

УДК 678.01:53+678.01:54

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ  
НА ПРОЧНОСТЬ ПОЛИМЕРОВ**

***M. P. Вершинина, B. P. Регель, H. H. Черный***

Исследование влияния ультрафиолетового (УФ) облучения на прочностные свойства полимеров представляет интерес как для выяснения природы воздействия облучения на полимеры и разработки на этой основе методов повышения их светостойкости, так и для развития представлений о закономерностях процессов разрушения полимеров.

Влияние УФ-облучения на прочностные свойства полимеров в данной работе исследуется на основе представлений о температурно-временной зависимости прочности твердых тел, развиваемых Журковым и сотрудниками [1—7]. Согласно этим представлениям, механическое разрушение полимеров рассматривается как термический распад макромолекул, активируемый механическими напряжениями. Долговечность  $\tau$  образцов под напряжением  $\sigma$  при температуре  $T$  определяется [1—7] формулой:

$$\tau = \tau_0 e^{(U_0 - \gamma\sigma)/RT}, \quad (1)$$

где  $\tau_0$ ,  $U_0$  и  $\gamma$  — постоянные коэффициенты, которым придается определенный физический смысл.

Ряд опытных данных по влиянию УФ-облучения на температурно-временную зависимость прочности был уже получен в работах [8] и [9].

В настоящей работе более подробно изучаются и обсуждаются особенности температурно-временной зависимости прочности на примере капроновых волокон при одновременном воздействии УФ-облучения и механических напряжений.

**Методика испытаний**

Испытания проводили на стандартных капроновых нитях, вытянутых в 5,2 раза, содержащих 0,5% стабилизатора. Нити состоят из 80 волокон диаметром  $\sim 20 \mu$ .

Опыты состояли в определении долговечности образцов под нагрузкой как при одновременном воздействии УФ-облучения, так и без облучения. Метод определения долговечности образцов под нагрузкой на установках с фигурными рычагами не отличался от применявшегося в работе [1—7].

Облучение образцов под нагрузкой проводили лампами ПРК-2 или ПРК-7 с применением кварцевых линз. При этом поток энергии УФ-излучения в области длин волн от 230 до 270  $\mu$  контролировали при помощи термостолбика и поддерживали постоянным, равным 0,03 кал/см<sup>2</sup>мин. Только в двух случаях, в виде исключения, измерения проводили при других интенсивностях излучения: 0,07 и 0,1 кал/см<sup>2</sup>мин (кривые 2 и 4 на рис. 1).

Облучение ненапряженных образцов проводили теми же лампами, установленными на расстоянии 15—25 см от поверхности медленно врачающегося диска, на котором размещали облучаемые образцы. Диск заключали в термостатируемую камеру. В этих опытах облучение проводили при двух интенсивностях 0,02 и 0,31 кал/см<sup>2</sup>мин при 25 и 80° в камере с диском.

Для каждой партии образцов, подвергавшейся определенной дозе облучения, определяли характеристическую вязкость раствора капрона в муравьиной кислоте.

Молекулярный вес  $M$  может быть рассчитан по величине характеристической вязкости при помощи формулы, предложенной в работе [10]:

$$\lg M = 4,11 + 1,39 \lg [\eta]. \quad (2) *$$

Для исходного необлученного капрона  $M = 14\,000$ .

### Результаты измерений и обсуждение

На рис. 1 приведены данные испытаний на долговечность капроновых волокон при  $25^\circ$  без облучения (кривая 1) и при облучении (кривые 2, 3, 4). Кривая 3 получена при интенсивности облучения  $0,03 \text{ кал}/\text{см}^2\text{мин}$ , а кривые 2 и 4 — при  $0,1$  и  $0,007 \text{ кал}/\text{см}^2\text{мин}$  соответственно. Видно, что при испытаниях без облучения зависимость  $\lg \tau$  от  $\sigma$  линейна, т. е. подчиняется формуле (1). При одновременном действии УФ-облучения и напряжения зависимость  $\lg \tau$  от  $\sigma$  изображается двумя прямоточными участками (прямой линией с изломом), один из участков совпадает с линейной зависимостью  $\lg \tau$  от  $\sigma$  для испытаний без облучения, а другой участок сильно отклоняется от этой исходной зависимости.

