ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

ЕДИНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ И СТАРЕНИЯ

# МАТЕРИАЛЫ ПОЛИМЕРНЫЕ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО СТАРЕНИЯ

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ

## ГОСТ 9.711—85

Издание официальное

БЗ 5—95

ИПК ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
Москва

УДК 620.197:006.354 Группа Т97

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ СОЮЗА ССР

Единая система защиты от коррозии и старения

# МАТЕРИАЛЫ ПОЛИМЕРНЫЕ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННОГО СТАРЕНИЯ

**ГОСТ 9.711—85**

**Общие требования к выбору**

ОКСТУ 0009

Дата введения 01.07.86

1. Настоящий стандарт распространяется на полимерные материалы, предназначенные для изготовления изделий, работающих при воздействии ионизирующих излучений, и устанавливает общие требования к выбору материалов по стойкости к радиационному старению в условиях, установленных в ГОСТ 9.706—81, на этапах разработки и производства изделий.

2. Полимерные материалы в зависимости от назначения подразделяют на:

| | |
|---|---|
| конструкционные | — для изготовления конструкций изделий, воспринимающих силовую нагрузку; |
| электроизоляционные | — для обеспечения изоляции арматуры токопроводящих частей электрооборудования, проводов и деталей, несущих электрический заряд; |
| теплоизоляционные | — для защиты изделия или его отдельных частей от воздействия тепловых потоков; |
| уплотнительные | — для обеспечения герметичности подвижных и неподвижных соединений узлов; |
| клеевые | — для изготовления клеевых соединений отдельных частей изделия. |
| антифрикционные | — для изготовления изделий или отдельных частей изделия, находящихся в непосредственном контакте и перемещающихся друг относительно друга; |
| оптические | — для изготовления элементов оптических устройств; |
| ионообменные | — для очистки жидких сред |

**(Измененная редакция, Изм. № 1)**

Издание официальное ★ Перепечатка воспрещена

©Издательство стандартов, 1985
© ИПК Издательство стандартов, 1996
Переиздание с изменениями

6. Вычисленные значения $\sigma_{p\,p}$, $\sigma_f$, $a$ сравнивают с заданными предельно допустимыми значениями показателей для изделий, указанными в п. 1.

**Вывод.** Стеклопластик 27—63С не следует использовать в изделии, работающем в заданных условиях радиационного старения, так как значение изгибающего напряжения в момент разрушения ниже допустимого. Стеклопластик АГ-4С в данном изделии и в заданных условиях эксплуатации может быть использован.

**Пример 2**

1. Требуется установить возможность применения полиэтилентерефталатной пленки материала ПНЛ по ТУ 6—05—221—76 в качестве электроизоляционного материала в условиях радиационного старения на воздухе при температуре 20°С и максимальной поглощенной дозе $10^6$ Гр. В качестве характерных показателей старения установлены.

прочность при разрыве ($\sigma_{pp}$);

относительное удлинение при разрыве ($\varepsilon_{pp}$);

удельное объемное электрическое сопротивление ($\rho_V$);

тангенс угла диэлектрических потерь при частоте $10^3$ Гц (tg $\delta$);

диэлектрическая проницаемость при частоте $10^3$ Гц ($\varepsilon$);

электрическая прочность ($E_{пр}$).

Предельно допустимые значения показателей после старения пленки не заданы.

2. По ГОСТ 9.706—81 в заданных условиях старения проводят испытания и определяют изменения заданных показателей:

значение $\sigma_{pp}$ уменьшилось на 15%, $\varepsilon_{pp}$ — на 48%,

$E_{пр}$ — на 12%, значение $\varepsilon$ осталось без изменений,

значение tg $\delta$ уменьшилось на 15%, значение $\rho_V$ увеличилось на 32%.

3. По результатам испытаний в соответствии с табл. 2 настоящего стандарта устанавливают группу стойкости исследуемого материала.

Изменения показателей $\rho_V$, tg $\delta$, $\varepsilon$ и $E_{пр}$ — соответствуют группе I, $\sigma_{pp}$ — II, $\varepsilon_{pp}$ — III. Следовательно, пленка ПНЛ-3 может быть использована в качестве электроизоляционного материала в заданных условиях радиационного старения по группе стойкости III.

Это означает, что запас свойств для значений показателей, указанных в технических условиях на пленку, должен обеспечивать допустимые отклонения от этих значений не ниже указанных в группе стойкости III табл. 2.

4. Предельно допустимые значения показателей в указанных условиях вычисляют по формуле (1) настоящего стандарта.

