ПСФ	30	СФ; ПФ	18—13
АБС/ПК-ОГН ₂	29,5		

Таблица 6.27. Группы пластмасс по коэффициенту светопропускания K_{CB}

Пластмасса, тип марки	K_{CB} , %	Пластмасса, тип марки	K_{CB} , %
Группа 8	95—93	САН-ОПТ	86—83
ФТ-ПР ₂	95—90	Группа 4	83—81
Группа 7	92—90	ПАР-ПР	88—75
МС	92—90	САН	86—75
ПММА	92—88	Группа 3	80—78
ПБТФ-ПР	90	ПСФ	80
ПЭТФ-ПР	90	ПА 12-ПР	81—77
Группа 6	89—87	ФТ-ПР ₁	85—75
ПК	90—87	Группа 2	77—75
СММА	90—86	САН-ОЛЗ	80—75
МС-УП	89—87	Группа 1	74—72
ПМП	90—84	АВС-ПР	75—72
Группа 5	86—84	ПЭС	74—72
МСН	88—84	ПВХП-ПР	80—65
ПС	90—80		

Примечание. Имеются марки с улучшенной прозрачностью, для которых в НТД на полимеры и каталогах не приводится K_{CB} . Ниже даны сведения об этих марках (порядок их расположения см. в примечании к табл. 6.1):

ПА 6: ПР — дуретан, «Байер», ФРГ (В-25 Т); акулон, «Акзо-пластикс», Нидерланды (К-222—F; К-124); грилон, «Эмз-Чемп», Швейцария (А-23G; А 28, R 40, R 47); ПР, ПШ — акулон, «Акзо-пластикс», Нидерланды (F-130-Т, F-135-Т); грилон, «Эмз-Чемп», Швейцария (F40, F47).

ПА 11: ПР, ПШ — рильсан В, «Ато шени», Франция (С₁ESNOA).
ПВХ В: ПР, УП₁ — винипласт, СССР (ластовин); ПР УП₂ — винипласт, СССР (вистан-2у); ПР, ОГН₂ — джеон, «Гудрич», США (87242).

Таблица 6.28. Группы пластмасс по коэффициенту преломления n_D

Пластмасса, тип марки	n_D	Пластмасса, тип марки	n_D
4 группа	1,3—1,39	1 группа	1,6—1,69
ФТ-ПР	1,35—1,34	ПЭТФ-ПР	1,64—1,567
2 группа	1,5—1,59	ПБТФ-ПР	1,64—1,567
ПММА	1,52—1,49	ПАР-ПР	1,64—1,60
МСН	1,54—1,51	ПСФ	1,638
СММА	1,57—1,52	ПЭС	1,65
МС	1,57—1,53		
САН	1,57—1,56		
ПК	1,589—1,584		
ПС	1,6—1,59		

Таблица 6.29. Вспенивающиеся полимеры (для тепло- и звукоизоляции)

АВС: ВС, ОГН ₂ — сайколак, «Борг Вонн», США (ФВК, FJK);
ПА 6: ВС — полиамид 6, «Убе индастри», Япония (10227); унитика, «Атака», Япония (А 1035SF);
ПБТФ: ВС — валокс, «Дженерал электрик», США (FV-600, FV-650, FV-670, FV-620, FV-665);
ПВХВ: ВС — винипласт, СССР (ПВХ-1, ПВХ-2, ПВ-1) ВС, Э — винипласт, СССР (ПВХ-Э, пеноэласт); ВС, ЖС — винипласт, СССР (винипор);
ПВХП: ВС — пластифицированный ПВХ, СССР (ПЛП-2);
ПК: ВС — лексан, «Дженерал электрик», США (124, 144, 164, 104, 134, 154);
ПП: ВС, НС _у 20 — полипропилен, РТП, США (1035 Р);
ПС: ВС — полистирол, СССР (ПСВ, ПСВ-Б, ПСВ-77Р, ПСВ-77S, ПСВ-76С, ПСВ-75С, ПСВ-74Р, ПСВ-74S, ПСВ-С-76Х, ПСВ-65С, ПСВ-55С, ПСВ-Л1, ПСВ-Л-1С, ПСВ-ЛД); ВС, ОГН — полистирол, СССР (ПСВ-С, ПСВ-С-ПМ, ПСВ-С-77Х);
ПФО: ВС, ОГН ₂ — норил, «Дженерал электрик», США (FN215); превекс, «Борг Вонн», США (В.А.); ВС, Г — норил, «Дженерал электрик», США (FN5110);
ПЭНП: ВС — ПЭНП, СССР (марка поставляется);
ФТ: ВС — ФТ, СССР (Ф-4МБ порообразующий, Ф-4МБ-2 порообразующий)

Примечание. Порядок расположения данных указан в примечании к табл. 6.1

Таблица 6.30. Пластмассы для использования в контакте с пищевыми продуктами и в медицине*

Назначение	Пластмасса
Для контакта с пищевыми продуктами	АВС; АВС/ПВХ; АВС/ПК; АВС/ПСФ; МСН; ПА; ПБТФ; ПВХВ; ПВХП; ПК; ПММА; ПМП; ПП; ПС; ПСФ; ПТ; ПУР; ПЭВП; ПЭВН ВМ; ПЭВП КН; ПЭНП; ПЭТФ; СЭВ; СММА; ФТ; УПС
Для контакта с холодной питьевой водой	МСН; ПБТФ; ПК; ПМП; ПП; ПСФ; ПТ; ПЭВП; ПЭВП ВМ; ПЭВП КН; ПЭНП; ПЭС; ПЭТФ; СЭВ; ФТ МС; ПК; ПМП; ПСФ; ПТ; ПЭС; ПЭТФ; ФТ
Для применения в медицине	АЦЭ; МСН; ПА; ПБТФ; ПВХП; ПВХВ; ПК; полиакрилаты; ПМП; ПП; ПС; ПСФ; ПТ; ПЭВП; ПЭВП ВМ; ПЭВП КН; ПЭНП; ПЭС; ПЭТФ; СЭВ; ФТ; УПС

* Для применения пластмасс в контакте с пищевыми продуктами и в медицине требуется разрешение Министерства здравоохранения СССР.

Таблица 6.31. Группы пластмасс по среднему коэффициенту линейного теплового расширения α

Пластмасса, тип марки	$\alpha \cdot 10^6, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Пластмасса, тип марки	$\alpha \cdot 10^6, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
11 группа	0,5—1	ПФО-НС 30	2,4—3
ПБТФ-НУ _В 30	0,85	ПУР-НС 40	2,7
10 группа	1,1—2	ПС-НС 40	2,7—2,9
ПСФ-НУ _В 30	1,1—1,3	САН-НС 35	2,8
ПАИ-НУ _В 30	1,1—1,4	АВС-НС 30	2,7—2,9
ПА 66-НС 50	1,5	ПК-НС 20	2,7—3
ПА 6-НС 50-35	1—2	ПА 11-НС 23, А (графит)	2,3—3,5
АВС-НСЖ 40	1,51	САН-НС, НС _Ш 35	2,9
ПА 11-НС 43, А (графит)	1,3—2	ПА 66-НС 35-20	2—3,8
ПАИ-НС 30	1,6—1,8	ПА 6-НМН 40-30	2,3—3,5
ПФО-НС 40	1,7	ПБТФ-НС, НМН	2,2—3,7
ПАЛИ-НС, НТ	1,5—2	ПСФ-НС 20	2,9—3,1
ПЭС-НУ _В 30	1,8	ПП-НА 40	3
ПФО-НУ _В	1,9	8 группа	3,1—4
ПЭИ-НС 30	1,9	ПСФ-НС _У 20	3,1
ПК-НС 40-30	2—2,1		
ПА 66-НС 40	2	САН-НС 30	3—3,2
АВС-НУ _В 40	2	АВС-НУ _В 20	3,1
9 группа	2,1—3	ПЭИ-НС 10	3,1
ПА 612-НС _К 43, УП	2,2	ПЭС-НС 30	2,7—3,6
ПК-НС _К 20	2,3	ПС-НС 30	3—3,4
ПА 6-НС 30-25	2—2,6	ПК-НС 10	3,2
ПА 612-НС _К 33, УП	2,3	СФ-НС 30—25	2,5—4
ПСФ-НС 40	2,1—2,6	ПА 6-НС 15	3—3,5
ПК-НС _К 30	2,4	ПИ-А (графит 40)	2,7—3,8
ПЭИ-НС 20	2,4	ПАИ	3,1—3,6
АВС-НС, 40	2,2—2,7	ПА 12-НС 43, А (графит)	3—3,7
ПА 610-НС _К 30	1,5—3,5	ПА 12-НС 30	3—3,7
ПБТФ-НС 45-30	2—3	ПА 12-НС 23, А (графит)	3—3,7
САН-НС 40	2,5—2,6	ПЭС-НС 20	3,2—3,6
ПАИ-А (ПТФЭ)	2,5—2,7	САН-НС 20, НМН 10	3,4
ПСФ-НС 30	2,5—2,9	ПП-НС 30—25	3—3,8
ПЭС-НС 40	2,5—2,9	ПП-НМН 20	3,4
АВС-НУ _В 30	2,5—2,9	ПБТФ-НС 20	3—4
ПП-НС 40	2,7	ПБТФ-НС, НС _Ш	2—5

Пластмасса, тип марки	$\alpha \cdot 10^5,$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$	Пластмасса, тип марки	$\alpha \cdot 10^5,$ $^{\circ}\text{C}^{-1}$
АБС-НС 20	3,4—3,6	НЦЭ	6,7
САН-НС 15, НМН 15	3,6	ПП-НТ 20-10	5,6—8
САН-НС 20	3,6	УПС	3,7—10
ПА 11-НС 30	2—5,4	ПС	5,6—8,2
ПСФ-НС 10	3,6—3,8	ПММА	4,8—9
ПВХВ-НС 20	3,7	ПА 11-НС 20	7
ПФО-НС 20	3,4—4	ПЭТФ	7
ПС-НС 20	3,7—3,9	САН	6—8
ПП-НС, НМН	3,6—4,2	МСН	7
АБС-НС 13-10	3,7—4,1	ПФО	7
7 группа	4,1—5	ПБТФ-НС _ш 20	7,1
ПИ-А (графит 15)	3,2—4,9	ПБТФ-НМН 10	7,1
ПВХВ-НС 10	4—4,2	ПА 610-НМН 20	7,2—7,6
ПП-НС, НТ	4,2	ПАР-ХС (ПА 6)	7,2—7,6
ПП-НС 20	4—4,5	МС	7—8
ПЭС-НС 10	4,3	АБС/ПВХ	7,2—8,1
ПЭВП-НС 40	4,3	ПАЛИ	6,3—9,3
САН-НС 10	4,4	ПА 12-НС _ш 50-30	8
ПА 66-НС _к 33-27	4,5	ПА 11-НС 10	8
ПА 66-НМН 40	4—5	ПЭТФ-ПР	8
ПБТФ-НС 15—10	4—5	СММА	7,8—8,5
ПУР-НС 30	4,5	4 группа	8,1—10
ПП-НС 10	4,2—5	ПУР-НС 20	8,1
ПП-НТ 40—30	3,7—5,5	ПБТФ-НС _ш 10	8,3
ПИ-А (графит 15, ПТФЭ 10)	4,1—5,4	ПА 66	7—11
ПП-НМЛ 40	4,8	ПА 6	7—11
ПП-НСЛ 25	4,8	ФТ	6—12
ПЭВП-НС 30	4,9	ПА 612	9
ПА 6-НМН 50—30	3—7	АБС	7,7—10,5
ПИ	4—6	ПК-УП _м , ХС	9,2—9,5
ПОД	5	ПК-УП _м , ТС, ХС	9,2—9,5
ПФО-НС 10	5	ПК-УП _м , УФ	9,2—9,5
6 группа	5,1—6	АК	8—12
САН-А (ТФЭ 15)	5,1	3 группа	10,1—15
ПЭИ	5,3	ПП	9,5—11
ПП-НС, НС _ш	5,4	ПА 610	8—14
ПП-НМЛ 30	5,4	БСПЭ	11
ПЭВП-НС 20	5,4	ПМП	11
ПЭС	5,5—5,6	АЦЭ	10—12
ПСФ	5,6	СФ	10—15
ПБТФ-НМН 25	5,4—6,1	ПА 11-НС _ш 30	12,5
ПБТФ-НС _ш 40	5,8	ПВХВ	8,5—17
СФ-НС 30-25	3,6—8,1	ПА 11-НБ _ш	13
ПП-НС _ш 40-30	5,9—6	АБЦЭ	11,9—14,9
ПК	5—7	ПА 12	12—15
АБС/ПК	5,8—6,3	ПБТФ	13—16
5 группа	6,1—8	ПА 11	15
ПАР	6,1—6,2	ПУР	10—20
ПБТФ-НС _ш 30	6,3	2 группа	15,1—20
ПП-НМЛ 10	6,3	ПЭНП	15—19
ПП-НС _ш 20-10	6,3—6,4	ПЭВП	17—20
ПА 66-НС _ш 30	6—7	АБС/ПУР	19,7—20,6
ПТ	5—8	1 группа	20,1—30
		ПВХП	11—43

Таблица 6.32.1. Группы пластмасс по равновесному влагопоглощению $V_{ст}$ в стандартных условиях (относительная влажность воздуха 50—60 %, температура 20—23 °C)

Пластмасса, тип марки	$V_{ст}, \%$	Пластмасса, тип марки	$V_{ст}, \%$
9 группа	0—0,2	ПЭС	
ФТ		ПАР-ГЭП	
ПЭНП		ПЭИ-НС 30	
ПЭВП		ПАЛИ	
ПМП		ПАЛИ-НС, НТ	
ПТ		ПОД	
ПТ-Э, МР		8 группа	0,21—0,44
ПП		ПБТФ-НС 10	0,18—0,25
ПП-НС 40-10		ПБТФ	0,18—0,25
ПП-НС 20, ЭП (сажа 15)		ПЭТФ	0,2—0,35
ПП-НС _ш 40—10		ПЭТФ-ПР	0,28—0,3
ПП-НМЛ 40—10		ПА 12-НС _ш 50	0,3—0,35
ПП-НС, НС _ш		7 группа	0,45—0,59
ПП-НТ 40—10		ПА 11-НС 43, А (графит)	0,49—0,5
ПП-НСЛ 40-25		ПА 11-НС 30	0,49—0,5
ПП-НС, НТ		ПА 11-НС 23, А (графит)	0,49—0,5
ПП-НСЖ 40		ПА 12-НС 43, А (графит)	0,5—0,6
ПП-НС, НМН		ПА 12-НС 40-30	0,5—0,6
БСПЭ		6 группа	0,6—0,79
ПС		ПА 12-НС _ш 30	0,6
ПС-НС		ПА 11-НС 30	0,54—0,7
ПС-НУ _в 20		ПА 11-НС _ш 30	0,7
УПС		5 группа	0,8—1,09
АБС/ПВХ		ПА 12	0,7—1
АБС/ПК		ПИ-А (графит)	0,8—1,1
АБС-НС 40-30		4 группа	1,1—1,39
АБС-НУ _в 40-20		ПА 11	1,1
САН-НС 40-20		ПИ-НС 30	1—1,3
САН-НС 20, НМН 15		ПА 66-НС 50	1,2
ПВХВ-НС 20-10		ПА 12-ПР	1,3
ПВХВ-НМЛ 20		3 группа	1,4—1,69
ПК		ПА 66-НС 40	1,4
ПК-НС 40—10		ПА 66-НМН 40	1,4
СФ		ПА 6-НС 50	1,3—1,5
ПБТФ-НС 50-10		ПА 66-НС _ш 30	1,5
ПБТФ-НС, НМН		ПА 66-НС 35	1,5—1,6
ПБТФ-НУ _в 30		ПА 66-НС 30	1,6—1,7
ПБТФ-НС _ш 40-10		ПА 6-НС _ш 50	1,5—1,8
ПБТФ-НМН 25-10		2 группа	1,7—2,9
ПБТФ-НС, НС _ш		ПА 66-НС 25-20	1,8—1,9
ПЭТФ-НС 55-20		ПА 6-НС 35	2,0
ПЭТФ-НУ _в 30		ПА 6-НМН 30	1,6—2,4
ПЭТФ-ПР		ПА 6-НС, НМН (40-30)	2—2,1
ПФО		ПА 610	1,3—2,8
ПФО-НС 40-10		ПА 6-НС 30	1,5—2,8
ПФО-НУ _в		ПА 6-НС 25	2,3
ПФО-НСЖ 25		ПА 6-НС 15	2,6
ПСФ		ПА 66	2—3,4
ПСФ-НС 40-10		1 группа	3—4
ПСФ-НУ _в 30-20		ПА 6	2,5—4

Таблица 6.32.2. Группы пластмасс по водопоглощению V_{24} в течение 24 ч при 23°C

Пластмасса, тип марки	V_{24} , %	Пластмасса, тип марки	V_{24} , %
9.6 группа	0—0,01	ПВХВ-НС 20	0,06—0,09
ФТ	0—0,01	ПФО	0,08
ПЭНП	<0,01	ПБТФ-НС _{III} 20	0,08
ПЭВП	<0,01	9.1 группа	0,081—0,1
ПМП	0,01	ПБТФ	0,07—0,1
ПП-НС 10	0,01	ПБТФ-НС _{III} 10	0,09
ПП-НС 20, ЭП (сажа 15)	0,01	САН-НС 40	0,08—0,1
ПП-НС _{III} 10	0,01	ПВХВ-НС 10	0,08—0,1
ПП-НМЛ 10	0,01	ПБТФ-НМН 10	0,1
9.5 группа	0,011—0,02	ПА 11-НС 43, А (графит)	0,1
ПТ	0,015	ПЭТФ	0,1
ПП-НМЛ 20	0,01—0,02	ПС-НУ _В 20	0,1
ПП-НС 20	0,01—0,02	8 группа	0,11—0,2
ПП-НСЛ 25	0,02	ПОД	0,1—0,14
ПП-НТ 10	0,02	АВС/ПВХ	0,12
ПП-НС _{III} 30-20	0,015—0,025	САН-НС 35-30	0,1—0,15
ПП-НС, НС _{III}	0,02	ПТ-Э, МР ₁	0,1—0,15
ПП	0,01—0,03	ПА 11-НС 40	0,14
9.4 группа	0,021—0,04	АВС-НУ _В 40	0,14
ПП-НС 30	0,02—0,03	ПК-НС 40-10	0,12—0,18
УПС	0,001—0,05	ПАР-ГЗП	0,15
ПП-НСЖ 40	0,03	САН-НС 20, НМН 15	0,15
ПП-НМН 40-20	0,025—0,035	АВС-НС 40	0,1—0,2
ПП-НС _{III} 40	0,03	АВС-НУ _В 30	0,15—0,16
ПП-НС, НТ	0,03	ПА 11-НС 30	0,12—0,2
ПП-НСЛ 40-30	0,02—0,05	ПЭТФ-ПР	0,16
ПП-НТ 30-20	0,03—0,04	АВС-НС 30	0,14—0,2
ПП-НМЛ 40-30	0,02—0,05	АВС-НУ _В 20	0,17
ПФО-НУ _В	0,04	ПК	0,15—0,2
ПП-НС 40	0,02—0,06	ПСФ-НУ _В 30-20	0,15—0,2
ПАЛИ-НС, НТ	0,02—0,06	САН-НС 20	0,15—0,2
9.3 группа	0,041—0,06	ПЭИ-НС 30	0,18
ПП-НС, НМН	0,01—0,08	АВС/ПК	0,14—0,24
ПБТФ-НС 50-40	0,04—0,05	ПЭИ-НС 30	0,18
ПП-НТ 40	0,05	ПВХВ-НМЛ 20	0,2
ПЭТФ-НУ _В 30	0,05	ПА11-НС 10	0,2
ПА 11-НБ _{III}	0,05	ПА11-НС _{III} 30	0,2
ПБТФ-НС, НМН	0,03—0,07	ПИ-НС	0,2
ПЭТФ-НС	0,04—0,06	САН-НС, НС _{III} (35)	0,2
БСПЭ	0,01—0,09	САН-НС 15, НМН 15	0,2
ПБТФ-НУ _В 30	0,05—0,06	АВС-НС 20	0,15—0,25
ПФО-НС 40-30	0,05—0,06	АВС-НСЖ 40	0,2
9.2 группа	0,061—0,08	7 группа	0,21—0,3
ПФО-НС 20—10	0,06—0,07	ПСФ-НС 40-10	0,18—0,25
ПС	<0,07	ПИ	0,2—0,23
ПС-НС	<0,07	ПВХВ	0,03—0,4
ПАЛИ	0,06—0,08	ПА 12	0,19—0,25
ПБТФ-НС 20-10	0,06—0,08	ПАИ-НС 30	0,22
ПБТФ-НС _{III} 40-30	0,07	ПАИ-НУ _В 30	0,22
ПБТФ-НМН 25	0,05—0,09	САН-НС 10	0,22
ПФО-НСЖ 25	0,07	СФ	0,2—0,25
ПБТФ-НС, НС _{III}	0,07—0,08	СФ-НС 30—25	0,2—0,25