Подобную зависимость долговечности от напряжения при УФ-облучении можно понять на основе предположения, что при совместном воздействии на волокна механических напряжений и УФ-излучения в испытуемых образцах наряду с развитием разрушения по формуле (1), которое условно можно характеризовать некоторой скоростью разрушения  $v_1$ , происходит дополнительное разрушение химических связей за счет УФ-облучения со скоростью  $v_2$ , пропорциональной интенсивности излучения. Под скоростью разрушения в полимерах можно понимать число химических связей, разываемых в единицу времени. Если предположить, что критерием разрушения является разрыв некоторого определенного числа связей  $N$ , а также считать, что под действием облучения разрушаются те же связи, что и под действием тепловых флуктуаций под нагрузкой, то долговечность  $\tau_c$  при совместном действии напряжения и излучения определится из условия

$$\tau_c(v_1 + v_2) = N. \quad (3)$$

Легко видеть, что при помощи такой схемы можно объяснить полученные опытные данные. Действительно, при достаточно больших напряжениях всегда может быть достигнуто условие:  $v_1 \gg v_2$ , когда разрушающим влиянием облучения можно пренебречь. В этой области напряжений кри-

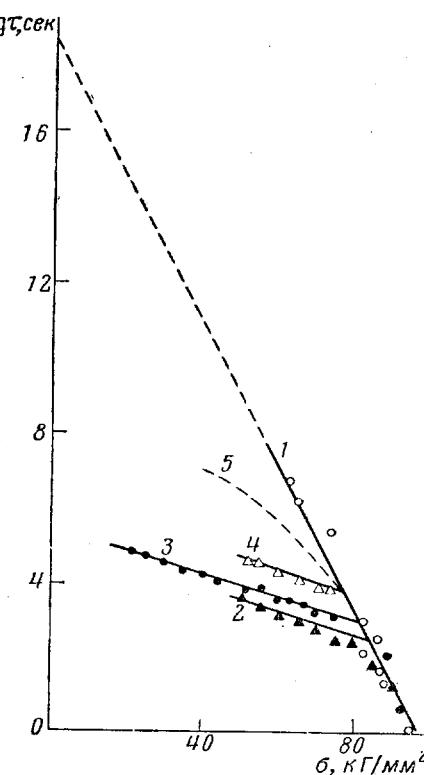


Рис. 1. Зависимость логарифма долговечности капроновых волокон от напряжения при  $25^\circ$ :

1 — без облучения; 2 — при УФ-облучении,  $0,1 \text{ кал}/\text{см}^2\text{мин}$ ; 3 —  $0,03 \text{ кал}/\text{см}^2\text{мин}$ ; 4 —  $0,007 \text{ кал}/\text{см}^2\text{мин}$ ; 5 — рассчитана по формуле (7)

\* По поводу применимости формулы (2) для нашего случая см. замечания в работе [11].

вые 1, 2, 3 и 4 совпадают, т. е., несмотря на наличие УФ-облучения, долговечность определяется только формулой (1). В области малых напряжений  $v_1 \ll v_2$ , т. е. разрушающее влияние облучения является решающим.

Если высказанные соображения справедливы, то при изменении интенсивности облучения место излома прямой должно перемещаться. По мере уменьшения интенсивности облучения место перегиба перемещается в область меньших напряжений (см. кривые 2, 3 и 4 на рис. 1).