Для $\sigma_{pp}$:

$$\sigma_{pp} = \sigma_{pp_0} - \frac{50}{100} \cdot \sigma_{pp_0} = 0{,}5\sigma_{pp_0};$$

для $\varepsilon_{pp}$:

$$\text{от} \quad \varepsilon_{pp} = \varepsilon_{pp_0} - \frac{50}{100} \cdot \varepsilon_{pp_0} = 0{,}5\varepsilon_{pp_0};$$

$$\text{до} \quad \varepsilon_{pp} = \varepsilon_{pp_0} + \frac{100}{100} \cdot \varepsilon_{pp_0} = 2\ \varepsilon_{pp_0};$$

для $\rho_V$

$$\rho_V = \rho_{V_0} - \frac{99}{100} \rho_{V_0} = 0{,}01 \rho_{V_0}.$$

для tg δ

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \delta_0 + \frac{100}{100} \operatorname{tg} \delta_0 = 2 \operatorname{tg} \delta_0.$$

для ε

от $\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{20}{100} \cdot \varepsilon_0 = 0{,}80 \varepsilon_0$;

до $\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{20}{100} \cdot \varepsilon_0 = 1{,}20 \varepsilon_0$.

для $E_{пр}$

$$E_{пр} = E_{пр_0} - \frac{50}{100} E_{пр_0} = 0{,}5 E_{пр_0}.$$

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

*ПРИЛОЖЕНИЕ 2*
*Справочное*

## ТЕРМИНЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕМ СТАНДАРТЕ, И ИХ ПОЯСНЕНИЯ

| Термин | Пояснение |
|---|---|
| Радиационное старение | По ГОСТ 9.710—84 |
| Ионизирующее излучение | По ГОСТ 15484—81 |
| Характерный показатель старения | По ГОСТ 9.710—84 |
| Предельно допустимое изменение характерного показателя старения материала | Максимальное изменение показателя свойств материала, при котором сохраняется пригодность для использования материала по назначению в пределах установленной группы стойкости |

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН Министерством химической и нефтеперерабатывающей промышленности СССР

РАЗРАБОТЧИКИ

С.Э. Вайсберг, д-р хим. наук; **Б.А. Брискман,** канд. техн. наук; **В.К. Милинчук,** д-р хим. наук; **В.П. Сичкарь,** канд. хим. наук; **В.К. Матвеев,** канд. хим. наук; **Э.Р. Клиншпонт,** канд. хим. наук; **Е.Н Табалин, Л.П. Котова, О.Н. Якунина, Л.Б. Красько**

2. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ ПОСТАНОВЛЕНИЕМ Государственного комитета СССР по стандартам от 27 февраля 1985 г. № 426

3. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

4. ССЫЛОЧНЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

| Обозначение НТД, на который дана ссылка | Номер пункта, приложения, таблицы |
|---|---|
| ГОСТ 9.706—81 | 1, 4.1, 4.3, таблица 4, приложение 1 |
| ГОСТ 9.710—84 | Приложение 2 |
| ГОСТ 4647—80 | Таблицы 1, 4 |
| ГОСТ 4670—91 | Таблица 4 |
| ГОСТ 4648—71 | Таблица 1 |
| ГОСТ 4651—82 | Таблицы 1, 4, 6 |
| ГОСТ 6433.2—71 | Таблицы 2, 5 |
| ГОСТ 6433.3—71 | " |
| ГОСТ 9550—81 | Таблица 1 |
| ГОСТ 11012—69 | Таблица 6 |

5. Ограничение срока действия снято Постановлением Госстандарта СССР № 1914 от 11.12.91

6. Переиздание (март 1996 г.) с Изменением № 1, утвержденным в январе 1991 г. (ИУС 3—92)

Редактор *Р.С. Федорова*
Технический редактор *О.Н. Власова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Изд.лиц № 021007 от 10.08.95. Сдано в набор 05.02.96. Подписано в печать 04.06.96.
Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,80. Тираж 191 экз. С3499. Зак. 268.

ИПК Издательство стандартов
107076, Москва, Колодезный пер., 14.
Набрано в Издательстве на ПЭВМ
Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. "Московский печатник"
Москва, Лялин пер., 6

3 Нормы стойкости материалов к радиационному старению в зависимости от назначения, характерных показателей старения и группы стойкости приведены в табл. 1—8.

Нормы стойкости и характерные показатели старения полимерного материала многофункционального назначения должны соответствовать нормам и показателям, установленным для материалов каждого назначения.