Продолжение табл. 6.32.2

Пластмасса, тип марки	V_{24} , %	Пластмасса, тип марки	V_{24} , %
ПАР-УП (ПЭТФ)	0,2—0,25	ПА 66-НС 25, ОГН ₂	0,4
СММА	0,15—0,3	ПА 612	0,4
ПА 11	0,23	5 группа	0,41—0,6
ПСФ	0,2—0,3	ПЭС	0,4—0,43
АВС	0,2—0,3	ПА 66-НМН 40	0,5
АВС-НС 13-10	0,2—0,3	4 группа	0,61—0,8
ПЭИ	0,25	ПАР-ХС (ПА 6)	0,72—0,75
ГР 612-УП	0,25	ПА 66-НС 35-30	0,6—0,9
ПАР	0,25—0,26	ПА 66-НС _{III} 30	0,75
ПИ-А (графит)	0,19—0,33	ПА 66-НС _К 33-27, ХС	0,7—0,9
МС	0,26	НЦЭ	0,8
ПЭИ-НС 20	0,26	ПУР	0,7—0,9
ПАИ	0,28	3 группа	0,81—1,0
МСН	0,28	ПА 6-НМН 30	0,9
ПЭИ-НС 10	0,28	ПА 610-НС _К 30	0,9
ПЭС-НУ _В 30	0,29	ПВХП	0,8—1
ПА 610-НС 30	0,25—0,35	ПА 66-НС 20	1
САН	0,2—0,4	ПА 610-НМН 20	1
АВС-А (ТФЭ 15)	0,3	2 группа	1,1—2
ПЭС-НС 40	0,3—0,31	АБЦЭ	0,8—1,5
ПММА	0,2—0,4	ПА 610	1—1,5
6 группа	0,31—0,4	ПА 6-НС 30	1—1,6
ПЭС-НС 30	0,35	АЦЭ	1,5—2
ПВХП-Э	0,2—0,5	ПА 6-НС _К 33-27	1,3
АВС/ПУР	0,35—0,41	1 группа	2,1—4
ПЭС-НС 20	0,37—0,4	ПА 66	1,3—2,8
ПЭС-НС 10	0,4	ПА 6	2—2,8
		АК	2,8

Таблица 6.32.3. Группы пластмасс по равновесному водопоглощению V_p при 23°C

Пластмасса, тип марки	V_p , %	Пластмасса, тип марки	V_p , %
9 группа	0—0,39	ПЭТФ-НС 55-20	0,24—0,35
ПП-НС 20—10	0,02	ПБТФ-НС 20	0,3—0,4
ПЭНП	0,02—0,04	ПБТФ-НС 10	0,2—0,5
ПП	0,03—0,04	ПБТФ-НС _{III} 40-30	0,35
ПМП	0,04	ПБТФ-НМН 25	0,37—0,4
ПЭВП	0,04—0,05	8 группа	0,4—0,79
ПП-НС 30	0,05—0,06	ПБТФ-НС _{III} 20	0,4
ПП-НС 40	0,09—0,1	ПА 11-НС 43, А (графит)	0,4
ПФО-НС 40-30	0,09—0,18	ПММА	0,3—0,5
ПАЛИ-НС, НТ	0,16	ПБТФ-НМН 10	0,44
ПФО-НС 20—10	0,13—0,22	СФ	0,2—0,8
ПФО	0,18	ПА 11-НС 23, А (графит)	0,5
ПК-НС 40—10	0,2—0,31	ПА 11-НС 30	0,54
ПБТФ-НС 30	0,25—0,3	АВС-НС 40	0,5—0,6
ПК	0,2—0,36	ПЭТФ	0,5—0,7
АВС/ПВХ	0,28	ПБТФ-НС, НМН	0,26—0,96

Пластмасса, тип марки	Вр, %	Пластмасса, тип марки	Вр, %
АБС-НС 30	0,6—0,7	ПА 612	3
ПА 12-НС _ш 50	0,7—0,75	ПА 612-УП	3
АБС-НС 20	0,7—0,8	3 группа	3,2—3,9
7 группа	0,8—1,19	ПА 12-ПР	3,3
ПЭТФ-ПР	0,75—0,9	ПА 610-НС 30	3,5
ПЭИ-НС 30	0,9	2 группа	4—7,9
АБС-НС 13-10	0,93	ПА 66-НС 50	4
ПА 12-НС _ш 30	1	ПА 6-НС 50	4,8
ПЭИ-НС 20—10	0,9—1,1	ПА 66-НМН 40	4,5—5,3
ПА 12-НС 43, А (графит)	1—1,5	ПА 6-НС _ш 50	5
ПА 12-НС 30	1—1,1	ПА 66-НС 35	5—5,5
ПА 12-НС 23, А (графит)	1—1,1	ПА 66-НС _к 33-27, ХС	5—5,5
ПАЛИ	1—1,2	ПА 66-НС 30	5,5
6 группа	1,2—1,59	ПА 610	3,3—8
ПЭИ	1,25	ПА 66-НС 25	6
5 группа	1,6—2,39	ПА 6-НС 35	6,2
ПА 11	1,5—1,7	ПА 6-НС 30	6—6,6
ПА 12	1,5—1,75	ПА 6-НМН 30	6,2—6,6
ПА 612-НС _к 43, УП	1,7	ПА 6-НС, НМН 40-30	6,6
ПА 612-НС _к 33, УП	2	ПА 6-НС 25	7,1
ПЭС	2,1	1 группа	8—16
4 группа	2,4—3,19	ПА 6-НС 15	8
ПА 610-НМН 40	2,4	ПА 66	7,5—9
ПА 610-НС _к 30	2,5	ПА 6	9—11
ПА 610-НМН 20	2,6	АК	10,6
ПА 610-НМН 10	2,9		

Таблица 6.33. Группы пластмасс по плотности ρ

Пластмасса, тип марки	ρ · 10 ⁻³ , кг/м ³	Пластмасса, тип марки	ρ · 10 ⁻³ , кг/м ³
17 группа	0—0,2	ПП-НТ 10	0,98
ПС-ВС ₂	0,012—0,3	ПЭВП-НАЭ 10	0,98—1,01
ПВХВ-ВС	0,07—0,3	11 группа	1,0—1,09
13 группа	0,8—0,89	ПА 12	1,01—1,02
ПП-НС 20, ВС	0,84	ПП-А (ТФЭ 20)	1,02
ПВХП-ВС	0,85	ПЭВП-НС 10	1,02—1,04
12 группа	0,9—0,99	ПЭВП-НТ 20	1,01—1,05
ПП	0,9—0,91	ПЭНП-НМЛ 15-20	1,02—1,06
БСПЭ	0,91	ПЭНП-НТ 15	1,02—1,06
СЭП-УП	0,913	ПЭВП-НМЛ 15	1,02—1,06
ПЭНП	0,913—0,929	ПП-НС 20	1,04—1,05
ПЭВП ВМ	0,93	ПП-НМЛ 20	1,04—1,05
ПЭНП-ЖС (вулканиза- ция)	0,93	ПП-НТ 20	1,04—1,05
СЭП	0,92—0,94	ПА 11	1,04—1,06
ПЭВП	0,94—0,967	АБС	1,04—1,06
ПЭНП-НАЭ 10	0,94—0,98	ПП-НМН 20	1,05
ПП-НС 10	0,96—0,98	ПП-НСЛ 20	1,05
ПП-НМЛ 10	0,97—0,98	ПЭНП-НСЛ 20	1,03—1,07
ПП-НМН 10	0,98	ПЭВП-НС 15	1,05
		ПЭВП-НТ 30	1,03—1,07

Пластмасса, тип марки	ρ · 10 ⁻³ , кг/м ³	Пластмасса, тип марки	ρ · 10 ⁻³ , кг/м ³
САН	1,04—1,07	ПФО-НСЖ 25	1,19
АБС/ПУР	1,04—1,07	ПММА	1,18—1,2
ПА 12-ПР	1,06	ПК	1,19—1,2
ПС	1,04—1,08	9 группа	1,2—1,29
УПС	1,04—1,08	ПА 12-НС 23, А (графит)	1,2
ПФО	1,06	ПС-НС 20	1,2
ПЭНП-НСЛ 30	1,02—1,10	АБС-НС 20	1,18—1,22
ПЭВП-НМЛ 20	1,04—1,08	АБЦЭ	1,16—1,25
ПА 612	1,06	САН-НС 20	1,22
ПЭВП-НСЛ 20	1,05—1,09	ПП-НС 30, А (ТФЭ 15)	1,22
ПЭНП-НТ 20-30	1,05—1,1	ПФО-НС 20	1,21—1,23
ПЭВП-НК 20	1,05—1,1	ПАЛИ	1,2—1,25
ПП-НС 25	1,08	ПП-НС 40	1,22—1,23
ПЭНП-НМЛ 30	1,06—1,1	ПАР-УП (ПЭТФ)	1,21—1,24
ПА 66-УП	1,08—1,09	ПУР-НС 5	1,23
10 группа	1,1—1,19	ПА 12-НС 30	1,21—1,26
ПА 610	1,08—1,11	ПАР-ХС (ПА 6)	1,17—1,31
ПЭВП-НС 20	1,09—1,1	АБС-НУ _в 40	1,24
АБС/ПК	1,1	ПП-НС, НМН	1,24
АБС-НС 10	1,1—1,11	ПП-НА 40	1,24
ПП-НСЛ 25	1,1	ПП-НСЛ 40	1,23—1,25
ПА 11-НС 10	1,11	ПСФ	1,24—1,25
ПП-НС 30	1,1—5,12	ПП-НТ 40	1,24—1,25
МС	1,1—1,14	ПА 6-НС 15	1,25
МСН	1,12	ПФО-НУ _в	1,25
САМ	1,12	ПУР-НС 10	1,22—1,29
ПП-НС, НС _ш	1,12	ПАР-ГЗП	1,26
АБС-НС 13	1,13	ПА 11-НС 30	1,24—1,28
АБС-НУ _в 20	1,13	ПП-НМЛ 40	1,23—1,29
ПП-НС, НТ	1,13	ПК-НС 10	1,26—1,27
ПЭВП-НМЛ 30	1,1—1,16	ПЭИ	1,27
ПА 66	1,12—1,15	ПФО-НС 30	1,27—1,29
ПП-НТ 30	1,13—1,14	ПЭВП-НС 40	1,28
ПММА-УП	1,08—1,19	ПС-НС 30	1,28—1,29
ПА 6	1,12—1,16	АБС-НС 30	1,28—1,29
ПС-НУ _в 20	1,14	ПА 66-НС 20	1,29
АБС/ПСФ	1,14	ПБТФ	1,27—1,31
АБС-А (ТФЭ 15)	1,14	ПП-НС 45	1,29
ПП-НМЛ 30	1,14—1,15	8 группа	1,3—1,39
ПП-НСЛ 30	1,13—1,16	ПБО	1,3
САН-НС 10	1,15	ПА 6-НС 25	1,3
ПП-НС 20, ЭП (сажа 15)	1,15	ПУР-НС 15	1,3
ПП-НСЖ 40	1,15	САН-НС 30	1,3—1,31
ПФО-НС 10	1,14—1,16	АБС-НСЖ 40	1,3
ПУР	1,05—1,25	АЦЭ	1,27—1,34
ПС-А (ТФЭ 15)	1,16	ПСФ-НС 10	1,31
САН-А (ТФЭ 15)	1,17	ПА 66-НС 25	1,3—1,33
ПЭВП-НС 30	1,17—1,18	ПСФ-НС 10	1,31
ПЭВП-НК 30	1,15—1,2	САН-НС 20, НМН 10	1,32
ПАР	1,15—1,21	САН-НС 15, НМН 15	1,32
ПС-НУ _в 30	1,18	ПА 612-НС _к 33, УП	1,32
АБС-НУ _в 30	1,18	ФН	1,32—1,33
ПА 11-НС 20	1,18—1,19	ПТ-МР, Э	1,32—1,33
АБС/ПВХ	1,16—1,21		

Пластмасса, тип марки	$\rho \cdot 10^{-3}$ кг/м ³	Пластмасса, тип марки	$\rho \cdot 10^{-3}$ кг/м ³
ПЭТФ-ПР	1,32—1,34	ПБТФ-НМН 25	1,46
ПЭС	1,29—1,37	ПА 612-НС _к 43, УП	1,46
ПУР-НУ _в 30	1,33	ПСФ-НС 30	1,46—1,47
ПУР-А (ТФЭ 15)	1,33	ПЭС-НУ _в 30	1,47—1,48
ПОД	1,34	ПА 6-НС, НМН (40)	1,48
ПА 6-НС, НМН 30	1,34	ПА 66-НМН 40	1,48
ПСФ-НС 20	1,34	ПСФ-НС 20, А (ТФЭ 15)	1,49
ПЭИ-НС 10	1,34	6 группа	1,5—1,59
ПА 610-НС 30	1,34—1,35	ПК-НС 35	1,51
ПК-НС 20	1,35	ПЭС-НС 20	1,51
САН-НС, НС _ш	1,35	ПЭИ-НС 30	1,51
ПП-НСЛ 50	1,35	ПЭТФ-НС 20	1,5—1,53
ПУР-НСЖ 25	1,35	ПК-НС 40	1,52
ПА 6-НС 30	1,35—1,37	ПБТФ-НС 30	1,51—1,54
ПА 66-НС 30	1,35—1,37	ПА 6-НС 50	1,5—1,56
ПА 6-НМН 30	1,36—1,37	ПВХВ-НС 15	1,54
ПУР-НС 20	1,34—1,39	ПУР-НС 50	1,54—1,55
АБС-НС 40	1,36—1,38	ПСФ-НС 40	1,55—1,56
ПБТФ-НС 10	1,37—1,38	ПАИ-НС 30	1,56
ПСФ-НУ _в 30	1,36—1,39	ПА 66-НС 50	1,55—1,57
ПВХП	1,2—1,55	ПЭТФ-НС 30	1,56
ПАИ	1,38	ПВХВ-НС 20	1,56
ПА 11-НС 40	1,38	СФ-НС 25-30	1,56—1,59
ПБТФ-НМН 10	1,38	ПЭТФ-НС, НСЛ (35)	1,58
ПСФ-НС 20	1,38	ПБТФ-НС, НМН (35)	1,59
ПС-НС 40	1,38	ПСФ-НС 30, А (ТФЭ 15)	1,59
ПФО-НС 40	1,38	ПУР-НС 30, А (ТФЭ 15)	1,59
ПЭТФ	1,37—1,4	ПЭС-НС 30	1,59—1,6
ПА 12-НС 43, А (графит)	1,39	5 группа	1,6—1,69
ПАЛИ-НС, НТ	1,39—1,4	ПА 6-НМН 50	1,6
7 группа	1,4—1,49	ПБТФ-НС, НМН (40)	1,62
ПА 6-НС 35	1,4	ПИ-А (графит 40)	1,6—1,65
ПА 66-НС 35	1,4	ПИ-А (графит 50, ни- трид бора)	1,6—1,65
САН-НС 40	1,4	ПБТФ-НС 40	1,62—1,63
ПТ	1,4	ПЭТФ-НС 36	1,63
ПИ	1,39—1,42	ПБТФ-НС 45	1,67
ПФО-НС 30, А (ТФЭ 15)	1,41	ПЭС-НС 40	1,68
ПИ-А (графит 15)	1,4—1,43	ПЭТФ-НС 45	1,69—1,7
ПАИ-НУ _в 30	1,42	4 группа	1,7—1,79
ПА 11-НС 43, А (графит)	1,42	ПБТФ-НС 50	1,7
ПЭТФ-НУ _в 30	1,42	ПЭС-НС 30, А (ТФЭ 15)	1,7
СФ	1,41—1,43	3 группа	1,8—1,89
ПЭИ-НС 20	1,42	ПЭТФ-НС 55	1,8
ПБТФ-НУ _в 30	1,42—1,43	ПБТФ-НС, НМН (45)	1,83
ФН-А (графит)	1,43	2 группа	1,9—1,99
ФН-А (кокс)	1,43	ПИ-НС	1,9
ПБТФ-НС 15	1,43	НЦЭ	1,8—2
САН-НС 30, А (ТФЭ 15)	1,43	ФТ	1,67—2,2
ПА 12-НС _ш 50	1,44	1 группа	2—4
ПЭС-НС 10	1,44	ФН-ЭП (железный по- рошок)	3,65
ПБТФ-НС 20	1,44—1,45	ФТ-ЭП (бронза 60)	3,97
ПВХВ-НС 10	1,32—1,58	ПА 11-НБ _ш	4
ПУР-НС 30	1,45—1,46		
ПА 66-НС 40	1,46		

Пластмасса, тип марки	Δ , %	Пластмасса, тип марки	Δ , %
7 группа	0,01—0,09	ПУР-НС 30	0,3—0,4
ПАИ-НУ _в 30	0,01	ПК-НС 30-10	0,2—0,6
САН-НС, НС _ш (35)	0,01	ПА 66-НС 30-20	0,2—0,6
САН-НС 40	0,01—0,1	ПА 66-НМН 40	0,3—0,5
6 группа	0,1—0,19	ПА 6-НС _к 33-27	0,2—0,6
ПА 6-НС 50	0,1	ПА 610-НС _к 30	0,2—0,6
ПС-НС 40	0,1	ПБТФ-НС 50-40	0,2—0,6
САН-НС 35	0,1	ПСФ-НС 10	0,3—0,5
АБС-НУ _в 40-20	0,09—0,11	ПЭТФ-НС, НСЛ (35)	0,4
ПФО-НС 40	0,09—0,11	ПАИ-НС 30	0,3—0,5
ПФО-НУ _в	0,1	ПП-НС, НТ	0,4
ПС-НУ _в 30-20	0,05—0,2	ПП-НСЛ 50	0,2—0,6
ПЭС-НС 40	0,1—0,15	ПФО-НС 10	0,3—0,5
ПЭС-НУ _в 30	0,05—0,2	ПФО-НСЖ 25	0,2—0,6
ПСФ-НС 40	0,1—0,2	ПММА	0,2—0,6
ПЭС-НС 30	0,1—0,2	СММА	0,2—0,6
ПЭТФ-НУ _в 30	0,1—0,2	ПЭВП-НС 20	0,3—0,5
ПС-НС 30-20	0,1—0,2	ПЭИ-НС 10	0,4
САН-НС 30	0,1—0,2	4 группа	0,45—0,69
АБС-НС 40-30	0,1—0,2	ПИ-А (графит 50)	0,39—0,5
ПВХВ-НС 20	0,1—0,2	ПА 6-НС _к 33—27, А (ПЭ)	0,2—0,7
ПУР-НУ _в 30	0,1—0,2	ПА 610-НС 30	0,4—0,5
ПС-НУ _в 30-20	0,03—0,3	ПБТФ-НС 30, ИСК	0,2—0,7
ПМП-НС 15	0,14—0,24	АБС/ПВХ	0,3—0,6
АБС-НС 20	0,15—0,2	ПА 12-НС 30	0,4—0,6
АБС-НСЖ 40	0,05—0,3	ПА 66-НС 13	0,5
5 группа	0,2—0,44	ПБТФ-НС 30	0,2—0,8
ПА 66-НС 50	0,2	ПА 11-НС 20-10	0,4—0,6
ПСФ-НС 30	0,1—0,3	ПОД	0,5
САН-НС 15, НМН 15	0,2	МС	0,4—0,6
САН-НС 20, НМН 10	0,2	МСН	0,4—0,6
ПМП-НС 30	0,1—0,3	АБС	0,3—0,7
ПФО-НС 30	0,1—0,3	ПП-НС 20, ВС	0,5
ПК-НС 40	0,1—0,3	ПП-НС, НС _ш	0,5
ПЭНП-НС 45	0,2	ПП-НС, НМН	0,5
ПЭИ-НС 30	0,2	ПЭНП-НС 10	0,5
ПСФ-НС 20	0,15—0,3	ПЭВП-НС 15	0,5
ПМП	0,15—0,3	ПА 610-НМН 40	0,5—0,6
ПА 11-НС 40	0,2—0,3	ПБТФ-НС, НС _ш	0,2—0,9
ПЭС-НС 20	0,2—0,3	ПБТФ-НС, НМН	0,3—0,8
ПС-НС _к 20	0,2—0,3	ПП-НС 20, НСЖ 15	0,4—0,7
ПУР-НС 40	0,2—0,3	ПП-НСЛ 40	0,3—0,8
ПЭИ-НС 20	0,2—0,3	АЦЭ	0,2—0,9
ПА 6-НС 30	0,1—0,45	ПУР-НС 20-5	0,1—1
ПСФ-НС 20	0,2—0,4	ПЭВП-НС 10	0,5—0,6
АБС-НС 13-10	0,3	ПИ-А (графит 15)	0,5—0,67
ПВХВ	0,1—0,5	ПА 6-НМН 50-30	0,4—0,8
ПВХВ-НС 10	0,3	ПБТФ-НС 20	0,4—0,8
ПФО-НС 20	0,2—0,4	ПС	0,4—0,8
ПЭНП-НС 40-30	0,29—0,31	САН	0,4—0,8
ПЭВП-НС 40—30	0,25—0,4	САМ	0,4—0,8
ПА 11-НС 30	0,3—0,4	ПТ	0,6
ПЭТФ-НС 55-20	0,2—0,5	ПФО	0,5—0,7
САН-НС 20-10	0,2—0,5	ПФО-ВС	0,5—0,7