Временная зависимость прочности при совместном действии напряжения и УФ-облучения для нескольких температур характеризуется измерениями, приведенными на рис. 2. Видно, что для всех температур зависимость  $\lg \tau$  от  $\sigma$  при одновременном действии напряжения и УФ-облучения имеет тот же вид, что и на рис. 1 при  $25^\circ$ . В области боль-

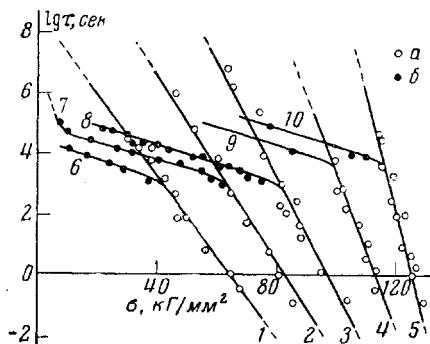


Рис. 2

Рис. 2. Зависимость логарифма долговечности  $\lg \tau$  капроновых волокон от напряжения  $\sigma$  при УФ-облучении и без облучения при разных температурах:

1, 6 —  $130^\circ$ ; 2, 7 —  $80^\circ$ ; 3, 8 —  $25^\circ$ ; 4, 9 —  $-60^\circ$ ; 5, 10 —  $-110^\circ$   
a — без облучения; b — с облучением

Рис. 3. Зависимость логарифма долговечности  $\lg \tau$  от обратной температуры  $1/T$  для капроновых волокон при различных напряжениях ( $\text{кг}/\text{мм}^2$ ):

1, 5 — 0; 2, 6 — 25; 3, 7 — 60; 4, 8 — 100

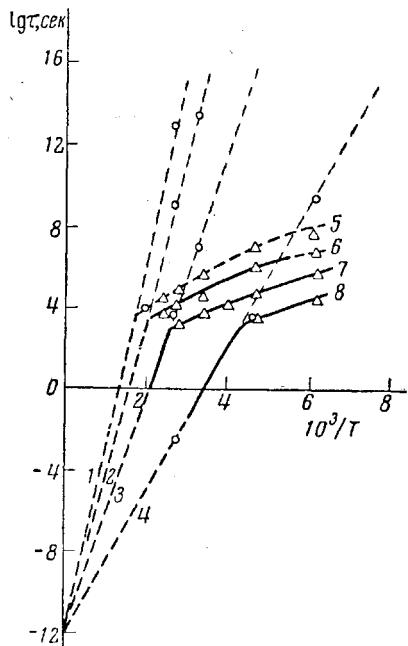


Рис. 3

ших напряжений долговечность при совместном действии напряжений и облучения описывается формулой (1). При меньших напряжениях начинает сказываться влияние облучения, и соответствующие участки прямых сильно отклоняются от исходной зависимости. Наклоны этих участков мало изменяются с температурой, так что в первом приближении они могут быть приняты даже параллельными. Места изломов прямых также сравнительно мало смещаются по оси ординат в сторону больших долговечностей по мере понижения температуры.

На рис. 3 по данным рис. 2 построена зависимость  $\lg \tau$  от обратной температуры  $1/T$ . Для необлученных образцов эта зависимость линейна. При малых значениях  $\tau$  кривые для облученных под нагрузкой и необлученных образцов совпадают. При больших значениях  $\tau$ , как и на рис. 2, кривые начинают расходиться, долговечность облученных образцов начинает резко уменьшаться по сравнению с долговечностью необлученных образцов. В части, где облучение сильно влияет на долговечность, кривые, строго говоря, не являются прямолинейными, однако отклонения от линейности незначительны. В первом приближении и на рис. 3 эти участки могут быть приняты параллельными.

Приведенные на рис. 2 и 3 данные достаточно полно характеризуют влияние УФ-облучения на температурно-временную зависимость прочности капроновых волокон, которая в этом случае не должна уже описываться только при помощи формулы (1) с обычными значениями коэффициентов  $\tau_0$ ,  $U_0$  и  $\gamma$ . Наблюдаемую зависимость можно объяснить тем, что на процесс разрушения, подчиняющийся формуле (1), накладывается другой процесс разрушения, определяемый действием облучения.

