

УДК 678.046.76+678.252

А.Д.Слукин, докт. хим. наук,
В.Н.Полежаев, М.В.Турукина (БТИ)

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСАДКА ПОЛИАМИДНОГО КОРДА 23КТ

Недостатками полиамидного корда являются повышенная усадка под действием температуры при проведении технологических процессов изготовления покрышек (сушка пропитанного корда, вулканизация покрышек) и наличие больших остаточных удлинений, обуславливающих разнашиваемость покрышек в эксплуатации и преждевременный выход их из строя. Для устранения указанных недостатков корд подвергают термической вытяжке в специальных устройствах на кордной линии КЛК-2-170 по ре-

5*

жиму: температура $190 \pm 3^\circ\text{C}$, натяжение на нить 5 кгс, время вытяжки 20 с. Кроме того, для предупреждения усадки корда после завершения цикла вулканизации предусматривается охлаждение покрышек со стороны диафрагмы водой под давлением 20–25 кгс/см².

Наблюдения показывают, что полиамидный корд в процессе переработки претерпевает значительную усадку.

В статье изложены результаты изучения влияния температуры, нагрузки на нить и времени их действия на усадку нитей полиамидного корда 23КТ.

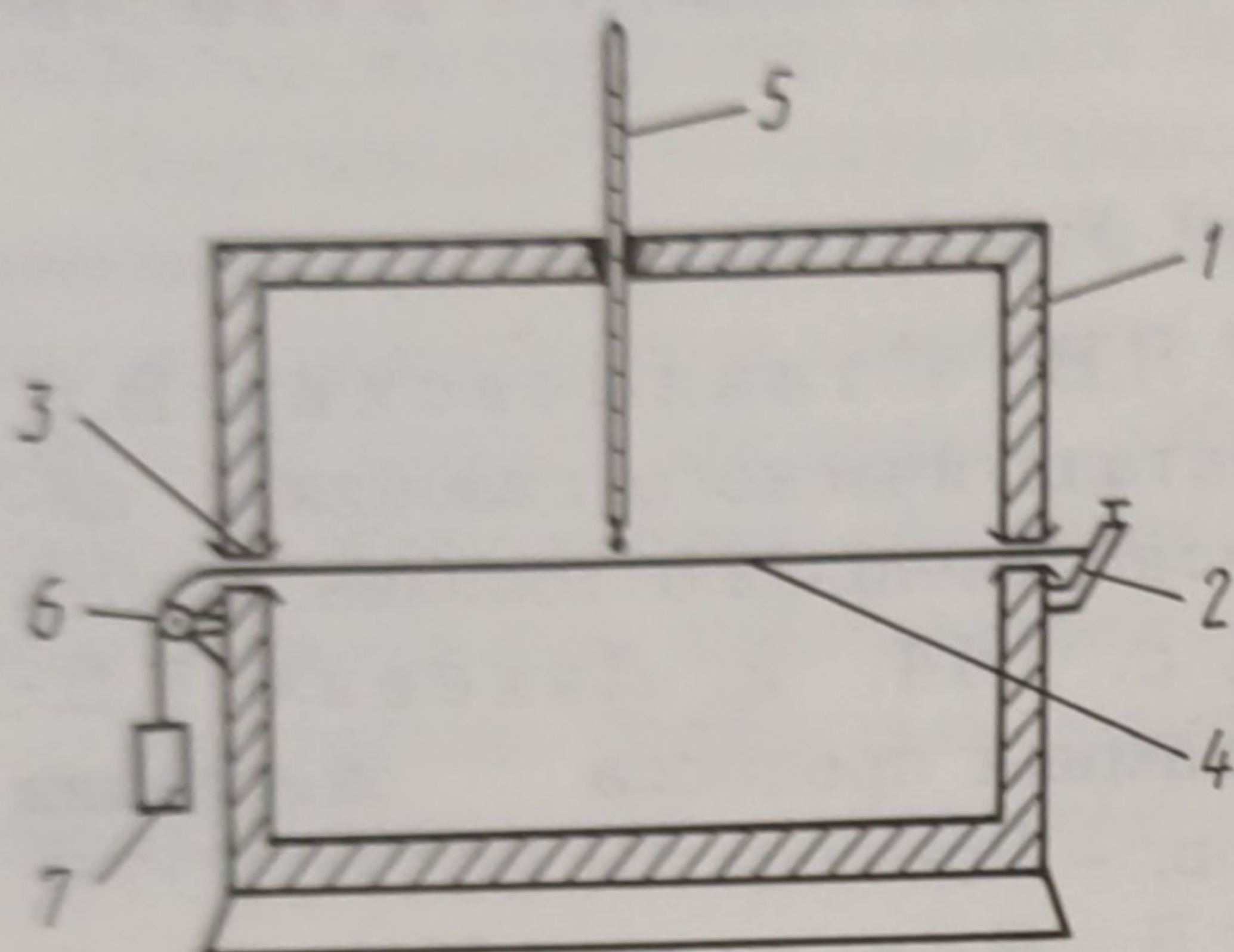


Рис. 1. Схема прибора для определения термической усадки и вытяжки нитей корда: 1 – термостат; 2 – кронштейн с зажимом; 3 – медная трубка; 4 – кордная нить; 5 – контактный термометр; 6 – блок; 7 – груз.

Поведение одиночных нитей корда изучали на лабораторном приборе, конструкция которого разработана А.Д.Слукиным. Схема прибора показана на рис. 1. Прибор состоит из термостата с пределом температуры до 300°C . В правой и левой стенках термостата просверлены отверстия диаметром 6 мм, и в них вмонтированы медные трубки с развальцованными концами. Трубки служат для протягивания нитей корда через термостат. На правой стенке у отверстия закреплён кронштейн с блоком и зажимом для удержания нити. На левой стенке у отверстия укреплен кронштейн с блоком. Поддержание постоянной температуры в термостате осуществляется контактным термометром, напряжение на нагревательные элементы регулируется лабораторным трансформатором.