Пластмасса, тип марки	Δ, %	Пластмасса, тип марки	Δ, %
ПЭИ	0,5—0,7	СФ-НС 30-25	0,4—1,7
ПК	0,5—0,8	ПП-НС _{III} 40-30	1—1,1
ПА 6-НС _{III} 50	0,3—1	ПБТФ-НМН	0,5—1,7
ПБТФ-НС 15	0,5—0,8	ПА 612-НСк 33, УП	1,1
ПЭС	0,6—0,7	2 группа	1,2—2,4
ФН	0,5—0,8	ПП-НМЛ 30	1,2
АВС-ВС	0,5—0,8	ПП-НТ 20	0,8—1,6
АВС/ПК	0,5—0,8	ПП-НСЖ 40	1,0—1,5
ПП-НСЛ 30	0,5—0,8	ПА 612	1,3
3 группа	0,7—1,19	ПА 12	0,7—2
ПЭС-НС 10	0,7	ПА 610	0,8—1,9
ПАИ	0,6—0,8	ПА 610-НМН 10	1,2—1,5
ПП-НТ 40	0,4—1	ПП-НС _{III} 20—10	1,3—1,4
СММА-УП	0,4—1	ПП-НТ 10	1,5
ПА 12-НС _{III} 50	0,5—1	ПА 6	0,6—2,5
ПА 11-НС _{III} 30	0,7—0,8	ПУР	0,1—3
ПСФ	0,7—0,8	АК	1,4—1,8
НЦЭ	0,4—1,1	ПБТФ	1,2—2
ПА 66-НСк 33—27	0,6—1	ПЭТФ	1,2—2,0
ПС-НС 10	0,8	ПК-УП _М , ТС, ХС	1,3—2
УПС	0,4—1,2	ПА 66	1—2,5
ПК-УП _М , УФ	0,85	ПП	1—2,5
ПП-НТ 30	0,5—1,2	ПП-НМЛ 10	1,2—2,5
ПК-УП _М , ХС	0,9	БСПЭ	1,0—3,0
ПА 610-НМН 20	0,8—1	ПАР	2,3
ПБТФ-НС 10	0,8—1	1 группа	2,5—5
ПП-НМЛ 40	0,6—1,2	СФ	1,5—3,5
ПП-НСЛ 25-20	0,8—1	ПЭНП	2—3
ПАЛИ-НС, НТ	0,94	ПЭВП	1—4
ПИ	0,7—1,2	ПАЛИ	2,5—2,8
ПП-НА 40	0,8—1,2	ПВХП	1—5
ФТ-ЭП (бронза 60)	1,0	ФТ	3—7

Таблица 6.35. Группы пластмасс по коэффициенту Пуассона μ

Пластмасса, тип марки	μ	Пластмасса, тип марки	μ
4 группа	0,32—0,36	ПС	0,45—0,35
ПА 66-НМН	0,34	ПА 66	0,4
3 группа	0,37—0,4	2 группа	0,41—0,44
ПСФ	0,37	ПИ-А (графит 15)	0,41
ПК	0,37	ПИ	0,41
АВС	0,39—0,35	ПММА	0,5—0,33
ПК-НС	0,38	1 группа	0,45—0,48
ПБТФ-НС 30	0,4—0,38	ПЭНП	0,46—0,45
СФ	0,44—0,35	ПЭВП	0,46—0,45
ПЭС	0,4	ФТ	0,48—0,46

6.2. ПРОЦЕДУРА И ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ПЛАСТМАСС КОЛИЧЕСТВЕННЫМ МЕТОДОМ

Процедура выбора пластмасс вручную по комплексу заданных значений параметров эксплуатационных свойств сводится к следующему:

выявляют основные условия эксплуатации изделия и соответствующие им значения параметров эксплуатационных свойств;

подбирают пластмассы, параметры эксплуатационных свойств которых соответствуют заданным, характеризующим работоспособность при основных условиях эксплуатации изделия;

пластмассы, выбранные по основным параметрам эксплуатационных свойств, проверяют по другим заданным параметрам, которые не вошли в число основных.

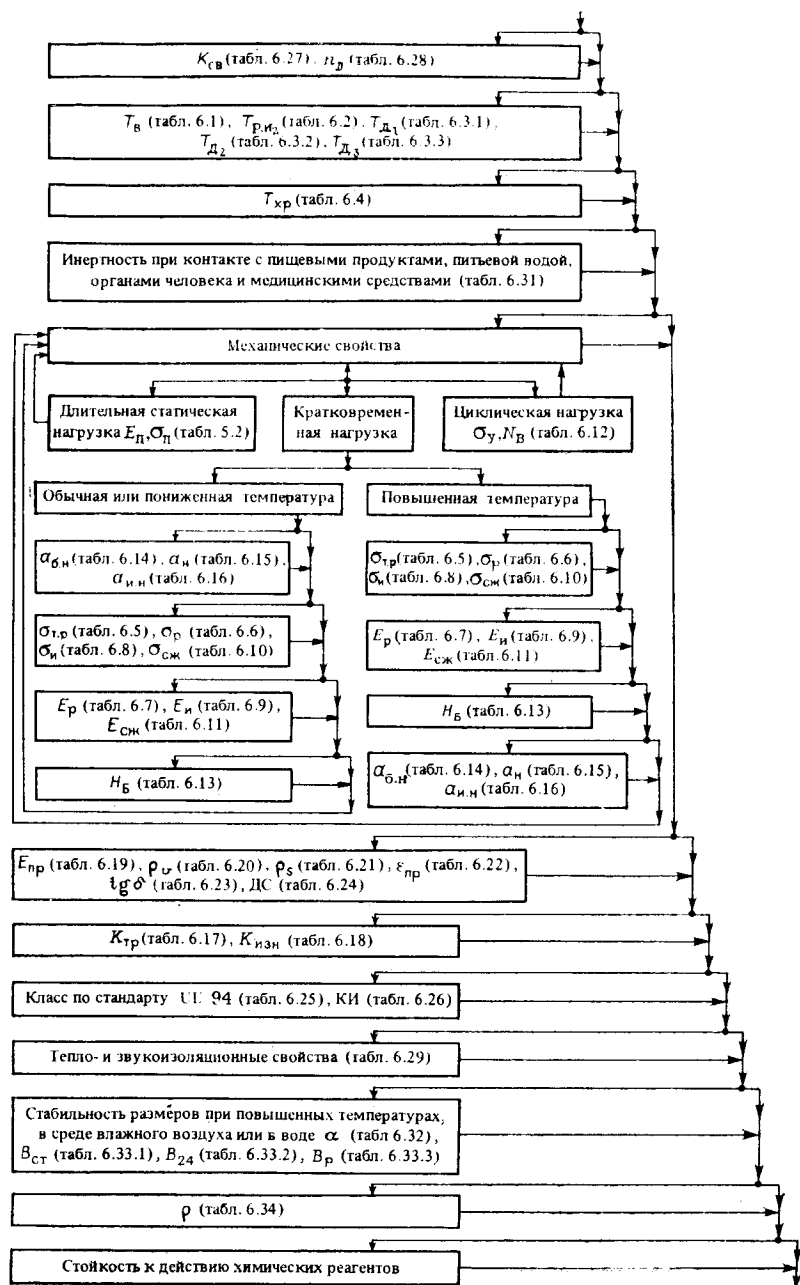
При выявлении основных условий эксплуатации изделия используют данные опросного листа, примерная форма которого приведена в разделе 1.2. При этом можно выделить одно или несколько основных условий эксплуатации. В соответствии с ними задают значения параметров эксплуатационных свойств.

Последовательность выбора пластмасс по заданным параметрам эксплуатационных свойств приведена на схеме 6.1. Для облегчения процедуры отбор пластмасс начинают по тем заданным параметрам эксплуатационных свойств, которым может удовлетворить сравнительно малое число пластмасс, например, оптическим свойствам. При этом большая часть пластмасс из выбора исключается. По тем эксплуатационным свойствам, которые не входят в число основных, пластмассы не выбирают, т. е. эти эксплуатационные свойства из последовательности выбора исключают — их пропускают и переходят к подбору пластмасс по следующему, указанному на схеме 6.1, эксплуатационному свойству.

Первоначально подбирают пластмассы по оптическим свойствам (если они заданы). Далее — из выбранной группы пластмасс последовательно выбирают пластмассы по теплостойкости кратковременной или длительной, морозостойкости, по инертности при контакте с пищевыми продуктами и питьевой водой, по инертности при контакте с органами человека и медицинскими средствами (если они заданы).

Из выбранной группы пластмасс подбирают пластмассы по параметрам механических свойств (если они заданы). При этом учитывают тип нагрузки: длительная статическая, кратковременная или циклическая. При длительной статической нагрузке пластмассы выбирают по параметрам, характеризующим ползучесть. При кратковременной нагрузке последовательность выбора зависит от температуры эксплуатации. При обычной или пониженной температуре (ниже 0 °С) первоначально выбирают пластмассы по стойкости к ударному воздействию (если она задана). Из выбранной группы пластмасс последовательно выбирают пластмассы по стойкости к текучести или прочности на разрыв, жест-

Схема 6.1. Последовательность выбора пластмасс по заданным эксплуатационным свойствам



42

кости или эластичности, твердости. При повышенной температуре (выше 40 °С) пластмассы выбирают в следующей последовательности: стойкость к текучести или прочность на разрыв, жесткость или эластичность, твердость, стойкость к ударному воздействию. При действии циклической нагрузки пластмассы выбирают по параметрам, характеризующим стойкость к циклической нагрузке.

Из выбранной группы пластмасс последовательно выбирают пластмассы по диэлектрическим, фрикционным свойствам, огнестойкости, тепло- и звукоизоляционным свойствам, стабильности размеров изделия при повышенных температурах, в среде влажного воздуха или в воде, плотности.

Пластмассы по заданным параметрам эксплуатационных свойств подбирают, используя табл. 5.2, 6.1—6.35. При этом в число пригодных можно включать пластмассы соответствующей группы, а также пластмассы из предшествующих групп с лучшими значениями параметра.

При ручном способе первоначально подбирают немодифицированные полимеры. Если они не подходят по требуемым параметрам эксплуатационных свойств, переходят к выбору композиционных марок с улучшенными эксплуатационными свойствами, которые обеспечивают более высокую работоспособность полимеров при заданных условиях эксплуатации.

При проверке пригодности пластмасс по заданным параметрам, не вошедшим в число основных, в случае, если по одному или нескольким из них выбранные пластмассы не подходят (имеют более низкие параметры), решается вопрос о целесообразности снижения требований по этим параметрам. Если допустимо снижение требований до значений, которые имеют выбранные пластмассы, их оставляют в числе пригодных.

Пример I. Выбор пластмассы для щитка электроприбора

1. Определение параметров эксплуатационных свойств пластмассы в изделии

Условие эксплуатации изделия	Требование к эксплуатационному свойству пластмассы в изделии	Требуемое значение стандартизуемого параметра, характеризующего эксплуатационное свойство
Возможно кратковременное (до 3 мин) повышение температуры без внешней механической нагрузки Действие кратковременной (1—3 с) нагрузки изгиба	Стойкость к размягчению, обеспечивающая формуустойчивость (кратковременную теплостойкость) Прочность Жесткость (высокий модуль упругости)	$T_B = 140 \text{ }^\circ\text{C}$ $\sigma_{и} = 110 \text{ МПа}$ $E_{и} = 2000 \text{ МПа}$
Кратковременное ударное воздействие	Стойкость к кратковременному ударному воздействию; изделие с надрезом и лежит на двух опорах	$a_{н} = 20 \text{ кДж/м}^2$

Условие эксплуатации изделия	Требование к эксплуатационному свойству пластмассы в изделии	Требуемое значение стандартизуемого параметра, характеризующего эксплуатационное свойство
Действие внешнего электрического поля	Стойкость к напряженности внешнего электрического поля	$E_{пр} = 15 \text{ кВ/мм}$ при толщине 2,5 мм
Действие огня	Пониженная воспламеняемость с учетом падения горящих частиц	Класс V0 по стандарту UL-94
Требование оптических свойств	Способность пропускать световой поток без изменения направления (прозрачность)	$K_{св} = 85 \%$
Сборка с другими деталями в среде влажного воздуха	Стабильность размеров в среде влажного воздуха (с О.В 50—60 %) в результате низкого влагопоглощения	$V_{ст} = 0,2 \%$

2. Выбор пластмассы

Этап	Результат
1. Исходя из условий эксплуатации выявляем основные параметры эксплуатационных свойств	1) $T_B = 140 \text{ }^\circ\text{C}$ 2) $E_H = 2000 \text{ МПа}$ 3) $a_H = 20 \text{ кДж/м}^2$ 4) $E_{пр} = 15 \text{ кВ/мм}$ 5) Класс V0 по стандарту UL 94 6) $K_{св} = 85 \%$
2. Записываем последовательность выбора пластмассы (см. схему 6.1)	1) $K_{св} = 85 \%$ 2) $T_B = 140 \text{ }^\circ\text{C}$ 3) $a_H = 20 \text{ кДж/м}^2$ 4) $E_H = 2000 \text{ МПа}$ 5) $E_{пр} = 15 \text{ кВ/мм}$ 6) Класс V0 по стандарту UL 94 7) $\sigma_H = 110 \text{ МПа}$ 8) $V_{ст} = 0,2 \%$
3. Выбираем полимеры, которые имеют $K_{св} \geq 85 \%$ (см. табл. 6.25)	ПС; МСН; ПМП; СММА; ПК; ПММА; МС
4. Из выбранных по п. 3 полимеров подбираем полимеры, которые имеют $T_B \geq 140 \text{ }^\circ\text{C}$ (см. табл. 6.1)	ПК; ПМП
5. Из выбранных по п. 4 полимеров подбираем полимеры, которые при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ имеют $a_H \geq 20 \text{ кДж/м}^2$ (см. табл. 6.15)	ПК
6. Проверяем, подходит ли ПК по $E_H \geq 2000 \text{ МПа}$ (см. табл. 6.9)	Да

Этап	Результат
7. Проверяем, подходит ли ПК по $E_{пр} \geq 15 \text{ кВ/мм}$ (см. табл. 6.19)	Да
8. Проверяем, выпускается ли марка ПК с улучшенной огнестойкостью — класс V0 по стандарту UL 94 (см. табл. 6.28)	ПК-ОГН ₂
9. Проверяем ПК по остальным заданным параметрам:	
9.1. По σ_H : при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ПК имеет $\sigma_H = 100\text{—}85 \text{ МПа}$ (см. табл. 6.8)	Исходя из условий эксплуатации допускается снижение заданного значения σ_H до $100\text{—}85 \text{ МПа}$; ПК оставляем
9.2. По $V_{ст}$: ПК имеет $V_{ст} \leq 0,2 \%$ (см. табл. 6.32.1)	ПК

В ы в о д: для работы в заданных условиях эксплуатации подходит ПК-ОГН₂.

Пример II. Выбор пластмассы для нагруженного корпуса

1. Определение параметров эксплуатационных свойств пластмассы в изделии

Условие эксплуатации изделия	Требование к эксплуатационному свойству пластмассы в изделии	Требуемое значение стандартизуемого параметра, характеризующего эксплуатационное свойство
Действие длительной статической нагрузки растяжения при повышенной температуре	Стойкость к ползучести	$\sigma_H = 11,5 \text{ МПа}$, $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varepsilon = 0,5 \%$, $t = 10\,000 \text{ ч}$
Действие огня	Пониженная воспламеняемость с учетом падения горящих частиц	Класс V0 по стандарту UL 94
Сборка с другими деталями, работающая при повышенных температурах	Стабильность размеров при повышенных температурах	$\alpha = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

2. Выбор пластмассы

Этап	Результат
1. Исходя из условий эксплуатации выявляем основные параметры	Все заданные параметры основные

Этап	Результат
2. Записываем последовательность выбора пластмассы по заданным параметрам (см. схему 6.1)	1) $\sigma_{\text{н}} = 11,5 \text{ МПа}$, $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, $\epsilon = 0,5 \%$, $t = 10\,000 \text{ ч}$ 2) класс V0 по стандарту UL 94 3) $\alpha = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
3. Выбираем пластмассы по параметрам, характеризующим ползучесть: 3.1. Принимаем коэффициент запаса $K_{\text{зап}} = 1,7$; тогда $\sigma_{\text{н}} = 11,5 \cdot 1,7 = 19,5$ 3.2. Выбираем полимеры, которые при $\sigma_{\text{н}} \geq 19,5 \text{ МПа}$ и $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение $t = 10\,000 \text{ ч}$ деформируются на $0,5 \%$ (см. табл. 5.2)	$\sigma_{\text{н}} = 19,5 \text{ МПа}$ Ненаполненных полимеров нет. Переходим к подбору марок с армирующим наполнителем (имеют большую стойкость к ползучести)
3.3. Выбираем марки пластмасс с армирующим наполнителем, которые при $\sigma_{\text{н}} \geq 19,5 \text{ МПа}$ и $T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение $10\,000 \text{ ч}$ деформируются на $0,5 \%$ (см. табл. 5.2)	ПЭС-НС 30; ПСФ-НС 30; ПК-НС 35; ПК-НС 40; ПА 66-НС 50; ПА 66-НС 60
4. Из выбранных по п. 3 марок пластмасс подбираем марки, которые выпускаются с улучшенной огнестойкостью — класс V0 по стандарту UL 94 (см. табл. 6.25)	ПСФ-НС 30, ОГН ₂ ; ПК-НС 35, ОГН ₂ ; ПА 66-НС 50, ОГН ₂
5. Из выбранных по п. 4 марок пластмасс подбираем марки с $\alpha \leq 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	ПСФ-НС 30, ОГН ₂ ; ПК-НС 35, ОГН ₂ ; ПА 66-НС 50, ОГН ₂

Вывод: для работы в заданных условиях эксплуатации подходят ПСФ-НС 30, ОГН₂; ПК-НС 35, ОГН₂; ПА 66-НС 50, ОГН₂.

Пример III. Выбор пластмассы для гибкой трубки

1. Определение параметров эксплуатационных свойств пластмассы в изделии

Условие эксплуатации изделия	Требование к эксплуатационному свойству пластмассы в изделии	Требуемое значение стандартизуемого параметра, характеризующего эксплуатационное свойство
Возможно кратковременное (до 3 мин) повышение температуры без внешней механической нагрузки Действие кратковременной (1—3 с) нагрузки растяжения	Стойкость к размягчению, обеспечивающая формоустойчивость (кратковременную теплостойкость) Стойкость к текучести при действии кратковременной нагрузки растяжения Эластичность при действии кратковременной нагрузки растяжения — требуется низкий модуль упругости	$T_{\text{В}} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ $\sigma_{\text{т.р}} = 35 \text{ МПа}$ $E_{\text{р}} = 500 \text{ МПа}$
Действие кратковременной (1—3 с) нагрузки изгиба	Прочность при действии кратковременной нагрузки изгиба	$\sigma_{\text{н}} = 28 \text{ МПа}$

Условие эксплуатации изделия	Требование к эксплуатационному свойству пластмассы в изделии	Требуемое значение стандартизуемого параметра, характеризующего эксплуатационное свойство
Кратковременное ударное воздействие	Эластичность при действии кратковременной нагрузки изгиба — требуется низкий модуль упругости Стойкость к кратковременному ударному воздействию; изделие с надрезом и лежит на двух опорах	$E_{\text{н}} = 400 \text{ МПа}$ $a_{\text{н}}$ — не разрушается
2. Выбор пластмассы		

Этап	Результат
1. Исходя из условий эксплуатации выявляем основные параметры эксплуатационных свойств	$T_{\text{В}} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ $\sigma_{\text{н}} = 28 \text{ МПа}$ $E_{\text{н}} = 400 \text{ МПа}$ $a_{\text{н}}$ — не разрушается
2. Записываем последовательность выбора пластмассы по заданным параметрам (см. схему 6.1)	1) $T_{\text{В}} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ 2) $a_{\text{н}}$ — не разрушается 3) $\sigma_{\text{н}} = 28 \text{ МПа}$ 4) $E_{\text{н}} = 400 \text{ МПа}$ 5) $\sigma_{\text{т.р}} = 35 \text{ МПа}$ 6) $E_{\text{р}} = 500 \text{ МПа}$
3. Выбираем полимеры, которые имеют $T_{\text{В}} \geq 150 \text{ }^\circ\text{C}$ (см. табл. 6.1)	БСПЭ; ПП; ПК; ПФО; ПТ; ПМП; СФ; ПА 12; ПА 11; ПСФ; ПАР; АК; ПА 610; ПА 6; ПБТФ; ПЭС; ПА 66; ПЭТФ; ПОД; ПАИ; ПБО; ПИ; ФН
4. Из выбранных по п. 2 полимеров подбираем полимеры, которые при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ имеют $a_{\text{н}}$ — не разруш. (см. табл. 6.15)	Немодифицированных полимеров нет. Переходим к подбору марок пластмасс с повышенной эластичностью
5. Выбираем марки пластмасс с повышенной эластичностью, которые имеют $T_{\text{В}} \geq 150 \text{ }^\circ\text{C}$ (см. табл. 6.1)	ПА 12-Э ₂ ; ПА 12-Э ₁ ; ПА 11-Э;
6. Из выбранных по п. 5 марок оставляем те, которые при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ имеют $a_{\text{н}}$ — не разрушается (см. табл. 6.15)	ПВХП-Э; ПК-УП _М [*] , ТС, ХС; ПА 6-Э; ПА 6-УП _{М3} [*] ; ПА 6-УП _{М2} [*] ; ПА 6-УП _{М1} [*]
7. Из выбранных по п. 6 марок пластмасс подбираем марки, которые при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ имеют $\sigma_{\text{н}} = 28 \text{ МПа}$ (см. табл. 6.8)	ПА 12-Э ₂ ; ПА 6-Э; ПА 12-Э ₂
8. Из выбранных по п. 7 марок оставляем те, которые при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ имеют $E_{\text{н}} \leq 400 \text{ МПа}$ (см. табл. 6.9)	ПА 12-Э ₂
9. Проверяем, проходит ли ПА 12-Э ₂ по остальным заданным параметрам:	

Этап	Результат
9.1. по $\sigma_{T, p}$: при 20 °С ПА 12-Э ₂ имеет $\sigma_{T, p} = 30-32$ МПа (см. табл. 6.5)	Исходя из условий эксплуатации допускается снижение заданного значения $\sigma_{T, p}$ до 30—32 МПа; ПА 12-Э ₂ оставляем
9.2. по E_p : при 20 °С ПА 12-Э ₂ имеет $E_p = 500-480$ (см. табл. 6.7)	

* Марки с повышенной ударной прочностью включили в число рассматриваемых, так как они, как правило, имеют более низкий модуль упругости по сравнению с базовым полимером.