Из предположения, что скорость разрушения  $v$  при одновременном воздействии на полимер напряжений и УФ-излучения равна сумме скоростей  $v_1$  и  $v_2$  (см. формулу 3), следует, что общая долговечность  $\tau_c$  определяется по формуле:

$$1/\tau_c = 1/\tau + 1/\tau_j. \quad (4)$$

В этом выражении, которое должно описывать семейства прямых с изломами, изображенные на рис. 2 и 3, под  $\tau$  подразумевается долговечность, описываемая формулой (1), а под  $\tau_j$  — долговечность для тех интервалов температур и напряжений, где сильно сказывается влияние УФ-облучения (участки кривых с малым наклоном на рис. 2 и 3). Из рис. 2 и 3 видно, что  $\tau_j$  зависит от напряжения и температуры значительно слабее, чем  $\tau$ , тем не менее опытные данные показывают, что  $v_2$  и  $\tau_j$  являются некоторыми функциями от  $\sigma$  и  $T$ . Об этом можно судить по наклонам соответствующих участков прямых на рис. 2 и 3. Этот же вывод следует и из прямых опытов, проводившихся в два приема: долговечность  $\tau_c$  образцов, испытываемых при совместном действии напряжения  $\sigma$  и УФ-излучения, оказывается меньше, чем долговечность  $\tau$  образца, выдержанного вначале под облучением в ненапряженном состоянии в течение времени  $\tau_c$ , а затем испытанного без облучения при напряжении  $\sigma$ . Иначе говоря, поочередное действие облучения и напряжения неравносильно их совместному действию.

Таким образом, ясно, что величины  $v_2$  и  $\tau_j$  только при самом грубом приближении можно принимать независимыми от  $\sigma$  и  $T$ . В действительности они являются функциями от  $\sigma$  и  $T$ .

Функцию  $\tau_j$  от  $\sigma$  и  $T$  можно искать в различном виде. Можно, в частности, предположить, что для  $\tau_j$  соблюдается зависимость типа:

$$\tau_j = \tau_{0j} e^{(U_{0j} - \gamma_j \sigma)/RT}. \quad (5)$$

Пользуясь данными рис. 2 и 3, можно оценить для этого случая коэффициенты  $\tau_{0j}$ ,  $U_{0j}$  и  $\gamma_j$ . Судя по наклону кривых на рис. 3, величина  $U_{0j}$  равна 2 ккал/моль, т. е. значительно меньше, чем  $U_0 = 45$  ккал/моль для капроновых волокон, испытываемых без облучения. Из рис. 2 и 3 следует, что  $\tau_{0j}$  значительно больше  $\tau_0$ , а  $\gamma_j$  — меньше  $\gamma$ .

Без дополнительных исследований природы фотохимических реакций для данного случая нельзя приписывать определенный физический смысл выражению (5) и коэффициентам, входящим в это выражение. Однако некоторые предположения по этому поводу можно высказать. Можно попытаться приписать выражению (5) смысл, аналогичный формуле (1). Малую величину энергии активации  $U_{0j}$  в этом случае можно объяснить тем, что первоначальный барьер  $U_0$ , определяющийся энергией химических связей макромолекул, уменьшается при воздействии УФ-облучения либо непосредственно за счет энергии квантов излучения, либо вследствие побочных фотохимических реакций. Величину  $\tau_{0j}$  можно связывать с частотой попадания квантов УФ-излучения на образец, т. е. с интенсивностью облучения.

Подобные предположения, по-видимому, справедливы, хотя они и не исключают другой возможности — предположения о локальном изменении температуры  $T$ , фигурирующей в выражении (5). Детальное изучение при-

роды фотохимических реакций должно выяснить, можно ли придавать тот или иной физический смысл выражению (5) и коэффициентам  $\tau_0$ ,  $U_{0j}$  и  $\gamma_j$ .