Примечание Норма стойкости характеризует предельно допустимое изменение показателя свойств материала в заданных условиях радиационного старения по отношению к исходному значению этого показателя необлученного материала

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

4. Возможность применения полимерного материала для изделия, эксплуатирующегося в заданных условиях радиационного старения, устанавливают в соответствии с требованиями пп. 4.1—4.5.

4.1. Характеристику условий радиационного старения (вид и энергию излучения; мощность поглощенной дозы излучения; поглощенную дозу излучения; температуру, тип, концентрацию и давление среды), в которых предполагается эксплуатация изделий из полимерного материала, устанавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 9.706—81.

4.2 В зависимости от назначения изделия (см. табл. 1—5) или в соответствии с техническим заданием на его разработку устанавливают перечень показателей, характеризующих работоспособное состояние изделия в заданных условиях радиационного старения.

4.3 В соответствии с требованиями ГОСТ 9.706—81 проводят испытания материала в заданных условиях радиационного старения и в соответствии с табл. 1—5 устанавливают группу стойкости, которой удовлетворяет материал, исходя из того, что изменения заданных показателей после испытаний не должны выходить за пределы соответствующих норм стойкости для конкретной группы.

4.4 В зависимости от группы стойкости вычисляют возможные в заданных условиях значения показателей свойств материала ($N$) после радиационного старения по формуле

$$N = N_0 \left(1 + \frac{n}{100}\right) \quad (1)$$

где $N_0$ — исходное значение показателя необлученного материала, установленное в нормативно-технической документации (НТД) на соответствующий материал;

$n$ — норма стойкости показателя по установленной для материала группе стойкости с учетом знака "плюс" или "минус".

Таблица 1

**Конструкционные полимерные материалы**

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 1. Прочность при разрыве (разрушающее напряжение при растяжении), МПа | По ГОСТ 11262—80 | −10 | −25 | −50 | −75 |
| 2. Относительное удлинение при разрыве, % | По ГОСТ 11262—80 | ±10 | ±25 | От −50 до +100 | От −75 до +300 |
| 3. Изгибающее напряжение в момент разрушения, МПа | По ГОСТ 4648—71 | −10 | −25 | −50 | −75 |
| 4. Разрушающее напряжение при сжатии, МПа | По ГОСТ 4651—82 | −10 | −25 | −50 | −75 |
| 5. Модуль упругости при растяжении, МПа | По ГОСТ 9550—81 | −10 | −25 | −50 | −75 |
| 6. Ударная вязкость, кДж/м$^2$ | По ГОСТ 4647—80 | −10 | −25 | −50 | −75 |
| 7. Предел прочности при срезе, МПа | По ГОСТ 17302—71 | −10 | −25 | −50 | −75 |
| 8. Средний коэффициент линейного теплового расширения $K^{-1}$ в диапазоне температур от $(T_{max} - 50) - T_{max}$ | По ГОСТ 15173—70 | ±10 | ±25 | От −50 до +100 | От −75 до +300 |

Примечания к табл. 1—8:

1. Знаки у цифр означают: "—" — уменьшение значения показателя; "+" — увеличение значения показателя.

2. $T_{max}$ — максимальная температура эксплуатации материала.

4.5 Вычисленные по формуле (1) значения показателей сравнивают с предельно допустимыми значениями, установленными в техническом задании на разрабатываемое изделие. Материал считают пригодным для применения, если вычисленные по формуле (1) значения заданных показателей не выходят за пределы соответствующих допустимых значений, установленных в техническом задании.

Если предельно допустимые значения показателей для разрабатываемого изделия не заданы, то по выявленной группе стойкости (см. п. 4.3) определяют минимально необходимый запас свойств по отношению к исходным значениям показателей, определяющий возможность применения полимерного материала в заданных условиях радиационного старения.

Таблица 2

**Электроизоляционные полимерные материалы**

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 1 Прочность при разрыве (разрушающее напряжение при растяжении), МПа | По ГОСТ 11262—80 | −10 | −25 | −50 | −75 |
| 2. Относительное удлинение при разрыве, % | По ГОСТ 11262—80 | ±10 | ±25 | От −50 до +100 | От −75 до +300 |
| 3 Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом · м | По ГОСТ 6433.2—71 | 80 | −90 | −99 | −99,9 |
| 4 Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом | По ГОСТ 6433.2—71 | −80 | −90 | −99 | −99,9 |
| 5. Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте: | | | | | |
| $10^3$ Гц | По ГОСТ 22372—77 | +25 | +100 | +200 | +400 |
| $10^6$ Гц | По ГОСТ 22372—77 | +25 | +75 | +150 | +300 |
| $10^{10}$ Гц | По нормативно-технической документации на материалы | +20 | +30 | +50 | +100 |
| 6 Диэлектрическая проницаемость при частоте: | | | | | |
| $10^3$ Гц | По ГОСТ 22372—77 | ±10 | ±15 | ±25 | От −50 до +100 |
| $10^6$ Гц | По ГОСТ 22372—77 | ±10 | ±15 | ±30 | От −50 до +100 |
| $10^{10}$ Гц | По нормативно-технической документации на материалы | ±5 | ±10 | ±15 | ±20 |
| 7. Электрическая прочность, В/м | По ГОСТ 6433.3—71 | −20 | −30 | −50 | −75 |