Вывод: для работы в заданных условиях эксплуатации подходит ПА 12-Э₂.

Пример IV. Выбор базовой марки и на ее основе марки с улучшенными технологическими свойствами. Изделие — щиток прибора (см. пример I).

Щиток толщиной $2,5 \cdot 10^{-3}$ м имеет прямоугольную форму с размерами: длина $1,5 \cdot 10^{-1}$ м и ширина $6 \cdot 10^{-2}$ м. По краям с двух сторон щиток имеет буртики толщиной $3,5 \cdot 10^{-3}$ м и высотой $1 \cdot 10^{-2}$ м. Изделие изготавливается литьем под давлением на литьевой машине с объемом впрыска $32 \cdot 10^{-6}$ м³. Литник расположен в торце щитка.

Этап	Результат
1. Определяем толщину изделия. Изделие заменяем эквивалентными равнотолщинным с толщиной h_3 и длиной L , равной длине изделия. Толщину h_3 определяем по уравнению $h_3 = h_1 L_1 + h_2 L_2 / (L_1 + L_2),$ где $L_1 = 1,3 \cdot 10^{-1}$ м — длина участка щитка с толщиной $h_1 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м, $L_2 = 0,2 \cdot 10^{-1}$ м — суммарная длина двух участков щитка (буртиков) с толщиной $h_2 = 3,5 \cdot 10^{-3}$ м	$h_3 = 2,63 \cdot 10^{-3}$ м
2. Определяем номер группы, к которой изделие относится по толщине h (h_3) (см. табл. 4.4)	4
3. Определяем отношение длины изделия L к толщине h (h_3)	57
4. Определяем номер группы, к которой изделие относится по отношению L/h (см. табл. 4.4)	2
5. Зная номера групп, к которым относится изделие по толщине h (h_3) и по отношению L/h , подбираем литьевую марку полимера (см. табл. 4.4)	Литьевая марка ПК с ПТР-16,3—9,9
6. Подбор марки с улучшенными технологическими свойствами. Поскольку изделие имеет сравнительно большие габаритные размеры и утолщения и учитывая, что отформованные изделия из ПК плохо вынимаются из формы из-за малой литьевой усадки ПК, для исключения брака типа: сколы, коробление, растрескивание, возникающие при затрудненном извлечении изделий из формы, подбираем марку ПК со смазкой для облегченного извлечения изделий из формы	Марка со смазкой для облегченного извлечения изделий из формы

1. Базовые марки полимеров, выпускаемые отечественной промышленностью

Полимер, нормативно-техническая документация	Марки	ПТР (в указанных случаях — ЧВ, $\rho_{отн}$ или $\rho_{уд}$)*	Метод переработки, типы изделий **	
ПС _с , ГОСТ 20282—74	ПСС	1—4	Литье под давлением, прессование То же	
		4—6 6—8		
	ПССП	1—4	» »	
		4—6		
ПС _{бл} , ГОСТ 20282—74	ПСМ, ПСМД	2—4	Литье под давлением, прессование, экструзия (лист, профили, пленка, нити) То же	
		4—6 6—8		
	ПС _э , ГОСТ 20282—74	ПСЭ-1	—	Литье под давлением, прессование Литье под давлением, прессование, экструзия (трубы, профили, пленка)
ПСЭ-2		—		
ПК, ТУ 6-05-1668—84	ПК-1	1,0—3,5	Экструзия (трубы, профили, пленка) Литье под давлением, экструзия (трубы, профили)	
		3,6—7,0		
	ПК-3 ПК для листа	7,1—12,0	Литье под давлением Экструзия (лист)	
		4,0—6,0		
ПММА ТУ 6-05-041-665—79	Литьевая ЛПТ	—	Литье под давлением, экструзия (трубки, профили), прессование (линзы, футляры, шкалы)	
		ОСТ 6-01-67—77		ЛСОМ
	ПСФ, ТУ 6-05-211-939—80 АБС-пластики, ТУ 6-05-1587—79	Литьевая А	1,5—5,0	Литье под давлением, экструзия (лист, профили) Литье под давлением, выдувание, прессование То же
АБС-1308			>8	
АБС-2020 АБС-0809 Т АБС-1002 Т АБС-0603 Т		>20	» » »	
		>9		
		>2		
>3	»			

Продолжение

Полимер, нормативно-техническая документация	Марки	ПТР (в указанных случаях — ЧВ, $\eta_{отн}$ или $\eta_{уд}$)*	Метод переработки, типы изделий**
ПА 610, ГОСТ 10589—73	ПА 610	ЧВ= =130—190	Литье под давлением
ПА 6, ОСТ 6-06-С9—76	ПА 6-120/320	$\eta_{отн}$ = =2,15—3,0	Литье под давлением, формирование волокон
	ПА 6-210/310	$\eta_{отн}$ >2,5	То же
	ПА 6-211-14	$\eta_{отн}$ = =2,60—2,75	»
	ПА 6-211-15	$\eta_{отн}$ = =2,60—2,75	»
	ПА 6-110	$\eta_{отн}$ = =2,15—2,40	Формование волокон
ПА 6, ТУ 6-06-32-278—78	ПА 6-130	$\eta_{отн}$ = =1,95—2,45	То же
	А	$\eta_{отн}$ = =3,0—4,0	Экструзия (пленка, оболочка кабеля)
	Б	$\eta_{отн}$ = =2,5—3,8	Литье под давлением
ПА 66, ОСТ 6-06-С23—79	Литьевая	$\eta_{отн}$ >2,5	Литье под давлением
СФД, СТД, ТУ 6-05-1543—79	СТД-Г	2,0—4,5	Экструзия (трубки, брусья, профили, пластины), литье под давлением
	СФД-Д, СТД-Д	4,51—7,5	То же
	СФД-А, СТД-А	7,51—10,0	Литье под давлением
	СФД-В, СТД-В	10,1—16,0	То же
СФД-Б, СТД-Б	16,1—30,0	»	
ПЭТФ ТУ 6-06-415—73	А, Б, В	$\eta_{уд}$ = =0,28—0,31	Получение пленок
	ТУ 6-05-211-830—76	—	Литье под давлением
ПБТФ	Литьевая	$\eta_{уд}$ >0,5	То же

* Условия определения ПТР:

	T, °C	F, Н		T, °C	F, Н
ПС	200	49,05	ПЭВП	190	49,05
ПК	280	21,19	ПЭНП	190	21,19
ПСФ	300	21,19	ПП	230	21,19
АБС	210	21,19	СФД	190	21,19

ЧВ определяли в р-ре метакрезола, $\eta_{отн}$ — в 1 %-ном р-ре серной кислоты; $\eta_{уд}$ — для ПЭТФ — в 0,5 %-ном р-ре трикрезола, ПБТФ — в р-ре метакрезола.

** Рекомендации по выбору базовых марок для литьевых изделий см. в табл. 4.4

2. Базовые марки полимеров, выпускаемые зарубежными фирмами

Поликарбонат

В числителе — серия марки, в знаменателе — ПТР при $T = 280^\circ\text{C}$ и $F = 21,19\text{ Н}$
(значения ПТР со звездочкой при $T = 300^\circ\text{C}$ и $F = 11,7\text{ Н}$)

Торговое название материала, фирма, страна	Очень низковязкая	Низко-вязкая	Средне-вязкая	Высоковязкая	Очень высоковязкая
--	-------------------	--------------	---------------	--------------	--------------------

Рекомендуемый метод переработки

Литье под давлением	Литье под давлением, экструзия, выдувное формование	Литье под давлением, выдувное формование	Литье под давлением, выдувное формование	Литье под давлением, выдувное формование	Литье под давлением, выдувное формование, экструзия листа для последующего вакуум-формования, термомформования, холодного формования и ориентации; выдувное формование; прессование; ротационное формование
Тонкостенные изделия сложной конфигурации и изделия с минимальными внутренними напряжениями	Тонкостенные изделия	Изделия средней толщины общего назначения	Изделия средней толщины общего назначения	Литье — толстостенные изделия и изделия с высокой ударной прочностью	Из экструзионного листа — различные ограждения, корпуса, крышки, изделия неправильной формы, плиты, пластины и пр. Выдувное формование — большие емкости (в том числе повышенной формоустойчивости), бутылки и пр. Прессование — простые изделия
Тонкостенные изделия сложной конфигурации и изделия с минимальными внутренними напряжениями	Тонкостенные изделия	Изделия средней толщины общего назначения	Изделия средней толщины общего назначения	Литье — толстостенные изделия и изделия с высокой ударной прочностью	Из экструзионного листа — различные ограждения, корпуса, крышки, изделия неправильной формы, плиты, пластины и пр. Выдувное формование — большие емкости (в том числе повышенной формоустойчивости), бутылки и пр. Прессование — простые изделия

Рекомендации по ассортименту изделий

Торговое название материала, фирма, страна	Очень низковязкая	Низковязкая	Средневязкая	Высоковязкая	Очень высоковязкая
Макролон, «Байер», ФРГ	$\frac{2400}{19-15^*}$	$\frac{2600}{13-9^*}$	$\frac{2800}{10-7^*}$	$\frac{3100}{7-5^*}$	Ротационное формование — крупногабаритные изделия $\frac{3200}{5-3,5^*}$; $\frac{3119}{2^*}$ $\frac{134}{-}$; $\frac{151}{1,1^*}$ $\frac{E-2000}{5-1,5^*}$
Лексан, «Дженерал электрик», США	$\frac{120}{-}$	$\frac{140}{12}$	$\frac{160}{-}$	$\frac{100}{6}$	
Пенлайт, «Тейдзин», Япония	—	$\frac{L 1225}{-}$	$\frac{L 1250}{-}$	$\frac{K 1300}{4,2}$	
Юпилон, «Мицубиси гасу кемикл», Япония	$\frac{S 3000}{15,5-12^*}$	$\frac{S 2000}{12-8,5^*}$	—	$\frac{S 1000}{8,5-5^*}$	

Полиамид 66

В числителе — серия марки, в знаменателе — ПТР при $T = 275^\circ\text{C}$ и $F = 3,19$ Н (без скобок) и $\eta_{\text{отн}}$ в серной кислоте (в скобках), значения со звездочкой — \bar{M}_n

Торговое название материала, фирма, страна	Очень низковязкая	Низковязкая	Средневязкая	Высоковязкая
--	-------------------	-------------	--------------	--------------

Рекомендуемый метод переработки

Литье под давлением

Литье под давлением и экструзия

Рекомендации по ассортименту изделий

	Литье — тонкостенные изделия сложной конфигурации	Литье — тонкостенные изделия с небольшим отношением длины к толщине, изделия средней толщины. Экструзия — мононити малого диаметра	Литье — изделия средней толщины с небольшим отношением длины к толщине. Экструзия — заготовки, мононити	Литье — толстостенные изделия и изделия с высокой ударной прочностью. Экструзия — трубы, профили, высокоударопрочные заготовки, плиты, пленка
Ультрамид А, БАСФ, ФРГ	$\frac{A 25}{-}$	$\frac{A 3}{18\ 000^* (2,6)}$	$\frac{A 4}{26\ 000^* (3,4)}$	$\frac{A 5}{(4,3)}$
Леона, «Асахи кемикл индастри», Япония	$\frac{1200}{-}$	$\frac{1300, 1402S}{7,2-8,3}$	$\frac{1500}{1,4}$	$\frac{1700}{-}$
Найлон 6, «Убе-индастри», Япония	$\frac{2015 B}{14 (2,3)}$	$\frac{2020 B}{6,5 (2,6)}$	$\frac{2026 B}{-}$	—
Технил, «Рон-Пуленк», Франция	—	$\frac{A 216}{4,4-4,7}$	—	—

Полиамид 6

В числителе серия марки, в знаменателе ПТР при $T = 235^\circ\text{C}$ и $F = 11,7$ Н и $\eta_{\text{отн}}$ в серной кислоте (в скобках)

Торговое название материала, фирма, страна	Марка				
	Очень низковязкая	Низковязкая	Средневязкая	Высоковязкая	Очень высоковязкая

Рекомендуемый метод переработки

Литье под давлением

Литье под давлением и экструзия

Торговое название материала, фирма, страна	Марка				
	Очень низко-вязкая	Низковязкая	Средневязкая	Высоковязкая	Очень высоковязкая

Рекомендации по ассортименту изделий

	Тонкостенные изделия сложной конфигурации	Литье — тонкостенные изделия, изделия средней толщины с большим отношением длины к толщине. Экструзия — покрытия, мононити малого диаметра	Литье — изделия средней толщины общего назначения. Экструзия — пленки, оболочка кабелей	Литье — толстостенные изделия и изделия с высокой ударной прочностью. Экструзия — плоская пленка, заготовки, мононити	Литье — изделия с особо высокой ударной прочностью. Экструзия — пленка, получаемая раздувом, лист, трубы, профили, ударопрочные заготовки
Ультрамид В, БАСФ, ФРГ	<u>KR 4405</u> (2,4)	<u>B 3</u> 15—16 (2,69)	<u>B 35</u> (3,3)	<u>B 4</u> 2,3 (4,0)	<u>B 5</u> 0,7 (5,0)
Дуретан, «Байер», ФРГ	<u>B 25</u> —	<u>B 30</u> —	<u>B 31</u> —	<u>B 40</u> —	<u>B 50</u> —
Найлон 6, «Убеиндастри», Япония	—	—	<u>1010</u> —	<u>1200</u> 2,3	<u>1300</u> —

Полиамид 12

В числителе серия марки, в знаменателе ЧВ (в р-ре метакрезола)

Рекомендуемый метод переработки

Литье под давлением и экструзия

Рекомендации по ассортименту изделий

	Литье — тонкостенные изделия сложной конфигурации. Экструзия — тонкостенная оболочка кабелей и проводов	Литье — тонкостенные изделия. Экструзия — мононити малого диаметра	Литье — изделия средней толщины общего назначения. Экструзия — плоская пленка, получаемая из щелевой головки, оболочка проводов	Литье — толстостенные изделия и изделия с высокой ударной прочностью. Экструзия — лист, трубы, профили общего назначения, оболочка кабелей и проводов	Литье — изделия с особо высокой ударной прочностью. Экструзия — мононити, пленка, получаемая раздувом, лист для термоформования, напорные трубы, профили повышенной прочности
Вестамид, «Хюльц», ФРГ	<u>L 2100</u> 220	<u>L 1900</u> 180	<u>L 1800</u> 160	<u>L 1700</u> 140	<u>L 1600</u> 120
Гриламид, «Эмз-Чем», Швейцария	<u>L 25</u> 250	<u>L 22</u> 180	<u>L 20</u> 160	—	—
Рильсан, «Атошеми», Франция	AMNV	AMV	—	AMN	—

Сополимеры формальдегида (СФ), полиформальдегид ПФ

В числителе серия марки, в знаменателе ПТР при $T = 190^\circ\text{C}$ и $F = 21,19 \text{ Н}$

Рекомендуемый метод переработки

Литье под давлением

Рекомендации по ассортименту изделий

	Тонкостенные изделия сложной конфигурации, менее нагруженные	Тонкостенные изделия	Изделия средней толщины общего назначения	Литье — толстостенные изделия. Экструзия — трубы, профили, пластины, брусья
Хостаформ (СФ), «Хехст АГ», ФРГ	—	<u>C 27021</u> 27	<u>C 13021</u> 13	<u>C 9021</u> 9
Ультраформ (СФ), БАСФ, ФРГ	—	<u>W2320</u> 23	<u>S 2320</u> 13	<u>N 2320</u> 9
Делрин, «Дюпон», США	—	<u>100</u> 11	<u>500</u> 6,5	<u>8020</u> 5
				<u>C 2521</u> 2,5
				<u>N 2320</u> 2,5
				<u>8010</u> 8010
				<u>1</u> 1

372 **3. Марочный ассортимент пластмасс с улучшенными технологическими свойствами**

Марка с улучшенными технологическими свойствами	Торговое название материала, фирма, страна	Обозначение марки
Поликарбонат		
Со смазкой для облегченного извлечения изделий из формы	Макролон, «Байер», ФРГ	2405, 2407, 2605, 2607, 2658, 2805, 2807, 2858, 3105, 6555, 6655, 6557, 8025, 8035, 8315, 8324, 8344, 9415
С частичным структурированием	Лексан, «Дженерал электрик», США	101R, 103R, 121R, 123R, 141R, 143R, 161R, 163R, 2014R, 2034R
С повышенной текучестью	Пенлайт, «Тейдзин», Япония	L1225G, L1250G, 2000 R
С минимальными внутренними напряжениями	Юпилон, «Мицубиси гасу кемикл», Япония	3118, 3119, 6870
Со смазкой и с повышенной текучестью	Макролон, «Байер», ФРГ	Серия 150
	Лексан, «Дженерал электрик», США	LDS 1890
	Пенлайт, «Тейдзин», Япония	AD-5503
	Юпилон, «Мицубиси гасу кемикл», Япония	H-3000
	Лексан, «Дженерал электрик», США	ML 3041, ML 3042, ML 3045
	Юпилон, «Мицубиси гасу кемикл», Япония	H-3000R
Полиамид 66		
Со смазкой	Акулон, «Акзо-Пластикс», Нидерланды Зайтл, «Дюпон», США	S 223-F, S 240-F E 101L, E 103 HSL-C, 70G-20 HSL, 70G-25HSL, 70G-30 HSL, 70G-35 HSL, 79G-13L, 80G-33 HSI-L
С ускоренной кристаллизацией	Маранил, «Ай-Си-Ай», Великобритания Леона, «Асахи кемикл индастри», Япония Найлон 66, «Убе-индастри», Япония Технил А, «Рон-Пуленк», Франция	A 125, A 127, A 192 1200 S, 1300 S, 1402 S 2020 W A 221, A 222
Со смазкой и с ускоренной кристаллизацией	Ультрамид А, БАСФ, ФРГ Зайтл, «Дюпон», США Акулон, «Акзо-Пластикс», Нидерланды Леона, «Асахи кемикл индастри», Япония	A3KD, A3SK 101 F S 223-D, S 223-E 1300 S (×61)
Полиамид 6		
Со смазкой	Акулон, «Акзо-Пластикс», Нидерланды Грилон, «Эмз-Чемп», Швейцария Найлон 6, «Убе-индастри», Япония Найлон 6, «Убе-индастри», Япония	K 222-F A 23G 1011 W 1011 FB
Термостабилизированная для переработки	Ультрамид В, БАСФ, ФРГ	B3S, B 35 SK, KR 4405, B 3G5 HS, B 3G6 HS, B 3G7 HS
С ускоренной кристаллизацией	Дуретан В, «Байер», ФРГ	B 30S, B 31SK, B 40SK
С частичным структурированием	Найлон 6, «Убе-индастри», Япония	1013NB
Со смазкой и с ускоренной кристаллизацией	Найлон 6, «Унитика», Япония	A 1030HR
	Акулон, «Акзо-Пластикс», Нидерланды	1060 B K 222-D, M 223-D, M 231-D1, M 238-D1, M 921-D
	Грилон, «Эмз-Чемп», Швейцария	A 23GM, A 28GM
	Найлон 6, «Убе-индастри», Япония	1013NW
Полиамид 12		
Со смазкой	Гриламид, «Эмз-Чемп», Швейцария	L20G, L22G
Сополимеры формальдегида, полиформальдегид		
Со смазкой	Хостаформ, «Хехст АГ», ФРГ	C 9010
С ускоренной кристаллизацией	Целкон, «Силанез», США	M 25-04, M 90-04, M 90-08, M 140-04, M 270-04
	Делрин, «Дюпон», США	100, 500
	Дерлин, «Дюпон», США	500F, 900F
	Ультраформ, БАСФ, ФРГ	W2320, S2320, N2320, H2320

4. Марочный ассортимент пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами

Обозначения типов марок см. в начале книги и в разделе 4.3.1, обозначения марок (А—Д) даны после каждой таблицы.