В дополнение к сказанному выше произведем еще оценку доли изменения долговечности  $\tau$ , рассчитываемой по формуле (1), за счет постепенного изменения коэффициента  $\gamma$ , растущего, согласно [8], по мере увеличения дозы облучения. При количественном определении  $\tau_j$  по формуле (4):  $1/\tau_j = (1/\tau_c) - (1/\tau)$  мы допустим некоторую ошибку, если подставим значение  $\tau$  по формуле (1) без учета влияния изменения  $\gamma$ .

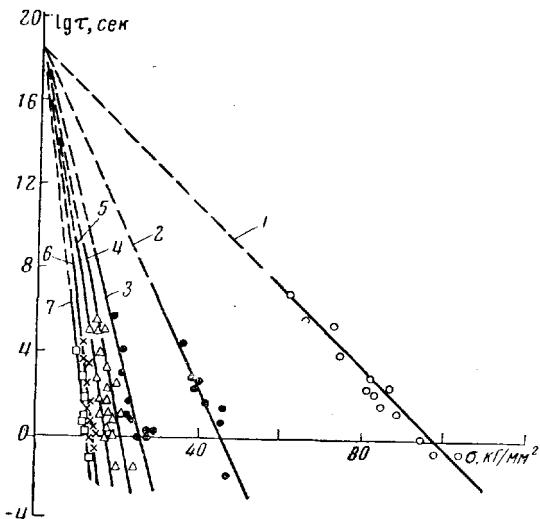


Рис. 4. Зависимость логарифма долговечности  $\lg \tau$  капроновых волокон от напряжения  $\sigma$  для образцов, предварительно облучавшихся в ненапряженном состоянии в течение различных интервалов времени  $t$ .

Температура облучения —  $80^\circ$ , температура испытаний —  $25^\circ$ :  
 1 — без облучения ( $t = 0$ ); время облучения,  $t$ , мин.: 2 — 75; 3 — 150; 4 — 300; 5 — 480; 6 — 650; 7 — 900

Для предварительной грубой оценки влияния изменений  $\gamma$  на величину  $\tau$  нами были проведены опыты по измерению зависимости  $\gamma$  от времени облучения  $t$  для наиболее простого случая, когда облучение волокон производится в ненапряженном состоянии. Опыты показали, как и в работе [8], что в данном случае облучение приводит в конечном счете действительно только к изменению коэффициента  $\gamma$ . На рис. 4 приведены опытные данные, иллюстрирующие этот факт. Видно, что для волокон, подвергавшихся различным дозам облучения при  $80^\circ$ , испытание на долговечность (при  $25^\circ$ ) дает веер прямых, сходящихся на оси ординат в одной точке (при  $\lg \tau = \lg A = 18,5$ ). Это и означает, что действие различных доз облучения привело только к изменению коэффициента  $\gamma$  и не изменило энергии активации  $U_0$  и предэкспоненциального члена  $\tau_0$ .

В работе [8] было показано, что изменение  $\gamma$  при облучении капрона связано в основном с изменением молекулярного веса. Данные наших измерений зависимости характеристической вязкости растворов капроновых волокон в муравьиной кислоте от времени облучения также показывают, что по мере увеличения дозы УФ-облучения характеристическая вязкость  $[\eta]$  постепенно уменьшается (рис. 5). При больших дозах облучения изменение  $[\eta]$  со временем облучения несколько замедляется. При временах облучения свыше 2 час. при  $80^\circ$  и интенсивности  $0,31 \text{ кал}/\text{см}^2\text{мин}$  при фильтровании растворов начинает появляться небольшая доля нерастворимой фракции. При меньших дозах облучения при  $80^\circ$ , а также при

облучении вплоть до 100 час. при  $25^\circ$  и интенсивности 0,02 кал/см<sup>2</sup>мин не растворимая фракция путем фильтрования не обнаруживается.