Эксперимент проводили следующим образом. Для каждого опыта брали не менее 5 нитей длиной 1200 ± 5 мм. Для протягивания нити корда через отверстия и термостат пропускали тонкую медную проволоку, концы которой выходили наружу из отверстий на левой и правой стенках. Шкаф включали для нагревания, и с целью поддержания постоянной температуры в процессе работы дверцу его не открывали. По достижении требуемой температуры нить с заранее отмеренным и отмеченным рабочим участком длиной 250 мм закрепляли одним концом в зажиме на правой стенке, а вторым – прикрепляли к проволоке, протягивали через термостат и перекидывали через блок. В течение одной минуты нить прогревали, а затем к концу ее у левой стенки подвешивали требуемый груз и выдерживали нить под

нагрузкой в течение заданного времени. После этого нить вместе с проволокой извлекали из термостата через отверстие в задней стенке, освобождали из зажима и измеряли длину рабочего участка. Изменение длины нити рассчитывали по формуле

$$\epsilon = \frac{l_0 - l}{l_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где l_0 - начальная длина рабочего участка, мм; l - длина рабочего участка после термообработки, мм; ϵ - изменение длины, %.

На разрывной машине РТ-250 М-2 определяли механические показатели термообработанных нитей.

В работе [1] приведены данные об усадке нитей капронового корда в интервале от 80 до 160 °С. Однако не учтено действие нагрузок на нити, которые они испытывают при технологической обработке, и время действия температуры и нагрузки.

Нами изучено влияние температуры от 120 до 160 °С, нагрузки от 0,2 до 2,0 кгс/нить и времени их действия от 1 до 10 мин.