4.1. ПК

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Дифлон, СССР (А)	Макролон, «Байер», ФРГ (В)	Лексан, «Дженерал электрик», США (В)	Пенлайт, «Тейдзин», Япония, (Г)	Юпилон, «Мицубиси гасу кемикл», Япония (Д)
Общего назначения	A1	B1	B1	G1	D1
С улучшенными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС 10		B2			
НС 10, ОГН ₂		B3	B2		
НС 20					D2
НС 20, ОГН ₁		B4	B3		
НС 30	A2	B5	B4		
НС 35, ОГН ₂					
НС 40, ОГН ₁					
НС _к 10				G2	
НС _к 10, А					D3
НС _к 10, ОГН ₁					D4
НС _к 15				G3	
НС _к 20		B6		G4	D5
НС _к 20, А				G5	
НС _к 20, ОГН ₂					D6
НС _к 30			B5	G6	D7
НС _к 30, А					D8
НС _к 30, ОГН ₁		B7			
НС _к 30, ОГН ₂		B8		G7	D9
минеральным наполнителем НМН 30					
Модифицированные полимера-ми и другими добавками ударопрочные			B6	G8	
УП				G9	
УП, ОГН ₂			B7		
УП _м , ТС, ХС			B8		
УП _м , УФ			B9		
УП _м , ХС		B9	B10		
УП _{мм} (II)					
с повышенной стойкостью к растрескиванию	A3				
СРР, А (ПТФЭ), ОГН					
Комбинированные					
НС, УП				G10	
НС _к , УП				G11	
С измененными антифрикционными свойствами					
А (ПТФЭ), ОГН	A4				
А (ПТФЭ), СРР, ОГН	A5				
А		B11		G12	D10

Продолжение

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Дифлон, СССР (А)	Макролон, «Байер», ФРГ (В)	Лексан, «Дженерал электрик», США (В)	Пенлайт, «Тейдзин», Япония, (Г)	Юпилон, «Мицубиси гасу кемикл», Япония (Д)
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением					
ОГН ₁		B10	B12		
ОГН ₁ , УФ			B13		
ОГН ₂		B11	B14	G13	D11
ОГН ₂ , УФ		B12	B15		
ОГН, А (ПТФЭ)	A6				
ОГН, СРР, А (ПТФЭ)	A7		B16		
ДВ			B17		
С улучшенными оптическими свойствами					
ОПТ					
С измененной плотностью ВС			B18		
Пищевого назначения					
ПЩ		B13	B19		
ПВ _г		B14			
Медицинского назначения МЦ	A8	B15	B20		
С улучшенной атмосферостойкостью					
УФ		B16	B21	G14	D12
УФ, ОГН ₁			B22		
УФ, ОГН ₂		B17	B23		
УФТ			B24		
С повышенной химической стойкостью					
ХС			B25		
Г		B18			

Обозначение марок по каталогам фирм:

A1 — ПК-1, ПК-2, ПК-3; A2 — ПК-НКС; A3 — ПК-М-2; A4 — ПК-М-1; A5 — ПК-М-2; A6 — ПК-М-1; A7 — ПК-М-2; A8 — ПК-5;
 B1 — 2400, 2600, 2800, 3100, 3200; B2 — 8315; B3 — 9310, 9410, 9415; B4 — 8320, 8324; B5 — 8344; B6 — 8020, 8025; B7 — 8030, 8035; B8 — 9635; B9 — 3100, 3200; B10 — 6655; B11 — 6030, 6550, 6555, 6560, 6870; B12 — 6553, 6557, 6603; B13 — 2658, 2808, 3108, 3118, 3208; B14 — 3118, 3208; B15 — 2658, 2808, 3108, 3118; B16 — 2403, 2407, 2603, 2607, 2803, 2807, 3103, 3203; B17 — 6553, 6557, 6603; B18 — 2809, 3109, 3119; B1 — 121 (R), 141 (R), 161 (R), 101 (R), 131; B2 — 500 (R); B3 — 3412 (R); B4 — 3414 (R); B5 — 3513 (R); B6 — ML3041; B7 — CL200; B8 — CL100; B9 — CL101; B10 — 160, 300; B11 — 191; B12 — 2014 (R); B13 — 2034 (R); B14 — 940; B15 — 943, 943A; B16 — 940A; B17 — LS1, LS2, LS3; B18 — FL900; B19, B20 — 124, 144, 164, 104, 134, 154; B21 — 123 (R), 143 (R), 163 (R), 103 (R), 133, 153; B22 — 2034 (R); B23 — 943, 943A; B24 — 303, B25 — 191;
 Г1 — L-1225, L-1250, K-1300; Г2 — G-3110; Г3 — G-3115; Г4 — G-3120; Г5 — GS-3120; Г6 — 3130; Г7 — GN-3130; Г8 — LE-1250, KE-1300; Г9 — LEN-1250; Г10 — GE-1030; Г11 — GE-3130; Г12 — LS-1250, KS-1300; Г13 — LN-1250, KN-1300; Г14 — L-1225Z, L-1250Z, L-1300Z;
 Д1 — E-1000, E-2000, S-1000, S-2000, S-3000, MS-1000, MS-2000, MS-3000; Д2 — GS-2020; Д3 — LGS-2410M; Д4 — GS-2010M; Д5 — GS-2020M-R-2; Д6 — GS-2020M-N-1; Д7 — GS-2030M-R-2; Д8 — LGS-2230M; Д9 — GS-2030M; Д10 — LS-2010, LS-2020, LS-2030; Д11 — N-3; Д12 — E-2000U, S-1000U, S-2000U, S-3000U.

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиамид 66, СССР (А)	Технил А, «Рон-Пуленк», Франция (Б)	Ультрамид А, «Басф», ФРГ (В)	Акулон, «Акто-Пластик», Нидерланды (Г)	Зайтл, «Дюлон», США (Д)
Общего назначения	A1	B1	B1	G1	D1
С улучшенными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС 13					D2
НС 15		B2			
НС 20		B3		G2	
НС 20, ТСТ					D3
НС 25			B2	G3	
НС 25, ОГН ₁			B3		
НС 25, ОГН ₂			B4		
НС 25, ТСТ			B5		D4
НС 25, ТВ _{фа}		B5	B5		
НС 25, ТУФВ ₉			B6		
НС 30		B6	B7		
НС 30, А (МоS ₂)	A2	B7	B8	G4	
НС 30, ТСТ	A3	B8	B8		
НС 30, ТВ _{фа}		B9	B9		D5
НС 35			B10		
НС 35, ОГН ₁		B10	B11	G5	
НС 35, ОГН ₂			B12		
НС 35, ТСТ			B13		
НС 35, ТВ _{фа}			B14		D6
НС 40			B15		
НС 50		B11			
НС 50, ОГН ₁		B12	B16		
НС 50, ОГН ₂			B17		
НС 50, ТСТ			B18		
НС 50, ТВ _{фа}		B13	B19		
НС _к 30			B20		
НС _к 30, А (МоS ₂)	A4				
НС _к 30, ХС	A5				
минеральным наполнителем	A6				
НМН 30		B14			
НМН 35, ОГН, ТСТ				G6	
НМН 40		B15			
НМН 40, ТСТ			B21	G7	
стеклянными шариками					
НС _ш 30		B16			
НС _ш 40		B17			
Модифицированные полиме-рами и другими добавками					
Ударопрочные					
УП					D7
УП, ОГН ₂					D8

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиамид 66, СССР (А)	Технил А, «Рон-Пуленк», Франция (Б)	Ультрамид А, «Басф», ФРГ (В)	Акулон, «Акто-Пластик», Нидерланды (Г)	Зайтл, «Дюлон», США (Д)
УП, ПЩ					D9
УП, УФВ					D10
УП _{мм} (II)				G8	D11
УП _{мм} (II), ПЩ					D12
УП _{мм} (II), ТСТ					D13
С измененными антифрикционными свойствами					
А (графит)			B22		
А (МоS ₂)		B18	B23		
А (ПЭ), ТСТ			B24		
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением					
ОГН ₂		B19			D14
ОГН ₂ , ТСТ			B25		
Пищевого назначения					
ПЩ					D15
ПЩ, ТСТ			B26	G9	
С улучшенной атмосферостойкостью					
ТСТ		B20	B27		D16
ТВ _{фа}			B28		
УФТ*					
УФВ					D17
ТУФВ ₉			B29		
С повышенной химической стойкостью Г			B30		

Обозначения марок по каталогам фирм:
 А1 — ПА 66; А2 — ПА 66 ДС; А3 — ПА 66 ДС (МО); А4 — ПА 66 КС; А5 — ПА 66 КС (МО); А6 — ПА 66 КС (М);
 Б1 — А203, А216, А221; Б2 — А216V15; Б3 — А216V20; Б4 — А216V25; Б5 — А218V25; Б6 — А10V25, А20V25; Б7 — А216V30; Б8 — А216V30Y17; Б9 — А218V30; Б10 — А216V35; Б11 — А216V40; Б12 — А216V50; Б13 — А218V50; Б14 — А248MT30, В218MX30; Б15 — А228MT40, В218MX40; Б16 — А216S30; Б17 — А216S40; Б18 — А216Y2, А216Y10, А216Y17; Б19 — А10, А20; Б20 — А217, А218, А222;
 В1 — А25, А3, А4, А5; В2 — А3G5; В3 — А3X₁G5; В4 — А3XG5; В5 — А3WG5; В6 — А3EG5; В7 — А3HG5; В8 — А3G6; В9 — А3WG6; В10 — А3EG6; В11 — А3G7; В12 — А3X₁G7; В13 — А3XG7; В14 — А3WG7; В15 — А3EG7; В16 — А3G10; В17 — А3X₁G10; В18 — А3XG10; В19 — А3WG10; В20 — А3EG10; В21 — KR4250; В22 — марка поставляется; В23 — марка поставляется; В24 — А3R; В25 — KR4204, KR4205; В26 — KR1421; В27 — А3W; В28 — А3К, А3КН, А3СК, А4К; В29 — А4Н; В30 — А3К, А3КН, А3СК, А4К, А3EG5, А3EG6, А3EG7, А4Н, А4HG5;
 Г1 — S223-D, S223-E, S223-F, S240-F, S223-C, S240-C, S245-C; Г2 — S223-G4; Г3 — S223-G5; Г4 — S223-G6; Г5 — S223-G7; Г6 — S224-HMY7; Г7 — S223-HM8; Г8 — S240-F, S245-C, Г9 — S240-CH1;
 Д1 — 101, 101L, 42, 101F; Д2 — 79G-13L; Д3 — 70G-20HS; Д4 — 70G-25HS-L; Д5 — 70G-30HS-L; Д6 — 70G-35HS-L; Д7 — ST-801, ST-811; Д8 — STFR80; Д9 — ST-801NC-10; Д10 — ST-801BK10; Д11 — 408S; Д12 — 408NC-10; Д13 — 408HS; Д14 — 101LNC-10; Д15 — 103HS-LC; Д16 — 122L.

* А 101 Black 936 (Маранил, фирма «Ай-Си-Ай», Великобритания).

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиамид 6, СССР (А)	Ультрамид В, БАСФ, ФРГ (В)	Дуретан, «Байер», ФРГ (В)	Акулон, «Акзо-Пластикс», Нидерланды (Г)	Грилон, «Эм-Чемп», Швейцария (Д)
Общего назначения	A1	B1	B1	G1	D1
С измененными механическими свойствами					
Наполненные					
анизотропным наполнителем					
НС 15		B2			
НС 15, АНТ		B3			
НС 23, А (графит) *					
НС 25		B4		G2	
НС 25, ТСТ		B5			
НС 25, ТВ _{Фэ}		B6			
НС 25, ТУФВ _э		B7			
НС 30	A2	B8	B2	G3	
НС 30, ТСТ	A3	B9	B3		D2
НС 30, ТФ _{Фэ}		B10			
НС 30, ТУФВ _э		B11			
НС 30, ОГН ₂			B4		
НС 30, ВС **					
НС 35		B12	B5	G4	
НС 35, ТСТ		B13			
НС 35, ТВ _{Фэ}		B14			
НС 35, ТУФВ _э		B15			
НС 50		B16		G5	
НС 50, ТСТ		B17	B6		
НС 50, ТФ _{Фэ}		B18			
НС _к 30	A4				
НС _к 30, ТСТ	A5				
НС _к 30, А (ПЭ)	A6				
минеральным наполнителем					
НМЛ 30, ТСТ		B19			

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиамид 6, СССР (А)	Ультрамид В, БАСФ, ФРГ (В)	Дуретан, «Байер», ФРГ (В)	Акулон, «Акзо-Пластикс», Нидерланды (Г)	Грилон, «Эм-Чемп», Швейцария (Д)
НМН 30		B20		G6	
НМН 30, ТСТ		B21		G7	
НМН 30, ОГН ₁		B22			
НМН 30, ОГН ₂ , ТСТ				G8	
НС _ш 50, ТСТ					D3
комбинированные					
НС, НМН 30		B23			
НС, НМН 40		B24			
НС, НМН	A7				
НС, НС _ш			B7		
Модифицированные полиме- рами и другими добавками					
ударопрочные					
УП _{М1}					D4
УП _{М2}					D5
УП _{М3}					D6
УП _М		B25	B8	G9	
УП _с		B26		G10	
УП _{ММ} (II)				G11	
УП _{ММ} (III)			B9	G12	
У _{ММ} (IV)			B10	G13	
УП _{ММ}			B11		
УП _{ММ} , ТСТ		B27			
с повышенной эластичностью					
Э		B28	B12	G14	D7
Э, ПР 3*					

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиамид 6, СССР (А)	Ультрамид В, БАСФ, ФРГ (Б)	Дуретан, «Байер», ФРГ (В)	Акулон, «Акто-Пластикс», Нидерланды (Г)	Грилон, «Эмз-Чеми», Швейцария (Д)
Комбинированные НС 30, УП НС 30, УП, ТСТ		Б29			Д8
С измененными антифрикционными свойствами		Б30 Б31			
А (графит) А (MoS ₂) А (ПТФЭ) 4*					
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением					Д9
ОГН ₂					
С улучшенными оптическими свойствами					
ПР ПР, ПЩ			В13	Г15 Г16	Д10 Д11
С измененной плотностью ВС 5*					
Пищевого назначения ПЩ				Г17	Д12
С улучшенной атмосферостойкостью					
ТСТ	А8	Б32			
ТВФэ		Б33			
УФТ	А9				

Обозначения марок по каталогам фирм:

А1 — ПА 6-210/310, ПА 6 высоковязкий, ПА 6 блочный; А2 — ПА 6-210ДС; А3 — ПА 6-211ДС; А4 — ПА 6-210-КС, ПА 6-130-КС; А5 — ПА 6-211-КС; А6 — ПА 6-130-КС (ПЭ); А7 — ПА 6-210-КС (П); А8 — ПА 6-211-14; А9 — ПА 6-211-15;

Б1 — В3, В3S, В35, В4, В5, KR4403, KR4405, KR4407; Б2 — В35G3; Б3 — KR4445/1; Б4 — В3G5; Б5 — В3WG5; Б6 — В3EG5; Б7 — В3G5HS; Б8 — В3G6; Б9 — В3WG6; Б10 — В3EG6; Б11 — В3G6HS; Б12 — В3G7; Б13 — В3WG7; Б14 — В3EG7; Б15 — В3G7HS; Б16 — В3G10; Б17 — В3WG10; Б18 — В3EG10; Б19 — KR4440/303; Б20 — KR4442/300, KR4450; Б21 — KR4446; Б22 — KRВ3Х2V6; Б23 — KR4449; Б24 — KR4448; Б25 — В3L; Б26 — KR4409; Б27 — KR4411, KR4412; Б28 — KR4402; Б29 — KR4447; Б30, Б31 — марки поставляются; Б32 — В35W, В5W, KR4404; Б33 — В3K, В4K;

В1 — В30S, В31SK, В40SK, В31F, В40F, В40F, В40E, В50E; В2 — ВKV30; В3 — ВKV30H; В4 — ВKV30N, ВKV30N₁; В5 — ВKV35; В6 — ВKV50H; В7 — ВG30X; В8 — ВC40; В9 — В40SK; В10 — В50E; В11 — ВC30; В12 — В30P; В13 — В25T; Г1 — K222-Д, M223-Д, M223-В, M231-Д1, M238-Д1, M921-Д, M224, M138; Г2 — K224-Г5; Г3 — K224-Г6; Г4 — K224-Г7; Г5 — K224-Г0; Г6 — K223-М6; Г7 — K223-НМ6; Г8 — K223-НМ5; Г9 — F248-СZ; Г10 — M921-Д; Г11 — K222Д; Г12 — M223Д; Г13 — M238Д; Г14 — K222-DW4; Г15 — K-222-F, K124; Г16, Г17 — F130-T, F-135-T;

Д1 — А23G, А23GM, А28GM, R40GM, А 28, R40, R47; Д2 — PV-3H; Д3 — РК-5H; Д4 — А28NX; Д5 — А28N4; Д6 — А28NZ; Д7 — R40N38; Д8 — PVN-3H; Д9 — А28V0; Д10 — А23G, А28, R40, R47; Д11 — F40, F47; Д12 — А28, R40, R47.

* RZM23G9 (оргамида, фирма «Ато шеми», Франция).

** A1030GFLSF (унитика, фирма «Атака», Япония).

3* 1022TM (найлон 6, фирма «Убе-индастри», Япония).

** A1030TF (унитика, фирма «Атака», Япония).

** 1022Z (найлон 6, фирма «Убе-индастри», Япония), A1035SF (унитика, фирма «Атака», Япония).

4.4. ПА 610, ПА 612

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиамид 610, СССР (А)	Технил D, «Рон-Пуленк», Франция (Б) — ПА 610	Ультрамид-S, БАСФ, ФРГ (В) — ПА 610	Зайтл, «Дюпон», США (Г) — ПА 612	
Общего назначения	А1	Б1	В1	Г1	
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем	А2 А3 А4 А5 А6 А7	Б2			
НС 30 НС, ВС НС _к 30 НС _к 30, А (MoS ₂) НС _к 30, ТСТ НС _к					
минеральным наполнителем	А8 А9 А10				
НМН 10 НМН 20 НМН 40					
Модифицированные полимерами и другими добавками					Г2
ударопрочные УП					
Комбинированные					Г3
НС _к 33, УП					Г4
НС _к 43, УП					Г5
С измененными термическими свойствами ТС					
С измененными антифрикционными свойствами	А11 А12 А13				
А (графит 2-5) А (графит 10) А (MoS ₂)					
С улучшенной атмосферостойкостью УФТ					Г6

Обозначения марок по каталогам фирм:

А1 — ПА 610; А2 — ПА 610 ДС; А3 — ПА 610-1-112; А4 — ПА 610-1-108; А5 — ПА 610-1-109; А6 — ПА 610-1-108 термостабилизированный; А7 — ПА 610-КС; А8 — ПА 610-1-105, ПА 610-1-205; А9 — ПА 610-1-106, ПА 610-1-206; А10 — ПА 610-1-107; А11 — ПА 610-1-202; А12 — ПА 610-1-103; А13 — ПА 610-1-101;

Б1 — Д100, Д316; Б2 — Д316Y16;

В1 — S3, S4;

Г1 — 151L, 158; Г2 — 158; Г3 — 77G-33L; Г4 — 77G-43L; Г5 — 158HSL; Г6 — 157 HSL BK10;

Обозначение марки	Торговое название материала, фирма, страна			
	Рильсан В, «Ато шемп», Франция (А)	РТП, «Файберайт», США (Б)	Термокомп, ЛНП, США (В)	Полиамид 11, «Комплаунд технолоджи», США (Г)
Общего назначения	A1			
С измененными механическими свойствами				
Наполненные анизотропным наполнителем				
НС 10		B1		
НС 20		B2		Г1
НС 23, А (графит)	A2			
НС 25, А (графит)			B1	
НС 30	A3	B3	B2	Г2
НС 30, ОГН	A4			
НС 30, УФТ	A5			
НС 40		B4		Г3
НС 43, А (графит)	A6			
шариками				
НС _ш 30	A7			
НС, НБ _ш , УФТ	A8			
Модифицированные полимера ми и другими добавками с повышенной эластичностью				
Э	A9			
Э, ОГН	A10			
Э, УФТ	A11			
Э, АНТ	A12			
С измененными антифрикционными свойствами				
А (графит)	A13			
А (MoS ₂)	A14			
А (MoS ₂), УФТ	A15			
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением				
ОГН	A16			
С улучшенными оптическими свойствами				
ПР, ПЩ	A17			
Пищевого назначения ПЩ	A18			
С улучшенной атмосферостойкостью				
ТСТ	A19			
УФТ	A20			