Используя данные измерений, подобные приведенным на рис. 4, можно построить график зависимости  $\gamma / RT$  от времени облучения  $t$  (рис. 6, а). Имея сведения о зависимости  $\gamma$  от  $t$ , можно оценить долю изменения долговечности, связанную с изменением  $\gamma$ , предполагая для упрощения, что действия облучения и механических напряжений суммируются независимо друг от друга. Для такой оценки в уравнение (1) вместо постоянного коэффициента  $\gamma$  следует подставить функцию  $\gamma(t)$ , пользуясь опытными данными, подобными приведенным на рис. 6, а. Из рис. 6, а видно, что при небольших дозах облучения зависимость  $\gamma$  от  $t$  может быть принята линейной:

$$\gamma = \gamma_0 + Kt. \quad (6)$$

Здесь  $\gamma_0$  — значение коэффициента  $\gamma$  для исходных необлученных образцов,  $K$  — коэффициент, зависящий от температуры и интенсивности облучения. Подставляя (6) в (1) и зная из опыта коэффициент  $K$ , можно определить, какой была бы зависимость долговечности  $\tau$  от  $\sigma$  и  $T$ , если бы действие УФ-излучения сводилось только к изменению коэффициента  $\gamma$  в формуле (1):

$$\tau = \tau_0 e^{(U_0 - (\gamma_0 + K\tau)\sigma)/RT}. \quad (7)$$

На рис. 1 пунктиром нанесена расчетная кривая 5 зависимости  $\lg \tau$  от  $\sigma$  при  $25^\circ$ , полученная по формуле (7) при  $K = 0,7 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^2/\text{кг} \cdot \text{сек}$  (для интенсивности 0,03 кал/см<sup>2</sup>мин). Видно, что эта кривая расположена значительно выше соответствующей экспериментальной кривой 3. Это означает, что эффект изменения долговечности под действием облучения нельзя отнести только за счет изменения  $\gamma$ , возникающего при облучении ненапряженных образцов. Судя по рис. 1, относительная доля изменения долговечности за счет  $\gamma$  в данном случае незначительна, несмотря на то, что величина  $\gamma$  при подстановке (6) в (1) заведомо завышена предположением, что  $t = \tau$ .

Выше, при оценке влияния изменения  $\gamma$  на долговечность, для простоты было предположено, что действия напряжения и излучения независимы друг от друга. Опыт, однако, показывает, что совместное действие напряжения и излучения сильнее снижает долговечность, чем поочередное действие того и другого фактора в отдельности.

В связи с этим нами были проведены дополнительные опыты по определению зависимости коэффициента  $\gamma$  от времени при одновременном воздействии напряжения и излучения. Ниже будем обозначать для этого случая коэффициент  $\gamma$  через  $\gamma'$ . (В этих опытах серию образцов выдерживали на рычажных установках при одновременном воздействии некоторого постоянного напряжения и УФ-излучения в течение различных промежутков времени. Образцы при этом не доводили до разрыва. Затем на обработанных таким способом образцах проводили исследование температурно-временной зависимости прочности.) Измерения показали, что и для таких образцов формула (1) остается справедливой. Совместное действие напряжения и облучения ведет, так же, как и действие излучения на ненапряженные образцы, только к изменению коэффициента  $\gamma$ .

На рис. 6, б приведены опытные данные о зависимости  $\gamma'$  от  $t$  при двух напряжениях 22,5 и 45 кг/мм<sup>2</sup>. Видно, что зависимость  $\gamma'$  от  $t$  может быть

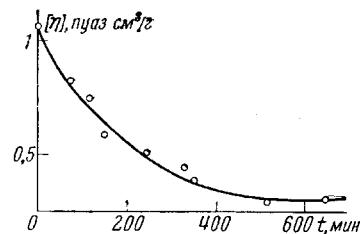


Рис. 5. Зависимость характеристической вязкости при  $25^\circ$  от времени облучения капроновых волокон лампой ПРК-7 при  $80^\circ$

принята как приближенно линейная:

$$\gamma' = \gamma_0 + K't. \quad (8)$$

Коэффициент  $K'$ , как показывает опыт, зависит в данном случае не только от температуры и интенсивности излучения, но также и от напряжения. С ростом напряжения  $K'$  увеличивается. Согласно рис. 6, б, при  $22,5 \text{ кг}/\text{мм}^2$   $K' = 0,7 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^2/\text{кг}\cdot\text{сек}$ , а при  $45 \text{ кг}/\text{мм}^2$   $K' = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ мм}^2/\text{кг}\cdot\text{сек}$ .