**(Измененная редакция, Изм. № 1)**

Таблица 3

**Теплоизоляционные полимерные материалы**

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 1. Прочность при разрыве, МПа | По ГОСТ 11262—80 | −10 | −25 | −50 | −75 |
| 2. Относительное удлинение при разрыве, % | По ГОСТ 11262—80 | ±10 | ±25 | От −50 до +100 | От −75 до +300 |
| 3. Теплопроводность, Вт/(м · К) | По ГОСТ 23630.2—79 | +10 | +25 | +50 | +100 |
| 4. Удельная теплоемкость, Дж/(кг · К) | По ГОСТ 23630.1—79 | −10 | −20 | −30 | −50 |
| 5. Плотность, кг/м$^3$ | По ГОСТ 15139—69 | ±0,5 | ±1,0 | ±2 | ±5 |
| 6. Средний коэффициент линейного теплового расширения $K^{-1}$ в диапазоне температур от $(T_{max} - 50) - T_{max}$ | По ГОСТ 15173—70 | ±10 | ±25 | От −50 до +100 | От −75 до +300 |

**(Измененная редакция, Изм. № 1)**

5. Материалы группы I при заданных условиях старения являются наиболее стойкими к воздействию ионизирующих излучений и их рекомендуют для применения в наиболее ответственных конструкциях. Материалы, для которых значения показателей ниже требований группы IV, не допускаются для применения в изделиях, эксплуатируемых в условиях радиационного старения.

Примечание. Электроизоляционные материалы, для которых электрические показатели ниже требований группы IV, могут применяться в изделиях, эксплуатируемых в условиях радиационного старения, по согласованию с заказчиком.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

Таблица 4

**Уплотнительные полимерные материалы**

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 1. Прочность при разрыве (разрушающее напряжение при растяжении), МПа | По ГОСТ 11262—80 | −20 | −40 | −60 | −75 |

*Продолжение табл 4*

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 2. Относительное удлинение при разрыве, % | По ГОСТ 11262—80 | ±20 | От —40 до +70 | От —50 до +100 | От —75 до +300 |
| 3. Ударная вязкость, кДж/м$^2$ | По ГОСТ 4647—80 | —20 | —40 | —60 | —75 |
| 4. Напряжение сжатия при условной деформации сжатия 25%, МПа | По ГОСТ 4651—82 | —20 | —40 | —60 | —75 |
| 5. Твердость при вдавливании шарика, МПа | По ГОСТ 4670—91 | —20 | —40 | —60 | —75 |

Примечание Характерные показатели и нормы стойкости резин устанавливают по ГОСТ 9.706—81.

**(Измененная редакция, Изм. № 1)**

Таблица 5

**Клеевые полимерные материалы**

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 1. Прочность связи клеевого соединения при отрыве, МПа | По нормативно-технической документации на клеи | —20 | —40 | —60 | —75 |
| 2. Прочность связи клеевого соединения при сдвиге, МПа | То же | —20 | —40 | —60 | —75 |
| 3. Адгезионная прочность клеевого соединения при отрыве, МПа | " | —20 | —40 | —60 | —75 |
| 4. Адгезионная прочность клеевого соединения при сдвиге, МПа | По нормативно-технической документации на клеи | —20 | —40 | —60 | —75 |
| 5. Сопротивление расслаиванию, Н/м | По ГОСТ 12172—74 | —20 | —40 | —60 | —75 |

**(Измененная редакция (Изм. № 1)**

Таблица 6

**Антифрикционные полимерные материалы**

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 1. Разрушающее напряжение при сжатии, МПа | По ГОСТ 4651—82 | —10 | —25 | —50 | —75 |
| 2. Средний коэффициент линейного теплового расширения, $K^{-1}$ в диапазоне температур ($T_{max}$ — 50) до $T_{max}$ | По ГОСТ 15173—70 | ±10 | ±25 | От —50 до +100 | От —75 до +300 |