Обозначение марки	Торговое название материала, фирма, страна			
	Рильсан В, «Ато шемп», Франция (А)	РТП, «Файберайт», США (Б)	Термокомп, ЛНП, США (В)	Полиамид 11, «Комплаунд технолоджи», США (Г)
С повышенной химической стойкостью				
Г, ТСТ	A21			
С улучшенными антистатическими свойствами				
АНТ	A22			
С повышенной стойкостью к термитам ТР	A23			
<p>Обозначение марок по каталогам фирм: A1 — BMN, BMF, BMV, KMF, BECN, BESN, BESV, BESHV; A2 — BZM23G9; A3 — BZM30; A4 — BZM30W3, BZM30W4; A5 — BZM30TL, BZM30T6L; A6 — BZM43G9; A7 — BUM30; A8 — BMNYBZTL; A9 — BMYR10, BMNP20, BMNP40, BMNVP40; BESNP20, BECNP20, BESNP40, BECV40; A10 — BESNP40W5; A11 — BECNP20TL, BESNP40TL, BECV40TL, BMNP20TL, BMNP40TL; A12 — BMNP40E; A13 — BMNG8, BMNG9, BESNG9; A14 — BMNY, BESNY; A15 — BMNYTL; A16 — BMNW2, BECNW3; A17 — CESNOA; A18 — BESN, BESV, BESHV; A19 — BMNT, BESVT, BESNT, BECNT; A20 — BMNTL, BMNT5, KMFT6, KMTL, KESVTL, BESNTL, BECNTL; A21 — BZM30TL, KMTL, KESVT; A22 — BMNE; A23 — BECNX; B1 — 201-C; B2 — 203-C; B3 — 205-C; B4 — 207-C; B1 — HFL-4325; B2 — HF-1006; Г1 — NH-20GF; Г2 — NH-30GF; Г3 — NH-40GF.</p>				
4.6. ПА 12				
Обозначение марки	Торговое название материала, фирма, страна			
	Полиамид 12, СССР (А)	Вестаид, «Хюльц», ФРГ (Б)	Гриламид, «Эмз-Чемп», Швейцария (В)	Рильсан А, «Ато шемп», Франция (Г)
Общего назначения	A1	B1	B1	Г1
С измененными механическими свойствами				
Наполненные анизотропным наполнителем				
НС 23, А (графит)				Г2
НС 30				Г3
НС 30, УФТ		B2	B2	
НС 43, А (графит)				Г4
шариками				
НС _ш 30, ТСТ		B3		

Обозначение марки	Торговое название материала, фирма, страна			
	Полиамид 12, СССР (А)	Вестамид, «Хюльц», ФРГ (Б)	Гриламид, «Эм-Чемп», Швейцария (В)	Рильсан А, «Ато шемп», Франция (Г)
НС _Ш 50, УФТ Модифицированные полимера ми и другими добавками ударопрочные			В3	
УП _{ММ} (II)		Б4	В4	Г5
УП _{ММ} (III)		Б5		Г6
УП _{ММ} (IV)				Г7
УП _{ММ} (V)				Г8
с повышенной эластичностью	А2			Г9
Э ₁	А3	Б6	В5	Г10
Э ₂ , УФТ		Б7	В6	
Э ₃		Б8	В7	
Э ₃ , МР			В8	
Э ₄				
С измененными антифрикционными свойствами				Г11
А (графит)	А4	Б9		Г12
А (MoS ₂)		Б10		
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением			В9	
ОГН ₁				
С улучшенными оптическими свойствами ПР			В10	
С улучшенной атмосферостойкостью	А5			
ТСТ			В11	
ТСТ ₉		Б11	В12	Г13
УФТ			В13	
С повышенной химической стойкостью Г				

Обозначение марок по каталогам фирм:

А1 — ПА-12-10, ПА 12-20; А2 — ПА 12-11-1; А3 — ПА 12-11-2; А4 — ПА 12-11-3, ПА 12-21-3; А5 — ПА 12-11-4, ПА 12-11-5;
 Б1 — L1600, L1700, L1700M, L1801E, L1801F, L1901, L1901E, L2101, L2101E, L2101F; Б2 — L1930, L1931; Б3 — L1836; Б4 — L1901, L1901E; Б5 — L2101, L2101E, L2101F; Б6 — L1723; Б7 — L2124, L2124E, L2124P; Б8 — L2128, L2128E; Б9 — L1960, L1960E; Б10 — L1950, L1950E; Б11 — L1640, L1640E, L1640P, L1940, L1940E, L2140, L2140E, L2140F, L1941, L1941F;
 В1 — L20G, L22G, L25; В2 — LV-3H; В3 — LKN-5H; В4 — L22G, L25; В5 — L20W20, L25W20; В6 — L20W40, L25W40; В7 — L25W40NZ; В8 — L22N150, L25N150; В9 — L20V; В10 — TR55; В11 — L20X; В12 — L25H; В13 — L25, L25H;
 Г1 — AMN, AMV, AMNV; Г2 — AZM23G9; Г3 — AZM30; Г4 — AZM43G9; Г5 — AMN; Г6 — AMV; Г7 — AMNV; Г8 — AMNP20, AMNP30; Г9 — AMNP40; AMVP40; Г10 — AESNP40TL; Г11 — AMNG8; Г12 — AMNY; Г13 — AESNTL; AECNTL.

4.7. СФ, ПФ

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Сополимер формальдегида, СССР (А)	Хостаформ, «Хелст», ФРГ (Б) — СФ	Ультраформ, БАСФ, ФРГ (В) — СФ	Целкон, «Силанез», США (Д) — СФ	Делрин, «Дюпон», США (Г) — ПФ
Общего назначения	А1	Б1	В1	Г1	Д1
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					Д2
НС _у 20			В2	Г2	
НС _у 25					
НС _у 26		Б2			
НС 30	А2				
НС					Д3
НС, УФ					Д4
Модифицированные полимера ми и другими добавками ударопрочные УП					Д5
С измененными антифрикционными свойствами					
А _{двн}	А3				
А _{сд}		Б3	В3		
А			В4		
А (MoS ₂)		Б4			Д6
А (ПТФЭ 21)		Б5			Д7
А (ПТФЭ), УФ		Б6			
С улучшенной атмосферостойкостью УФ			В5	Г3	Д8

Обозначение марок по каталогам фирм:

А1 — СФД-А, СФД-Б, СФД-В, СФД-Д, СТД-А, СТД-Б, СТД-В, СТД-Г, СТД-Д;
 А2 — СФД-30СП; А3 — СФД-ВМ-ДС;
 Б1 — С27021, С13021, С9020, С9010, С2520, Т1020; Б2 — С9023GV; Б3 — С9024M; Б4 — С9024K; Б5 — С9024TF; Б6 — С2025TF;
 В1 — W2320, S2320, N2320, H2320; В2 — N2200G5; В3 — N2320 черный 11005MO; В4 — N2211PV; В5 — N2320 черный 11001UV;
 Г1 — U10-01, U10-11, M25-01, M25-04, M90-01, M90-04, M140-04, M270-04; Г2 — GC-25; Г3 — M90-08;
 Д1 — 500, 550, 100, 150, 8010, 8020; Д2 — марка поставляется; Д3 — 570NC-000; Д4 — 577 BK00; Д5 — 100; Д6 — 570 CL; Д7 — AF 313, AF 113; Д8 — 507, 107

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полибутилентерефталат, СССР, (А)	Ультрадур, БАСФ, ФРГ (Б)	Валокс, «Дженерал электрик», США (В)	Покан, «Байер», ФРГ (Г)	Полибутилентерефталат, РТИ, США (Д)
Общего назначения	A1	B1	B1	G1	
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС 5, ОГН ₂			B2		D1
НС 10		B2	B3		
НС 15			B4		D2
НС 15, ОГН ₂				G2	
НС 20		B3		G3	
НС 20, ОГН ₂		B4			
НС 20, ОГН ₂ , УФТ					
НС 20, УФТ					
НС 30	A2	B5	B5		D3
НС 30, А (ПТФЭ15)					D4
НС 30, А (ТФЭ15) *					
НС 30, ОГН ₂		B6	B6		D5
НС 30, ОГН ₂ , УФТ				G4	
НС 30, УФТ				G5	
НС 30, ИСК					
НС 40	A3				
НС _к			B7		
НУ _в 30 **				G6	
минеральным наполнителем					
НМН 10			B8		
НМН 25, ОГН ₂			B9		
НМН			B10		
шариками					
НС _ш 10		B7			D6
НС _ш 20					D7
НС _ш 30					D8
НС _ш 40					D9
НС _ш				G7	
комбинированные					
НС, НМН 35			B11		
НС, НМН 40			B12		
НС, НМН 45, ОГН ₂			B13		
НС, НС _ш 30				G8	
НС, НС _ш				G9	D10
НС, НС _ш , ОГН ₂					

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полибутилентерефталат, СССР, (А)	Ультрадур, БАСФ, ФРГ (Б)	Валокс, «Дженерал электрик», США (В)	Покан, «Байер», ФРГ (Г)	Полибутилентерефталат, РТИ, США (Д)
Модифицированные полимерами и другими добавками — ударопрочные УП ^{3*}					
УП _{мм} (II)			B14		G10
Комбинированные					
НС 30, УП			B15		
НС 30, УП, ОГН ₂			B16		
НС 30, УП, ТС			B17		
НМН 25, УП			B18		
С измененными антифрикционными свойствами А (ТФЭ20) ^{4*}					
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением					
ОГН ₂		B8	B19	G11	D11
С улучшенными оптическими свойствами		ПР ^{5*}			
С измененной плотностью ВС			B20		
С улучшенной атмосферостойкостью УФТ				G12	
С повышенной химической стойкостью Г		B9			
Обозначение марок по каталогам фирм:					
A1 — НВ, СВ, ВВ; A2 — ПБТ-СН-1, ПБТ-СН-2; A3 — ПБТ-ДСН; B1 — В2550, В4550, В4500, В4510, В4520; B2 — В4300G2; B3 — В4300G4; B4 — В4305G4, KR4025; B5 — В4300G6; B6 — В4305G6, KR4035; B7 — KR4300G4; B8 — KR4015; B9 — В2550, В4500;					
B1 — 325, 340; B2 — 454; B3 — 815; B4 — 855; B5 — 420, 830, 508VCT, 553VCT; B6 — 420SEO, 459; B7 — 414; B8 — 744; B9 — 760; B10 — 730; B11 — 701; B12 — 735VCT, 780VCT; B13 — 752; B14 — 325, 340VCT, 344VCT; B15 — 404, 436VCT; B16 — 467; B17 — 836; B18 — 745VCT; B19 — 310-SEO, 357; B20 — FV-600, FV-650, FV-670, FV-620, FV-665;					
G1 — В1305, В1505; G2 — В4225; G3 — В3225; G4 — 4235; G5 — 3235; G6, G7 — марка поставляется; G8 — 5335; G9, G10, G11 — марка поставляется; G12 — В1305, В1505;					
D1 — 1001; D2 — 1003; D3 — 1006; D4 — 1005-TFE15; D5 — 1005FR; D6 — 1000-GB10; D7 — 1000-GB20; D8 — 1000-GB30; D9 — 1000-GB40; D10 — 1007-GB10, 1025, 1026, 1027, 1028; D11 — 1099X29G87					

* WFL-4036 (полибутилентерефталат, фирма ЛНП, США).

** J-1850/CF/30; J-1105/CF/30 (полибутилентерефталат, фирма «Вилсон-Файберил» США).

*** 4602Z (Джефрит, «Джефф», США).

*** WL-4010 (полибутилентерефталат, фирма ЛНП, США).

*** Марка поставляется.

4.9. ПЭТФ

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Арилит А, «Акто-Пластик», Нидерланды (А)	Райнайт, «Дюпон», США (Б)	ФР ПЭТ, «Тейдзин», Япония (В)	Хостапур, «Хехст», ФРГ (Г)	Тетрафил, «Вилсон-файберфил», США (Д)
Общего назначения	А1	Б1		Г1	
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС 20				Г2	
НС 30		Б2	В1	Г3	Д1
НС 30, ОГН			В2		
НС 30, ОГН ₂		Б3			Д2
НС 33, ОГН ₂	А2				
НС 36	А3				
НС 45		Б4			
НС 55		Б5			
НС _к 30			В3		
НУ _в 30					Д3
комбинированные НС, НСЛ 35		Б6			
С улучшенными оптическими свойствами					
ПР	А4			Г4	
ПР, ПЩ *					

Обозначение марок по каталогам фирм:

А1 — А06700, А06701, А04900; А2 — АВ2360S; А3 — АВ2370; А4 — А06100, А06101, А04102;

Б1 — 940; Б2 — 530, 430; Б3 — FR-540; Б4 — 545; Б5 — 555; Б6 — 935;

В1 — В-1030; W-1030; В2 — BN-1030, WN-1030; В3 — В3030, W-3030;

Г1 — ВVP8600, KVP4022; Г2 — KVP8022GV1/20; Г3 — ВVP7600GV1/30, KVP8022GV1/30; Г4 — AVP4000;

Д1 — J-1800/30; Д2 — J-1800/30/V0; Д3 — J-1800/CF/30

* AX2271 (востодур, фирма «Кэмпле Верке», ФРГ).

4.10. ПФО

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Арилокс, СССР (А)	Норил, «Дженерал электрик», США (Б)	Полифениленоксид, «Термокомп ЛНП», США (В)	Полифениленоксид, «Термофил», США (Г)	Превекс, «Борг Боун», США (Д)
Общего назначения	А1	Б1			
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС 10		Б2			
НС 10, ОГН ₁		Б3			
НС 20		Б4	В1	Г1	
НС 20, ОГН ₁		Б5			
НС 30		Б6	В2	Г2	
НС 30, А (ТФЭ 15)		Б7	В3		
НС 30, ОГН ₁					
НС 40			В4	Г3	
НУ _в , ОГН ₁					
С измененными термическими свойствами					
ТС					Д1
ТС, ОГН ₁					Д2
ТС, ОГН ₂		Б8			
С измененными антифрикционными свойствами А (ТФЭ15)			В5		
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением					
ОГН ₁		Б9			
ОГН ₂		Б10			
С измененной плотностью					
ВС, ОГН					Д3
ВС, Г		Б11			
		Б12			

Обозначение марок по каталогам фирм:

А1 — арилокс-100, арилокс-100К, арилокс-2101, арилокс-2102, арилокс-2103, арилокс-2104, арилокс-2105;

Б1 — 110, 731; Б2 — GFN1; Б3 — GFN1-SE1; Б4 — GFN2; Б5 — GFN2-SE1;

Б6 — GFN3; Б7 — GFN3-SE1; Б8 — V0150; Б9 — SE90, SE100, SE-1; Б10 — N190, SE-0, VO-150; Б11 — FN215; Б12 — FN6110;

В1 — ZF-1004; В2 — ZF-1006; В3 — ZFL-4036; В4 — ZF-1008; В5 — ZL-4030;

Г1 — L-20F6-0100; Г2 — L-30F6-0100; Г3 — L-30NF-0580;

Д1 — PQA; Д2 — VQA; Д3 — BIA

4.11. ПСФ

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полисульфон, СССР (А)	Полисульфон, «Термокомп ЛНП», США (Б)	Полисульфон «Файберайт», США (В)	Удел, «Юнион карбайд», США (Г)	Салфил, «Вилсон-Файберфилл», США (Д)
Общего назначения	A1		B1	G1	
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС 10					D1
НС 10, А (ПТФЭ10)		B1			
НС 10, ОГН ₁			B2		
НС 20, А (ПТФЭ15)					D2
НС 20, ОГН ₁			B3		
НС 20, ОГН ₂		B2			
НС 30		B3			
НС 30, А (ПТФЭ15), ОГН ₂			B4		
НС 30, А (ТФЭ15), ОГН ₁		B4			
НС 30, ОГН ₂		B5	B5		
НС 40, ОГН ₂		B6	B6		
НС _у 10					D3
НС _у 20					D4
НУ _в 20					D5
НУ _в 30		B7			
НУ _в 30, ОГН ₂		B8			
С измененными антифрикционными свойствами					
А (ПТФЭ15)					D6
А (ПТФЭ20), ОГН ₂			B7		
А (ТФЭ15)		B9			
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением					
ОГН ₂				G2	
Пищевого назначения					
ПЩ				G3	
ПВ _х				G4	
Медицинского назначения МЦ					
С улучшенной атмосферостойкостью ТСТ			B8	G5	

Обозначения марок по каталогам фирм:

A1 — ПС-Н;
 B1 — GFL-4022; B2 — GF-1004; B3 — GF1006; B4 — GFL-4036; B5 — GF-1006FR;
 B6 — GF-1008; B7 — EC-1006; B8 — GC-1006; B9 — GL-4030;
 B1 — RTP-900; B2 — RTP-901; B3 — RTP-903; B4 — RTP-905-TFE15; B5 — RTP-905;
 B6 — RTP907; B7 — RTP-900TFE20; B8 — RTP-900;
 G1 — P-1700, P-1710, P-3500, P-2350; G2 — R-1720, B-322;
 G3 — P-1700, P-1710, P-3500; G4 — P-1700, P-1710, P-3500, P-3510; G5 — P-1700, P-3500;
 D1 — J-1500/10; D2 — J-1500/20/TF/15; D3 — G-1500/10; D4 — G-1500/20; D5 — J-1500/CF/20; D6 — SU-1500/TF/15.

4.12. ПЭС

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Виктрекс, «Ай-Си-Ай», Великобритания (А)	Полиэфирсульфон, RTP, США (Б)	Полиэфирсульфон, ЛИП, США (В)	Полиэфирсульфон, «Тержофф», США (Г)	Салфил, «Вилсон-Файберфилл», США (Д)
Общего назначения	A1				
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС 10		B1			
НС 20	A2	B2	B1	G1	
НС 30	A3	B3		G2	
НС 30, А (ТФЭ15)			B2		
НС 40		B4	B3	G3	
НУ _в 30					D1

Обозначение марок по каталогам фирм:

A1 — 200P, 300P; A2 — 420P; A3 — 430P;
 B1 — 1401; B2 — 1403; B3 — 1405; B4 — 1407;
 B1 — IF-1004; B2 — IFL-4036; B3 — IF-1006;
 G1 — K-20FG-0100; G2 — K-30FG-0100; G3 — K-30NF-0100;
 D1 — I-1100/CF/30.

4.13. ПАР

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна	
	Полиарилат, СССР	Полиарилат, «Юнитика», Япония
Общего назначения	ДВ-104, ДВ-102, ДВ-103, ДВ-105, ДВ-106, ФВ	См. *
С измененными механическими свойствами		
Наполненные анизотропным наполнителем НС		
Модифицированные полимерами и другими добавками ударопрочные УП	ДВ 342, ДВ 343	U-1060, U-4015
с повышенной стойкостью к растрескиванию СРР		
С измененными антифрикционными свойствами		
А (MoS ₂ 5)	Делан 524	См. *
А (НВ)		
С измененными электрическими свойствами	ДВ-ПП	
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением		
ОГН ₂		См. * U-100
С улучшенными оптическими свойствами ПР, ОГН ₂		
С повышенной химической стойкостью ХС	ДВ-342, ДВ-343	АХ-1500, АХН-1502, АХН-1500 U-8000
С повышенной газонепроницаемостью ГЗН		

* Марки поставляются.