Пользуясь полученными данными, определим долю изменения долговечности, связанную с изменением коэффициента  $\gamma'$ . Учтем при этом более точно, чем в формуле (7), что  $\gamma'$  изменяется в течение опыта постепенно. Для этого отношение между экспериментальным значением долговечности

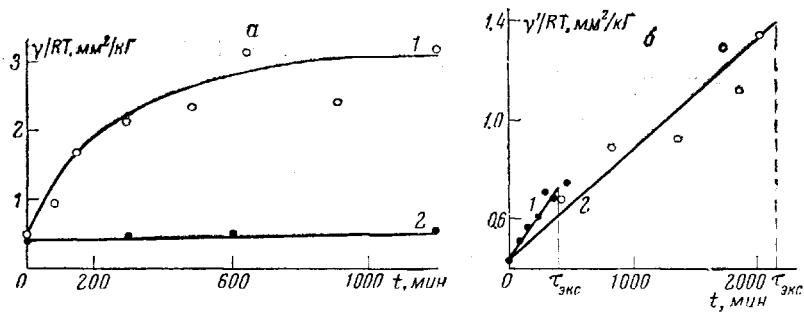


Рис. 6. а — Зависимость  $\gamma/RT$  от времени облучения для капроновых волокон:

1 — температура облучения  $80^\circ$ , интенсивность  $0,31 \text{ кал}/\text{см}^2 \text{ мин}$ ; 2 — температура облучения  $25^\circ$ , интенсивность  $0,02 \text{ кал}/\text{см}^2 \text{ мин}$

б — зависимость  $\gamma'/RT$  от времени облучения (облучение при  $25^\circ$  с интенсивностью  $0,3 \text{ кал}/\text{см}^2 \text{ мин}$ ) при различных направлениях:

1 —  $45 \text{ кг}/\text{мм}^2$ ; 2 —  $22,5 \text{ кг}/\text{мм}^2$ . Температура, при которой определялась долговечность для расчета величины  $\gamma'/RT$ , равна  $25^\circ$

$\tau_\theta$  и долговечностью  $\tau_p$ , рассчитанной в предположении, что эффект облучения сводится только к изменению  $\gamma'$ , определим интегрированием:

$$\frac{\tau_\theta}{\tau_p} = \int_0^{\tau_\theta} \frac{dt}{t_0 e^{(U_0 - (\gamma_0 + K't)\sigma)/RT}}. \quad (9)$$

Из расчета по формуле (9) следует, что при напряжениях  $22,5$  и  $45 \text{ кг}/\text{мм}^2$  всего только  $\sim 5\%$  наблюдаемого на опыте эффекта изменения долговечности связано с изменением коэффициента  $\gamma'$ . Следует оговорить, что при рассуждениях об изменении  $\gamma'$  под действием УФ-излучения и при оценке доли снижения долговечности капрона под УФ-облучением за счет изменения  $\gamma$  мы не учитывали, что  $\gamma$  изменяется и при нормальных статических испытаниях при выдерживании образца под нагрузкой. Эта неточность для нашего оценочного расчета существенна, но для понимания физического смысла коэффициента  $\gamma$  (коэффициента, характеризующего степень локализации напряжений на разрываемых связях) это следует иметь в виду.