Таблица 7

**Оптические полимерные материалы (за исключением защитных покрытий)**

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 1. Прочность при разрыве, МПа | По ГОСТ 11262—80 | —10 | —25 | —50 | —75 |
| 2. Коэффициент пропускания в области чувствительности глаза ($400 < \lambda < 770$) нм | По ГОСТ 15875—80 | —10 | —20 | —30 | —50 |
| 3. Коэффициент отражения | По нормативно-технической документации на материал | —10 | —20 | —30 | —50 |
| 4. Средний коэффициент линейного теплового расширения, $K^{-1}$ в диапазоне температур ($T_{max}$ — 50) до $T_{max}$ | По ГОСТ 15173—70 | ±10 | ±25 | От —50 | От —75 |
| 5. Ударная вязкость, кДж/м$^2$ | По ГОСТ 4647—80 | —10 | —25 | —50 | —75 |

Таблица 8

**Ионообменные полимерные материалы**

| Наименование характерного показателя старения | Метод контроля показателя | Норма стойкости, %, для групп стойкости | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 1. Полная статическая обменная емкость, мг экв/см$^3$ | По ГОСТ 20255.1—89 | —10 | —25 | —50 | —75 |
| 2. Динамическая обменная емкость, мг · экв/м$^3$ | По ГОСТ 20255.2—89 | —10 | —25 | —50 | —75 |

Табл. 6—8 **(Введены дополнительно, Изм. № 1)**

6. Пример установления возможности применения полимерного материала конкретной марки в заданных условиях радиационного старения приведен в справочном приложении 1.

7. Термины, применяемые в настоящем стандарте, и их пояснения приведены в справочном приложении 2.

*ПРИЛОЖЕНИЕ 1*
*Справочное*

## ПРИМЕРЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**1 Пример 1**

Требуется установить возможность применения высокопрочного конструкционного стеклопластика. прессовочных материалов на основе фенолоформальдегидной смолы АГ-4С по ГОСТ 20437—75 или эпоксидной смолы 27—63С для изделия, эксплуатируемого в условиях радиационного старения в вакууме при температуре от минус 50 до плюс 50°С и максимальной поглощенной дозе $10^6$ Гр. Для изделия, работающего в заданных условиях, предельно допустимые значения показателей должны составлять:

разрушающее напряжение при растяжении ($\sigma_{p.p}$) — не менее 200 МПа,

изгибающее напряжение в момент разрушения ($\sigma_f$) — не менее 200 МПа,

ударная вязкость ($a$) — не менее 100 кДж/м$^2$.

2 По НТД на материал устанавливают исходные значения показателей необлученных стеклопластиков:

для стеклопластика АГ-4С

$\sigma_{p.p}$ — не менее 539 МПа, $\sigma_f$ — не менее 441 МПа,

$a$ — не менее 245 кДж/м$^2$;

для стеклопластика 27—63С

$\sigma_{p.p}$ — не менее 900 МПа, $\sigma_f$ — не менее 700 МПа,

$a$ — не менее 600 кДж/м$^2$.

3 По ГОСТ 9.706—81 в заданных условиях старения проводят испытания стеклопластиков и определяют изменение заданных показателей:

для стеклопластика АГ-4С

значение $\sigma_{p.p}$ уменьшилось на 14%, $\sigma_f$ — на 24%, $a$ — на 17%;

для стеклопластика 27—63С

значение $\sigma_{p.p}$ уменьшилось на 10%, $\sigma_f$ — на 53%, $a$ — на 11%.

4. По результатам испытаний в соответствии с табл. 1 настоящего стандарта стеклопластик АГ-4С соответствует группе стойкости II; стеклопластик 27—63С — группе стойкости IV.

5. Возможные значения показателей свойств стеклопластиков после радиационного старения в заданных условиях с учетом выявленной группы стойкости вычисляют по формуле (1) настоящего стандарта:

для стеклопластика АГ-4С

$\sigma_{p.p} = 539 - 0{,}25 \cdot 539 = 405$ МПа,

$\sigma_f = 441 - 0{,}25 \cdot 441 = 331$ МПа,

$a = 245 - 0{,}25 \cdot 245 = 183{,}5$ кДж/м$^2$;

для стеклопластика 27—63С

$\sigma_{p.p} = 900 - 0{,}75 \cdot 900 = 225$ МПа,

$\sigma_f = 700 - 0{,}75 \cdot 700 = 175$ МПа,

$a = 600 - 0{,}75 \cdot 600 = 150$ кДж/м$^2$.