4.14. ПЭНП, ПЭВП

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	ПЭНП, СССР (А)	ПЭНП, «Термофил», США (Б)	ПЭВП, СССР (В)	ПЭВП, ЛНП, США (Г)	ПЭВП КН*, СССР (Д)
Общего назначения	A1		B1		D1
С измененными механическими свойствами					
Наполненные					
анизотропным наполнителем					
НС _у 10		B1			
НС _у 20				Г1	
НС 30			B2		
НС _у 30		B2		Г2	
НС _у 40		B3		Г3	
НС _у 45		B4			
минеральным наполнителем					
НК 20			B3		
НК 30			B4		
НТ 15	A2		B5		
НТ 20	A3		B6		
НТ 30	A4				
НМЛ 15	A5		B7		
НМЛ 20	A6		B8		
НМЛ 30	A7		B9		
НСЛ 20	A8		B10		
НСЛ 30	A9				
НАЭ 10	A10		B11		
Модифицированные поли- мерами и другими добавками					
ударопрочные					
УП ₁ (I)			B12		
УП ₁ (II)			B13		
УП ₂ (I)			B14		
УП ₂ (II)			B15		
УП ₂ (III)			B16		
УП ₂ (IV)			B17		

Продолжение

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	ПЭНП, СССР (А)	ПЭНП, «Термофил», США (Б)	ПЭВП, СССР (В)	ПЭВП, ЛНП, США (Г)	ПЭВП КН*, СССР (Д)
УП _{мм} (II)					D2
УП _{мм} (III)					D3
УП _{мм} (IV)			B18		D4
УП _{мм} (V)			B19		
УП _{мм} (VI)			B20		
УП _{мм} (VII)			B21		
с повышенной жесткостью					
ЖС	A11				
ЖС, ЭП	A12				
ЖС, ОГН	A13				
ЖС	A14				
с повышенной стойкостью к растрескиванию			B22		
СРР					
С измененными антифрикционными свойствами А (ТФЭ 20)				Г4	
С измененными электрическими свойствами					
ЭП	A15				
ЭП	A16				
ЭП, МЦ			B23		
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением					
ОГН	A17		B23		
ОГН, УФ	A18		B24		
С измененной плотностью ВС	A19				
Пищевого назначения ПЩ	A20		B25		
Медицинского назначения					
МЦ _{о.ч}			B26		
МЦ _{о.ч} , МЦ _{у.м}	A21				
МЦ _{у.м}	A22				
С улучшенной атмосферостойкостью УФ	A23				
С улучшенными антистатическими свойствами					
АНТ	A24		B27		

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	ПЭНП, СССР (А)	ПЭНП, «Термофил», США (Б)	ПЭВП, СССР (В)	ПЭВП, ЛНП, США (Г)	ПЭВПКН*, СССР (Д)
АНТ, УФ	A25				
С повышенной адгезионной способностью АД	A26				
Фоторазрушаемый	A27				
Рентгеноконтрастный	A28				
Тканезквивалентный					
ТК	A29				
ТК, ЭП (железный порошок)	A30		B29		

Обозначение марок по каталогам фирм:

A1 — 10204-003; 10404-003; 10604-007; 12603-010; 10703-026; 10803-020; 10904-020; 11003-020; 11203-122; 11304-040; 11503-070; 11603-070; 11803-070; 12003-200; 12103-200; 12402-700; 12502-2000; 15003-003; 15105-002; 15303-003; 15404-003; 15705-003; 15503-004; 16305-005; 17603-006; 17504-006; 16005-008; 17703-010; 16603-011; 17803-015; 17903-017; 15803-020; 15903-020; 16204-020; 16405-020; 18803-030; 18103-035; 16904-040; 16705-040; 18203-055; 16803-070; 17204-070; 17305-070; 18303-120; 17403-020; 18404-200; 18705-200; A2 — 107-25; 108-25; 158-25; 107-32; 108-32; 158-32; A3 — 115-29A; 115-29B; 115-29Г; 115-29Д; 115-29Е; A4 — 107-27; 107-28; 107-29; 108-27; 108-28; 108-29; 115-27; 115-28; 115-29; 168-27; 168-28; 168-29; 158-27; 158-28; 158-29; A5 — 107-24; 108-24; 158-24; 107-34; 108-34; 158-34; 107-35; 108-35; 158-35; 169-56; 176-56; A6 — 107-26; 108-26; 169-26; 115-26; 168-26; 158-26; 107-36; 108-36; 115-36; 158-36; 168-36; 107-37; 108-37; 168-37; 158-37; 115-37; A7 — 107-30; 108-30; 115-30; 168-30; 158-30; 107-40; 108-40; 115-40; 168-40; 158-40; 107-41; 108-41; 115-41; 168-41; 158-41; A8 — 107-50; 108-50; 115-50; 168-50; 107-51; 108-51; 115-51; 168-51; 158-51; 107-52; 108-52; 115-52; 168-52; A9 — 115-53; 168-153; 115-54; 168-54; 115-55; 168-55; 168-53; 158-54; 158-55; 158-56; 107-33; 158-33; A10 — 107-38; 108-38; 158-38; 107-39; 108-39; 158-39; A11 — 107-111; 107-112; A12 — 107-84; 107-56; A13 — 107-85; 107-86; 107-73; A14 — 107-146; 107-146A; A15 — 107-31; A16 — ПЭС-5, ПЭС-9, ПЭС-12; A17 — 107-61K; 107-62K; 107-63K; 107-43; 175-101; 175-1010; 175-102; 175-102a; 175-103; 175-103a; 175-104; 175-104a; 175-105; 175-105a; 175-106; 175-106a; 168-101; 168-101a; 168-102; 168-102a; 108-103a; 168-104a; 168-105; 168-105a; 168-106; 168-106a; A18 — 102-117; 153-117; 102-126; 153-126; A19 — марка поставляется; A20 — 10204-003; 10604-007; 10703-020; 10803-020; 10904-020; 11003-020; 11304-040; 11503-070; 17504-006; 17703-017; 15803-020; 16204-020; 18103-035; 16904-040; 16705-040; 16803-070; 18303-120; A21 — 17603-006; 17703-010; 15803-020; 18103-035; 16803-070; 18303-120; A22 — 10703-020; 10803-020; 10904-020; 11503-070; 11603-070; A23 — 108-156; 108-157; 102-157A; 153-157A; 154-157A; A24 — 107-81; 108-81; 158-81; A25 — 107-82; 108-82; 158-82; A26 — 153A; 153B; 168A; 168B; A27 — ФРК; A28 — ПРК-1; A29 — ПЭД-МБТ; ПЭД-КБТ; A30 — ПЭС-МБТ; ПЭС-КБТ; B1 — F-10FG-0700; B2 — E2-30FG-0100; B3 — F-40FG-0100; B4 — F2-45FG-0100; B1 — 20108-001; 20208-002; 20308-005; 20408-007; 20508-007; 20608-012; 20708-016; 20808-024; 20908-040; 21008-075; 270-76; 271-70; 272-74; 272-75; 273-71; 273-75; 273-79; 273-80; 274-73; 275-73; 275-75; 276-73; 276-75; 277-73; 277-75; 278-72; 278-75; 279-73; 279-75; 40107-100; 40208-003; 40308-005; 40408-007; 40508-012; 40608-023; 40707-023; 40808-040; 40907-040; 41007-075; B2 — 208-151; 209-151; 208-152; 209-152; B3 — 209-59; 210-59; B4 — 209-60; 210-60; B5 — 208-31; 209-31; 208-32; 209-32; 210-32; 208-33; 209-33; 210-33; B6 — 208-34; 209-34; 210-34; 208-35; 209-35; 210-35; 208-36; 209-36; 210-36; B7 — 208-25; 209-25; 210-25; 208-26; 209-26; 210-26; B8 — 208-27; 209-27; 210-27; 208-28; 209-28; 210-28; B9 — 210-29; 210-30; B10 — 209-37; 210-37; 208-38; 209-38; 210-38; 208-39; 209-39; 210-39; B11 — 210-40; 210-41; 210-42; 210-43; B12 — 22507-005; B13 — 22607-010; B14 — 22208-090; 22308-120; 22408-190; B15 — 22008-040; 22108-060; B16 — 21802-012; 21908-024; B17 — 21708-007; B18 — 20508-007; 20608-012; 274-73; B19 — 20308-005; 271-70; 272-74; 272-75; 273-71; 273-75; 273-79; 273-80; B20 — 20208-002; 270-76; B21 — 20108-003; B22 — 236-03; 236-20; 237-03; 237-07; 237-17; 237-20; 238-05; 238-17; 238-20; B23 — ПЭС-2, ПЭС-5, ПЭС-6, ПЭС-7; B24 — 210-63; 210-46; 207-47; B25 — 207-64; B26 — 20308-005; 20508-007; 20908-040; 21008-075; 11306-075; B27 — 20508-007; 20608-012; 20808-024; 20908-040; 21008-75; B28 — ПЭНД антистатический; B29 — ПЭС-МБТ; ПЭС-КБТ; Г1 — FF-1004; Г2 — ГГ-1006; Г3 — FF-1008; Г4 — FL-4040; Д1 — 40107-100; 40208-003; 40308-005; 40408-007; 40508-012; 40608-023; 40707-023; 40808-040; 40907-040; 41007-075; Д2 — 40508-012; 40608-023; 40707-023; Д3 — 40408-007; Д4 — 40208-003; 40308-005; Д5 — 40107-100

* ПЭВП получен методом полимеризации с катализатором на носителе.

4.15. СЭБ, СЭВ, СЭП, БСПЭ

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна			
	Сополимер этилена с α-бутиленом, СССР (А)	Сополимер этилена с винилацетатом, СССР (Б)	Сополимер этилена с пропиленом, СССР (В)	Блоксополимер пропилена с этиленом, СССР (Г)
Общего назначения	A1	B1	B1	Г1
С измененными механическими свойствами			B2	
Модифицированные полимерами и другими добавками — ударопрочные УП				

Обозначение марок по каталогам фирм:

A1 — 24605-006; 24705-014; 24804-006; 24904-008; B1 — 11104-030; 11304-075; B1 — 21107-003; 21406-003; 23106-003; 23405-003; 21207-008; 22906-008; 23905-008; 21307-025; 23006-025; 23306-025; 23005-025; 24204-025; 23206-006; 23505-006; 24104-006; B2 — 24302-303; 24402-008; 24501-007; Г1 — 22007; 2215; 22030

4.16. ПП

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полипропилен, СССР (А)	Норден «Петра», США (Б)	Пропеген, «Ай-Си-Ай», Великобритания (В)	Полипропилен, «Ферро», США (Г)	Полипропилен, РТИ, США (Д)
Общего назначения	A1	B1	B1		Д1
С измененными механическими свойствами					
Наполненные					
анизотропным наполнителем					
НС 30	A2				
НС _y 10				Г1	Д2
НС _y 10, ТС					Д3
НС _y 10, ОГН ₂					Д4
НС _y 20			B2	Г2	Д5
НС _y 20, ТС					Д6
НС _y 20, ЭП (железный порошок) *					

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полипропилен, СССР (А)	Норден, «Петра», США (Б)	Пропелен, «Ай-Си-Ай», Вели-кобритания (В)	Полипропилен, «Ферро», США (Г)	Полипропилен, РТП, США (Д)
НС _у 20, ОГН ₂					Д7
НС 20, ВС					Д8
НС _у 25			В3		
НС _у 30				Г3	Д9
НС _у 30, ТС					Д10
НС _у 30, А (ТФЭ15) **					
НС _у 30, ОГН ₂				Г4	Д11
НС _у 40					Д12
НС _у 40, ТС					Д13
НС _у , ЭП (железный порошок)					Д14
минеральным наполнителем					
НТ 10, ТС	А3		В4		Д15
НТ 20					Д16
НТ 20, ТС					
НТ 20, ОГН 1/2*					
НТ 30, ТС					Д17
НТ 40	А4		В5		Д18
НМЛ 10					Д19
НМЛ 20					Д20
НМЛ 30					Д21
НМЛ 40					Д22
НСЛ 20				Г5	
НСЛ 25, ТС					Д23
НСЛ 30 4*					
НСЛ 30 5*					
НСЛ 40				Г6	
НСЛ 40 6*					
НСЛ 40, ТС					Д24
НА 40			В6		
НА	А5				
НМН 10				Г7	
НМН 20				Г8	
НМН 20, ОГН 1/2*					
НМН 30				Г9	
НМН 40				Г10	
НМН 45				Г11	
НМН 50				Г12	
НМН, ЭП					Д25
шариками					
НС _ш 10					Д26
НС _ш 20					Д27

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полипропилен, СССР (А)	Норден, «Петра», США (Б)	Пропелен, «Ай-Си-Ай», Вели-кобритания (В)	Полипропилен, «Ферро», США (Г)	Полипропилен, РТП, США (Д)
НС _ш 30					Д28
НС _ш 40					Д29
НС _ш , ЭП (железный порошок)					Д30
комбинированные					
НС _у , НТ					Д31
НС _у , НМН					Д32
НС _у , НМН, ЭП (железный порошок) 8*					
НС _у , НК					Д33
Модифицированные полиме-рами и другими добавками					
ударопрочные					
УП ₁				В7	
УП 9*					
с повышенной эластичностью Э 10*					
с повышенной жесткостью ЖС	А6				
Комбинированные					
НС _у 30, УП 11*					Д34
НТ 20, УП					
С измененными термическими свойствами					
ТС	А7		В8		
ТС, МР					
ТС, ПЩ	А8	Б2			
МР ₁	А9				
МР ₂					
С измененными антифрикционными свойст-вами А (ТФЭ 20) 12*					
С измененными электрическими свойствами					
ДЭ				В9	
ЭП					Д35
ЭП (железный порошок), НС _у					Д36
ЭП (железный порошок), НК					Д37
ЭП (железный порошок), НМН					Д38
С улучшенной огнестойкостью и понижен-ным дымовыделением			В10		Д39

4.18. ПС

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полистирол, СССР (А)	Полистирол, РТИ, США, (В)	Полистирол, ЛНП, США (В)	Стирафил, «Вил-сон-Файбер-фил», США (Г)	Люстрекс, «Монсанго», США (Д)
Общего назначения	A1				D1
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС _у 10		B1			
НС _у 20		B2	B1	G1	
НС _у 30		B3	B2		
НС _у 40		B4	B3		
НС _к 20				G2	
НУ _в 20				G3	
НУ _в 30				G4	
С измененными термическими свойствами					D2
ТС					
С измененными антифрикционными свойствами А (ТФЭ15)			B4		
С измененными электрическими свойствами	A2				
ДЭ					
С улучшенными оптическими свойствами					
ОПТ	A3				
ОВО	A4				
С измененной плотностью					
ВС	A5				
ВС, ОГН	A6				
Пищевого назначения ПЩ	A7				
Медицинского назначения					
МЦ _{о.ч}	A8				
МЦ _{м.я}	A9				
МЦ _{м.и} , МЦ _{о.о}	A10				
С улучшенными антистатическими свойствами					
АНТ	A11				

Обозначение марок по каталогам фирм:

A1—ПСС, ПССП, ПСЭ-1, ПСЭ-2, ПСМ-118, ПСМ-115, ПСМ-111, ПСМ-151, ПСМ-0, ПСМ-С, ПСМ, ПСМД, ПСМД-Э, ПС-Н; A2—ПСМ-151, ПСМД, ПСМД-Э, ПС-Н, ПСМ, ПСМ-118, ПСМ-115, ПСМ-111, ПСМ-0, ПСМ-С; A3—ПСМ-111, ПСМ-С, С-ПСС-1, С-ПСС-2, С-ПСС-3; A4—ПСМ-0; A5—ПСВ, ПСВ-Б, ПСВ-77Р, ПСВ-77С, ПСВ-76С, ПСВ-75С, ПСВ-74Р, ПСВ-74С, ПСВ-С-76Х, ПСВ-65С, ПСВ-55С, ПСВ-Л-1, ПСВ-Л-1С; A6—ПСВ-С, ПСВ-С-ПМ, ПСВ-С-77Х; A7—ПСМД, ПСМ, ПСС, ПСЭ-1, ПСЭ-2; A8—ПСМ; A9—ПСМД, A10—ПСС, A11—ПСМД-А;
 B1—401; B2—403; B3—405; B4—407;
 B1—GF-1004; B2—GF-1006; B3—GF-1008; B4—CL-4030;
 G1—G-30/20; G2—I-30/20; G3—I-30/CF/20; G4—I-30/CF/30;
 D1—HF555, HF777; D2—НН101, НН103.

4.19. УПС, МС, МСН, САМ

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Ударопрочный полистирол, СССР (А)	Полистирол, БАСФ, ФРГ (В) — УПС	Сополимер стирола с метилметакрилатом, СССР (В)	Сополимер стирола с метилметакрилатом и акрилонитрилом, СССР (Г)	Сополимер стирола с α-метилстиролом, СССР (Д)
Общего назначения	A1	B1	B1	G1	D1
С измененными механическими свойствами					
Модифицированные полимерами и другими добавками — ударопрочные					
УП ₁	A2	B2	B2		
УП ₁ , МЦб.с			B3		
УП ₂	A3	B3			
УП ₃	A4	B4			
УП ₄	A5				
УП ₅					
С измененными электрическими свойствами				G2	D2
ДЭ					
С улучшенными оптическими свойствами					
ПР, УП ₁			B4		
ПР, УП ₁ , МЦб.с			B5		
ОПТ	A6		B6	G3	
ОЛЗ					
Медицинского назначения					
МЦб.с, УП ₁ , ПР			B7		

Обозначения марок по каталогам фирм:

A1—УПМ-225, УПМ-03Л, УПС-0803ТГ, УПМ-0612Л, УПМ-0508, УПМ-0503, УПМ-0703Э, УПМ-0703Л, УПС-505, УПС-0604С, УПС-0704Л, УПС-0801, УПМ-0803Л, УПМ-0803Э, УПМ-325, УПМ-424, УПС-1002, УПМ-523; A2—УПМ-03Л, УПМ-225; A3—УПМ-0803Э, УПМ-0803Л, УПС-0801, УПС-0704Л, УПС-0505, УПС-0604С, УПМ-0703Л, УПМ-0703Э, УПМ-0503Л, УПМ-0508, УПМ-0612Л, УПС-0803ТГ; A4—УПС-1002, УПМ-424, УПМ-325; A5—УПМ-523; A6—УПМ-0604С;
 B1—427Д, 432В, 454С, 454Н, 456М, 466Л, 472С, 473Д, 475К, 476Л, SB2710, KR2711, KR2751, KR2791; B2—KR2751, 427Р; B3—432В, 454С, 454Н, 456М, 456Л, 472С, 475К, 476Л, SB2710, KR2711, KR2791;
 B4—473Р;
 B1—МС, МС-0, МСП-1, МСП-2, МСП-М; B2—МСП-1, МСП-2; B3—МСП-М; B4—МСП-1, МСП-2; B5—МСП-М; B6—МС-0; B7—МСП-М;
 Г1—МСН, МСН-Л; Г2, Г3—МСН;
 Д1, Д2—САМ-Э.

* 840, 707 (сополимер стирола с бутадиеном, фирма «Америкэн Хекст», США).

4.22. ПВХ В, ПВХ П

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Виниласт, СССР (А)	Непластифицированный ПВХ, «Термофил», США, (Б)	Джсон, «Б. Ф. Гудрич», США (В) — ПВХ В	Непластифицированный ПВХ, «Оксидентал», США (Г)	ПВХ П, СССР (Д)
Общего назначения	A1		B1	G1	D1
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем					
НС _У 10 НС _У 15 НС _У 20		B1 B2 B3			
Модифицированные полимера-ми и другими добавками					
ударопрочные					
УП ₁ , ПР УП ₂ УП ₃ , ПР УП	A2 A3 A4		B2	G2	
с повышенной эластичностью					
Э Э, МР ₁ Э, МР ₂ Э, МР ₃					D2 D3 D4 D5
с повышенной жесткостью ЖС, МЦ					D6
С измененными термическими свойствами					
ТС, ДЭ ₂					D7
С измененными электрическими свойствами					
ДЭ ₁ , МР ДЭ ₂ , МР ДЭ ₃ , МР					D8 D9 D10
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением					

Продолжение

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Виниласт, СССР (А)	Непластифицированный ПВХ, «Термофил», США, (Б)	Джсон, «Б. Ф. Гудрич», США (В) — ПВХ В	Непластифицированный ПВХ, «Оксидентал», США (Г)	ПВХ П, СССР (Д)
ОГН ₂					
ОГН ₂ , УП					B3
ОГН ₂ , УП, ПЩ					B4
ОГН ₂ , ПР					B5
ОГН ₂ , УФ					B6
ОГН, ТС					G4
С улучшенными оптическими свойствами	A5				
ПР					B7
ПР, УП ₁	A6				
ПР, УП ₂	A7				
ПР, Э, ПЩ					
ПР, ОГН ₂					B8
ПР, МЦ					
ПР, МЦ _{б.с}					D11
ПР, МЦ _{о.о}					D12
С измененной плотностью					D13
ВС	A8				D14
ВС, Э	A9				D15
ВС, ЖС	A10				
Пищевого назначения					
ПЩ					
ПЩ, Э, ПР					G5
Медицинского назначения					D16
МЦ *					D17
МЦ, ЖС					
МЦ, ПР					D18
МЦ _{б.с} , ПР					D19
МЦ _{о.о}					D20
МЦ _{о.о} , ПР					D21
С улучшенной атмосферостойкостью УФВ					D22
					B9

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Винилласт. СССР (А)	Непластифицированный ПВХ, «Термофил», США (Б)	Джеон, «Б. Ф. Гудрич», США (В) — ПВХ В	Непластифицированный ПВХ, «Оксидентал», США (Г)	ПВХ Л. СССР (Д)
С повышенной химической стойкостью				Г6	Д23 Д24 Д25 Д26 Д27 Д28
ХС Г Г, МС АФ БЗ СД					
Обозначение марок по каталогам фирм: А1—ПВХ для соединительных деталей к трубопроводам, ЛВЖ; А2—ластовин, А3—УВ-10; А4—вистан-2у; А5—ПВХ для мебельного профиля; А6—ластовин; А7—вистан-2у; А8—ПВХ-1, ПВХ-2, ПВ-1; А9—ПВХ-Э, пеноласт; А10—винилпор; Б1—V-10FF-0100, V-10FG-0100; Б2—V-15FG-0100; Б3—V-20FG-0100; В1—85707, 85781, 8714, 8761; В2—8700А, 87256; В3—87237, 87239, 85856, 87321; В4—87238, 87241; В5—87242; В6—87300; В7—87255; В8—87242; В9—85857; Г1—VP1-207, 179А, 192, VS-309С, VEO-500, 1706; Г2—5902, 5903, 161У; Г3—1500, 1504, 1400; Г4—1503; Г5—21176, 2160, VEO-105, VEO-601А, VEO-600А; Г6—2785А; Д1—ТП, В-60М, К-10, К-31, К-33, В-70М, В-80М, В-90М, В-90М-1, ПАТ-1, «Нева-1», «Нева-2»; Д2—С-70, М-64, Ш-62-0, М7, БАС-1, БМ-1, ВШЛ-2; Д3—0-40, ОМЗ-40; Д4—0-50, 0-55; Д5—ОМБ-60; Д6—Л-17, Л-19; Д7—ИТ-05; Д8—И60-12, И045-12; Д9—И60-13, И40-13А, И50-13, И60-13, ИРМ-40; Д10—И40-14, И50-14; Д11—Ш-62-0; Д12—ПМЭ-23, ПМЭ-33, ПМЭ-40, ПМЭ-43, ПМЭ-50, ПМЭ-53, ПМЭ-60, ПМЭ-70, ПМЭ-80, ПМЭ-90; Д13—Т-35, ПМ-1/42, Л-172, Л-172-1; Д14—ПВХ для оправ очков; Д15—ПЛП-2; Д16—ТП; Д17—Ш-62-0; Д18—Л-17, Л-19; Д19—см. Д12; Д20—см. Д13; Д21, Д22—ПВХ для оправ очков; Д23—ПХ-2; Д24—ПВ-1; Д25—ПВХ для гибких шлангов; Д26—ПА-1; Д27—ПБ-1, ПБ-2; Д28—ПВХ для упаковки солидола. * 2212-100, 2212-110, 2212-114, 2212/7-118 (непластифицированный ПВХ, фирма «Альфа», США).					
4.23. ФТ (СССР)					
Тип марки	Марки				
Общего назначения	Ф-30				
С измененными механическими свойствами					
Модифицированные полимерами и другими добавками с повышенной эластичностью Э	Ф-26, Ф-10, Ф-100, Ф-4СФ, Ф-4ДШ, Ф-23				
с повышенной твердостью ТФ	Ф-3, Ф-2, Ф-2М				
С измененными термическими свойствами					
ТС ₁	Ф-40, Ф-40Б, Ф-40БМ, Ф-40ВЭ, Ф-40ЭМ, Ф-40ВЭМ, Ф-40Э, Ф-4МБ, Ф-4БА, Ф-4МБ-2, Ф-4Г21М7, АФГМ				