Приведенная выше оценка влияния постепенного увеличения коэффициента  $\gamma$  на эффект изменения долговечности при УФ-облучении позволяет уточнить определение величины  $\tau_j$  по формуле (4) и на этом основании более правильно вычислять коэффициенты  $t_{0j}$ ,  $U_{0j}$  и  $\gamma_j$  в формуле (5). С другой стороны, эта оценка приводит к выводу, что эффект изменения долговечности при облучении связан в основном не с изменением коэффициента  $\gamma$ . Это может служить дополнительным аргументом в пользу других представлений, в частности в пользу высказанного выше соображения о наложении двух процессов разрушения.

Следует еще отметить, что эти соображения позволяют объяснить не только приведенные в настоящей работе опытные данные по температурно-временной зависимости прочности капроновых волокон при УФ-облучении, но также и результаты опытов по исследованию влияния УФ-облучения на скорость ползучести, приведенные в работе [9]. Если же предполагать, что влияние облучения на развитие разрушения ограничивается только постепенным изменением коэффициента  $\gamma$ , то нельзя объяснить резкое изменение скорости ползучести, наблюдаемое сразу после начала облучения, и убывание скорости ползучести после прекращения облучения. Формулы же (3) и (5) позволяют объяснить эти факты.

Авторы выражают глубокую благодарность С. Н. Журкову за интерес к работе и ценные замечания при ее обсуждении.

### Выводы

1. Температурно-временная зависимость прочности полимеров на примере капроновых волокон при одновременном действии механического напряжения и УФ-облучения отклоняется от обычной закономерности, определяемой формулой (1), и изображается в координатах  $\lg \tau - \sigma$  и  $\lg \tau - 1/T$  семействами ломаных линий.

2. При УФ-облучении капроновых волокон постепенно изменяется их структура (за счет разрывов химических связей), а следовательно, и коэффициент  $\gamma$  в уравнении (1).

3. Показано, что учет изменения  $\gamma$  не может объяснить полностью эффекта влияния УФ-облучения на долговечность и скорость установившейся ползучести.

4. Предложено объяснение наблюдавшихся эффектов влияния УФ-облучения на долговечность и скорость ползучести капроновых волокон. Объяснение основано на предположении о наложении двух процессов: разрушения, развивающегося в соответствии с формулой (1), и разрушения, вызываемого действием облучения.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе

Поступила в редакцию  
26 IX 1963

### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Н. Журков, Б. Н. Нарзуллаев, Ж. техн. физ., 23, 1677, 1953.
2. С. Н. Журков, Э. Е. Томашевский, Ж. техн. физ., 25, 66, 1955.
3. С. Н. Журков, Т. П. Санфирова, Докл. АН СССР, 101, 237, 1955.
4. С. Н. Журков, Вестн. АН СССР, 1957, № 11, 78.
5. С. Н. Журков, Т. П. Санфирова, Физика тверд. тела, 2, 1033, 1960.
6. С. Н. Журков, С. А. Абасов, Высокомолек. соед., 3, 441, 1961.
7. С. Н. Журков, С. А. Абасов, Высокомолек. соед., 3, 450, 1961.
8. С. Н. Журков, С. А. Абасов, Физика тверд. тела, 4, 2148, 1962.
9. Б. Р. Регель, Н. Н. Черный, Высокомолек. соед., 5, 925, 1963.
10. Г. В. Taylor, J. Amer. Chem. Soc., 69, 635, 1947.
11. С. Р. Рафиков, Сюй Цзи-пинь, Высокомолек. соед., 4, 851, 1962.

---

### EFFECT OF ULTRAVIOLET IRRADIATION ON THE STRENGTH OF POLYMERS

*M. P. Vershinina, V. R. Regel, N. N. Chernyi*

#### Summary

The effect of Ultraviolet (u. v.) radiation on the time — temperature dependence of the strength of caprone fibers has been investigated. On simultaneous action of u. v. irradiation and mechanical stresses the dependence of the longevity on the stress and temperature is appreciably different from the ordinary time — temperature dependence of strength. The observed effects are explained in terms of the superposition of two different degradation reactions.