Тип марки	Марки
ТС ₂	Ф-4, Ф-4Д, Ф-4ДПТ, Ф-4ДМ, Ф-4К20, Ф-4С15, Ф-26, Ф-50, Ф-408, Ф-4С8, Ф-4К15М5, Ф-4С15М1.5, Ф-4СЖ7, Ф-4Г10, Ф-4Г15, Ф-4Г10А, Ф-4Г15А, 7В-2А, Ф-4МБ5, Ф-4КС2
МР ₁	Ф-4БА, Ф-4К-20, Ф-4С15, Ф-4К15М5, Ф-4С15М5, Ф-4Г10, Ф-4Г15, Ф-4Г10А, Ф-4Г15А, Ф-4НБ5, Ф-КС2, Ф-4БА, Ф-4НА
МР ₂	Ф-4Н, Ф-4, Ф-4Д, Ф-4ДПТ
С измененными антифрикционными свойствами	
А ₁	Ф-4К15М5, Ф-4Г21М7, АФГМ
А ₂	Ф-3
А ₃	Ф-4К20, Ф-4С15, Ф-4НБ5, Ф-40С15М1.5
А ₄	Ф-410, Ф-2
А ₅	Ф-4С15М5, 7В-2А, АФГ-80ВС, Ф-3М
А ₆	Ф-40, Ф-40Б, Ф-40ВЭ
А ₇	Ф-4, Ф-4ДПТ, Ф-42, Ф-2М-Ж, Ф-4Д, Ф-4МБ, Ф-32Л
С измененными электрическими свойствами	
ДЭ	Ф-40, Ф-2Э, Ф-2БА, Ф-2МЭ, Ф-4МБ-2-1, Ф-4МБ-2-III, Ф-3Б, Ф-4МБ-2-3, Ф-4-II, Ф-2Б-2, Ф-2МЭ-1, Ф-4СЖ7
ЭП (сажа 7)	
ЭП (бронза 60) *	
С улучшенными оптическими свойствами	
ОПГ ₁	Ф-3М
ОПГ ₂	Ф-400
С измененной плотностью ВС	Ф-4МБ порообразующий, Ф-4МБ-2 порообразующий
Пищевого назначения	
ПЩ	Ф-4, ПТ-А-1, ПТ-А-2, ПТ-А-4, ПТ-БТ-1, ПТ-БТ-2, ПТ-БГ-3, ПТ-БГ-4
ПВ _Г , ПВ _Х	ПТ-А-1, ПТ-А-2, ПТ-БГ-2, ПТ-БГ-4, Ф-4Д-Л
Медицинского назначения	
МЦ _{0.ч}	Ф-4
МЦ _{6.с}	Ф-30, Ф-4, Ф-4МБ
С улучшенной атмосферостойкостью	
УФ	Ф-1
С повышенной химической стойкостью	
Г	Ф-4НБ5, Ф-4КС2, Ф-32Л
СГ	Ф-4С15, Ф-4К15М5, Ф-4К20, Ф-4С15М5, АФГМ
С повышенной радиационной стойкостью	
РС	Ф-30
РС, ДЭ	Ф-40

* Марка поставляется.

4.24. АБЦЭ, АЦЭ, НЦЭ

Тип марки	Торговое название материала, страна		
	Ацетобутиратцеллюлозный этрол, СССР (А)	Ацетилцеллюлозный этрол, СССР (Б)	Нитроцеллюлозный этрол, СССР (В)
Общего назначения	A1	B1	B1
С измененными термическими свойствами			
ТС, Г		B2	
МР	A2	B3	
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением			
ОГН	A3		
Медицинского назначения МЦ_{0,0}		B4	

Обозначение марок по каталогам:

A1—АВЦЭ-15ДСМ, АВЦЭ-С, АВЦЭ-Т; А2—АВЦЭ-15ДСМ, АВЦЭ-2М, АВЦЭ-М;
 А3—АВЦЭ-15-5;
 Б1—АЦЭ-43А, АЦЭ-55А, АЦЭ-40А, АЦЭ-52А, АЦЭ-64А, АЦЭ-40Э, АЦЭ-50Э, АЦЭ-61Э; Б2—ВИЛАМ-1, ВИЛАМ-2; Б3—АЦЭ-55АМ; Б4—АЦЭ-50ЭО;
 В1—КС, КС-К.

4.25. ПУР

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиуретан термостойкий, СССР (А)	Эстан, «Б. Ф. Гудрич», США (Б)	Полиуретан термостойкий, РТИ, США (В)	Полиуретан термостойкий, ЛНИ, США (Г)	Урафил, «Вилсон-Файбер-фил», США (Д)
Общего назначения	A1	B1			
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем			B1		
НС _у 5			B2		
НС _у 10			B3		
НС _у 15			B4	Г1	Д1
НС _у 20			B5	Г2	
НС _у 30			B6	Г3	
НС _у 30, А (ТФЭ 15)				Г4	
НС _у 40					Д2
НУ _в 30		B2			
Модифицированные полимеры и другими добавками — с повышенной жесткостью ЖС					

Продолжение

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиуретан термостойкий, СССР (А)	Эстан, «Б. Ф. Гудрич», США (Б)	Полиуретан термостойкий, РТИ, США (В)	Полиуретан термостойкий, ЛНИ, США (Г)	Урафил, «Вилсон-Файбер-фил», США (Д)
С измененными термическими свойствами	A2				
МР ₁	A3				
МР ₂				Г5	
С измененными антифрикционными свойствами А (ТФЭ)					
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымовыделением		B3			
ОГН					
С улучшенными оптическими свойствами		B4			
ПР, ПЩ		B5			
Пищевого назначения ПЩ					

Обозначение марок по каталогам фирм:

A1—ТПУ-2М, ТПУ-2Т; А2—ТПУ-4М, ТПУ-4С, ТПУ-4Т; А3—ТПУ-3АС, ТПУ-3БМ, ТПУ-3БС, ТПУ-3БТ;
 Б1—58109, 58130, 58133, 58134, 58137, 58309, 58311, 58881, 58810, 58863, 58865, 58300, 58409, 85122, 58418, 58206, 58887, 58885, 58610, 58092, 58630; Б2—58202, 58866, 58890, 58370, 58360; Б3—58271; Б4—58271, 58277;
 В1—1200.5-90А, В2—1201-80Д, 1201-90А; В3—1202-90А; В4—1203-80Д, 1203-90А; В5—1205-80Д; В6—1207-80Д;
 Г1—TF-1004; Г2—TF-1006; Г3—TFL-4036; Г4—TF-1008; Г5—TL-4030;
 Д1—I-100/20; Д2—I-100/CF/30

4.26. ПММА, СММА

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна			
	Полиметилметакрилат, СССР (А)	Плексиглас, «Рок энд Хас», США (Б) — ПММА	Дакрил, СССР (В) — СМА	Сополимер метилметакрилата, «Ричардсон», США (Г)
Общего назначения	A1	B1	B1	Г1
С измененными механическими свойствами				
Модифицированные полимерами и другими добавками ударопрочные		B2		
УП ₁		B3		
УП ₂				Г2
УП			B2	
с повышенной стойкостью к растрескиванию СРР				
С измененными термическими свойствами		B4		
ТС ₁				

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна			
	Полиметилметакрилат, СССР (А)	Плексиглаз, «Ром энд Хас», США (В) ПММА	Дакирил, СССР (В) — СМА	Сополимер метилметакрилата, «Ричардсон», США (Г)
ТС ₂ МР		Б5 Б6		
С улучшенной огнестойкостью и пониженным дымо-выделением				
ОГН		Б7		
Пищевого назначения ПЩ			В3	
Медицинского назначения МЦ			В4	
Обозначение марок по каталогам фирм: А1—ЛПТ, ЛСОМ; Б1—VS, К; Б2—M1-7; Б3—PR; Б4—VM, V (066), V (920); Б5—V (811); Б6—V (500); Б7—марка поставляется; В1—дакрил-2М, дакрил-4БО, дакрил-2МО, дакрил-6, дакрил-7; В2—дакрил-4; В3—дакрил-4Б; дакрил-4БО, дакрил-2МО; В4—дакрил-4Б; Г1—P205UV, Noan, R570, NAS, GL200; Г2 — марка поставляется.				

4.28. ПИ, ПЭИ

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиимид, СССР (А)	Веспел, «Дюлон», США (В) — ПИ	Алтем, «Дженерал электрик», США (В) — ПЭИ	Полиэфиримид, ЛНП, США (Г)	Полиэфиримид «Вилсон-Файбер-фил», США (Д)
Общего назначения	А1	Б1	В1		
С измененными механическими свойствами			В2 В3 В4		
Наполненные анизотропным наполнителем		Б2		Г1 Г2	Д1
НС 10 НС 20 НС 30 НС 30, А (ПТФЭ15) НУ _в 30					
С измененными термическими свойствами	А2				
С измененными антифрикционными свойствами					
А (графит 15)	А3	Б3			
А (графит 15, ПТФЭ 10)		Б4			
А (графит 15), ТС	А4				
А (графит 25)	А5				

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиимид, СССР (А)	Веспел, «Дюлон», США (В) — ГИ	Алтем, «Дженерал электрик», США (В) — ПЭИ	Полиэфиримид, ЛНП, США (Г)	Полиэфиримид «Вилсон-Файбер-фил», США (Д)
А* (графит 25), ТС	А6				
А графит 40		Б5			
А (графит 50, нитрид бора)	А7				
А (графит 50, нитрид бора), ТС	А8				
А (МоS ₂ 15)		Б6			
Обозначение марок по каталогам фирм: А1—ПМ-67, ПМ-69; А2—ПМ-69; А3—ПАМ-15-67; А4—ПАМ-15-69; А5—ПАМ-25-67; А6—ПАМ-25-69; А7—ПАМ-50-67; А8—ПАМ-50-69; Б1—SP-1; Б2 — марка поставляется; Б3—SP-21; Б4—SP-211; Б5—SP-22; Б6—SP-3; В1—1000; В2—2100; В3—2200; В4—2300; Г1—EF1006; Г2—EF4036; Д1—I-1106/CF/30.					

4.29. ПАИ, ФН, ПАЛИ, ПОД, ПБО

Тип марки	Торговое название материала, фирма, страна				
	Полиамидимид, Торлон, Амоко, США (А)	Фенилон, СССР (В)	Полиакриламид, СССР (В)	Полиоксидианол, СССР (Г)	Полибензоксазол, СССР (Д)
Общего назначения	А1	Б1	В1	Г1	Д1
С измененными механическими свойствами					
Наполненные анизотропным наполнителем	А2 А3		В2		
НС 30 НУ _в 30 комбинированные НС, НТ				Г2	
С измененными термическими свойствами					
С измененными антифрикционными свойствами					
А		Б2	—	Г3	
А (графит)		Б3			
А (ПТФЭ 15)	А4	Б4			
А (кокс)		Б5			
А (УВ)					
С измененными электрическими свойствами		Б6			
ДЭ		Б7			
ЭП (железный порошок)					
Обозначение марок по каталогам фирм: А1—4203L; А2—5030; А3—7130; А4—4301, 4275, 4347; Б1—С2, С22; Б2—С2 антифрикционный; Б3—ФГ-2; Б4—графелон К; Б5—графелон 20; Б6 — лаки ЛФС; Б7—армопласт; В1—АН-1Г; В2—АИ-ЭК-1; Г1—А, В, В; Г2—А, Б; Г3—А «а»; Д1 — ниплон-2/3.					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Калинчев Э. Л., Саковцева М. Б.* Свойства и переработка термопластов: Справочное пособие. Л.: Химия, 1983. 288 с.
2. *Каменев Е. И., Мясников Г. Д., Платонов М. П.* Применение пластических масс: Справочник. Л.: Химия, 1985. 448 с.
3. *Кацнельсон М. Ю., Балаев Г. А.* Пластические массы: Свойства и применение: Справочник. Л.: Химия, 1978. 384 с.
4. *Кацнельсон М. Ю., Балаев Г. А.* Полимерные материалы: Справочник. Л.: Химия, 1982. 317 с.
5. *Материалы будущего* /Под ред. А. Неймана. Л.: Химия, 1985. 240 с.
6. *Переработка пластмасс: Справочное пособие* /Под ред. В. А. Брагинского. Л.: Химия, 1985. 294 с.
7. *Сварка, пайка, склейка и резка металлов и пластмасс: Справочник* /Под ред. А. Неймана. М.: Металлургия, 1985. 479 с.
8. *Уайэтт О., Дью-Хьюз Д.* Металлы, керамика, полимеры. М.: Атомиздат, 1979. 578 с.
9. *Филатов В. И.* Пластмассы в приборах и механизмах. Л.: Машиностроение, 1983. 269 с.
10. *Применение полиолефинов, полистиролов, фторопластов и поливинилацетатных пластиков: Каталог.* Черкассы, 1981. 196 с.
11. *Поликарбонаты: Каталог.* Черкассы, 1986. 23 с.
12. *Полиамиды: Каталог.* Черкассы, 1983. 35 с.
13. *Полиацетали: Каталог.* М., 1977. 24 с.
14. *Фторопласты: Каталог.* Черкассы, 1983. 211 с.
15. *Полимерные материалы на основе поливинилхлорида: Каталог.* Черкассы, 1983. 33 с.
16. *Полиимиды: Каталог.* Черкассы, 1978. 12 с.
17. *Эфиры целлюлозы: Каталог.* Черкассы, 1983. 15 с.
18. *Аминопласты: Каталог.* Черкассы, 1985. 19 с.
19. *Modern Plastics Encyclopedia.* 9 v. N. Y., 1978—1986.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Условные обозначения	5
Введение. Развитие системы применения пластмасс	10
Глава 1. ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ПРИМЕНЕНИЮ ПЛАСТМАСС	15
1.1. Системный подход к проблеме применения пластмасс	15
1.2. Методические основы выбора пластмасс	24
Глава 2. СВОЙСТВА ПЛАСТМАСС	26
2.1. Основные свойства и физические состояния полимера	26
2.2. Эксплуатационные свойства пластмасс	38
2.3. Технологические свойства пластмасс	38
Глава 3. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛАСТМАСС. ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА	40
3.1. Классификация пластмасс по эксплуатационному назначению	40
3.2. Общая характеристика пластмасс и рекомендации по их применению и переработке	45
3.3. Структура производства и переработки пластмасс. Тенденции развития их производства	67
Глава 4. МАРОЧНЫЙ АССОРТИМЕНТ ПЛАСТМАСС	81
4.1. Базовые марки	82
4.1.1. Назначение и эффективность применения	82
4.1.2. Выбор базовых марок для литья под давлением	87
4.2. Марки пластмасс с улучшенными технологическими свойствами	96
4.2.1. Назначение	96
4.2.2. Эффективность применения	104
4.3. Марки пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами	104
4.3.1. Назначение, классификация	105
4.3.2. Принципы разработки марок пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами	114
4.3.3. Свойства	118
4.4. Организация промышленного получения марочного ассортимента пластмасс	158
Глава 5. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПЛАСТМАСС	160
5.1. Влияние параметров эксплуатации на работоспособность при кратковременной нагрузке	160
5.1.1. Влияние температуры, универсальные температурные зависимости механических свойств	160
5.1.2. Влияние влажности	177
5.2. Влияние параметров эксплуатации на работоспособность при длительной статической нагрузке	178
5.2.1. Основные параметры и исходные зависимости ползучести	178
5.2.2. Зависимость ползучести от напряжения	181
5.2.3. Зависимость ползучести от времени	194

5.2.4. Зависимость ползучести от температуры	200
5.2.5. Влияние влажности и степени кристалличности на ползучесть	207
5.2.6. Обобщенные зависимости модуля ползучести и определение параметров ползучести	208
5.2.7. Связь между параметрами при длительной статической и кратковременной нагрузке, универсальные характеристики параметров ползучести	213
5.2.8. Справочные данные по параметрам ползучести пластмасс	245
5.3. Влияние параметров эксплуатации на работоспособность при циклической нагрузке (усталостную прочность)	245
5.3.1. Параметры усталости, усталостная кривая	245
5.3.2. Влияние напряжения и числа циклов	248
5.3.3. Влияние температуры, частоты нагружения, влажности и толщины детали	251
5.4. Связь между параметрами, характеризующими эксплуатационные свойства пластмасс	252
Глава 6. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СВОЙСТВАМ ПЛАСТМАСС И ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ПЛАСТМАСС ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ	258
6.1. Параметры эксплуатационных свойств пластмасс	258
6.2. Процедура и примеры выбора пластмасс количественным методом	355
Приложения	363
1. Базовые марки полимеров, выпускаемые отечественной промышленностью	363
2. Базовые марки полимеров, выпускаемые зарубежными фирмами	367
3. Марочный ассортимент пластмасс с улучшенными технологическими свойствами	372
4. Марочный ассортимент пластмасс с улучшенными эксплуатационными свойствами	374
Библиографический список	412

Справочное издание

Эрик Леонидович КАЛИНЧЕВ
Марина Борисовна САКОВЦЕВА

*Выбор
пластмасс
для изготовления
и
эксплуатации
изделий*

Редактор В. И. Позина
Техн. редактор З. Е. Маркова
Корректор М. З. Басина

ИБ № 1903

Сдано в набор 09.02.87. Подписано в печать 20.07.87. М-23200. Формат бумаги 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 2. Литературная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 26,0. Усл. кр.-отг. 26,0. Уч.-изд. л. 30,29. Тираж 12200 экз. Зак. 2687. Цена 1 р. 80 к. Изд. № 2747.

Ордена «Знак Почета» издательство «Химия», Ленинградское отделение 191186, Ленинград, Д-186, Невский пр., 28.

Отпечатано с набора Ленинградской типографии № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 193144, г. Ленинград, ул. Монсеенко, 10, в Ленинградской типографии № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.

ИЗДАТЕЛЬСТВО „ХИМИЯ“

ГОТОВИТ К ВЫПУСКУ

ГОЛЬДМАН А. Я. Прогнозирование деформационно-прочностных свойств полимерных и композиционных материалов, 1988 (III кв.), 15 л., цена 2 р. 30 коп.

Рассмотрены вопросы механического поведения различных классов полимерных материалов, их деформируемости и прочности в различных напряженных состояниях, характерных для условий эксплуатации. Изложены методы прогнозирования, основанные на температурно-временной и баро-временной аналогиях. Описаны изотермические, изохорические и изобарические процессы деформирования, модели замедленного разрушения, а также масштабный эффект длительной прочности.

Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся исследованием свойств полимерных и композиционных материалов, их переработкой, применением, конструированием.

Полиэтилен высокого давления. Научно-технические основы промышленного синтеза / А. В. Поляков, Ю. Н. Кондратьев, А. Л. Гольденберг и др., 1988 (IV кв.), 14 л., цена 70 коп.

Приведены современные сведения по химии, механизму и кинетике процесса получения, фазовым равновесиям, структуре и свойствам полиэтилена высокого давления. Рассмотрены реакционные устройства и их моделирование, вопросы управления и контроля процессов; показана связь качества полимера с условиями его получения; уделено внимание ассортименту выпускаемых марок, их свойствам и областям применения.

Для инженерно-технических и научных работников, занимающихся разработкой, проектированием и эксплуатацией производств промышленности пластмасс. Может быть полезна преподавателям и студентам химико-технологических вузов.

Предварительные заказы на эти книги можно оформить в магазинах, распространяющих научно-техническую литературу. В случае отказа обращайтесь по адресам: 198147, Ленинград, Московский пр., 54, отдел «Книга—почтой» магазина № 21 «Книги по химии» или 103031, Москва, ул. Петровка, 15, отдел «Книга—почтой» магазина № 8 «Техника». Заказ будет выслан наложенным платежом.