На рис. 2 представлена зависимость изменений длины нитей корда от температуры при времени действия 1 мин для нагру-

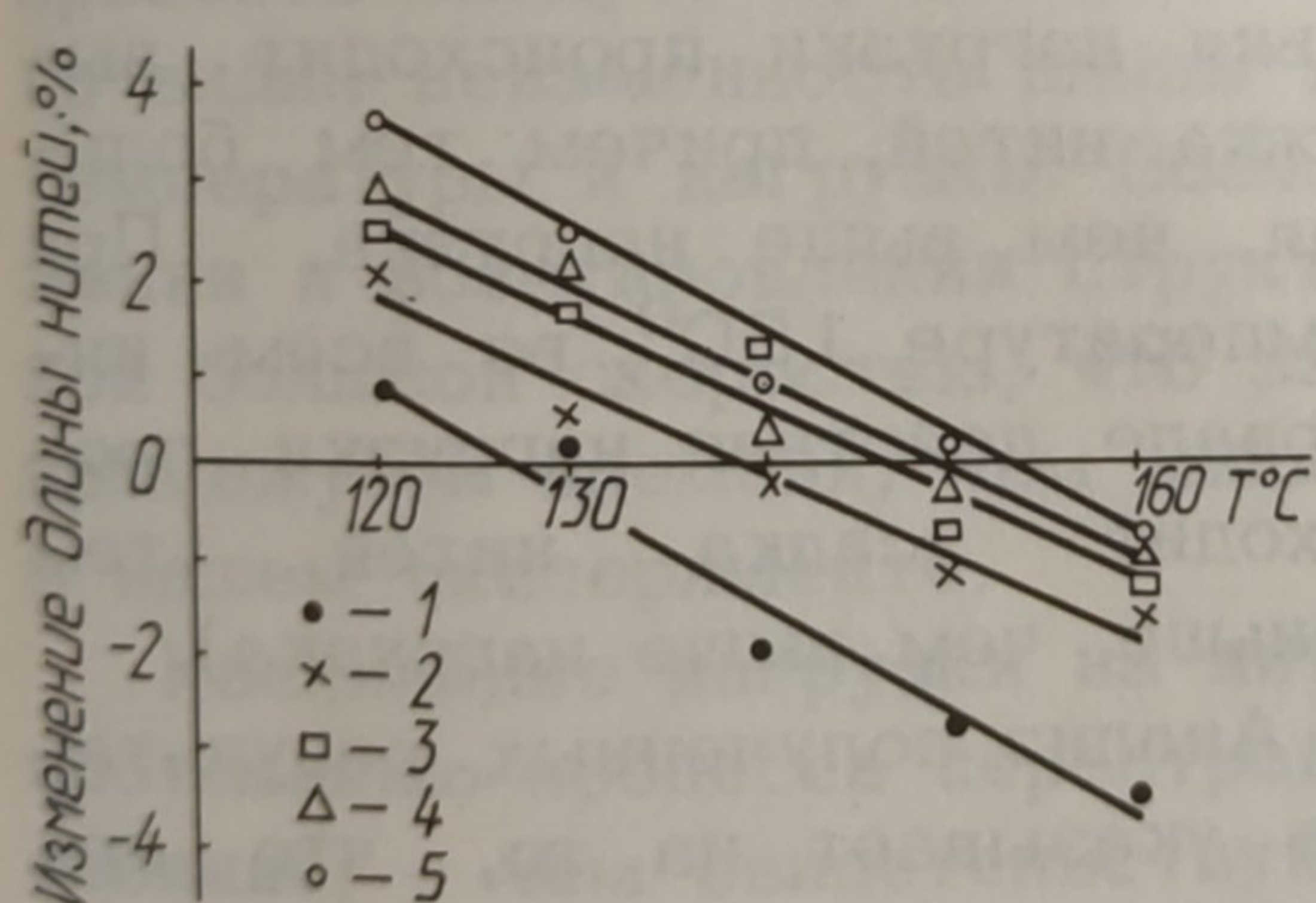


Рис. 2. Влияние температуры на изменение длины нитей. Время испытания 1 мин. Нагрузка на нить: 1 - 0,2 кгс/нить; 2 - 0,5; 3 - 1,0; 4 - 1,5; 5 - 2,0 кгс/нить.

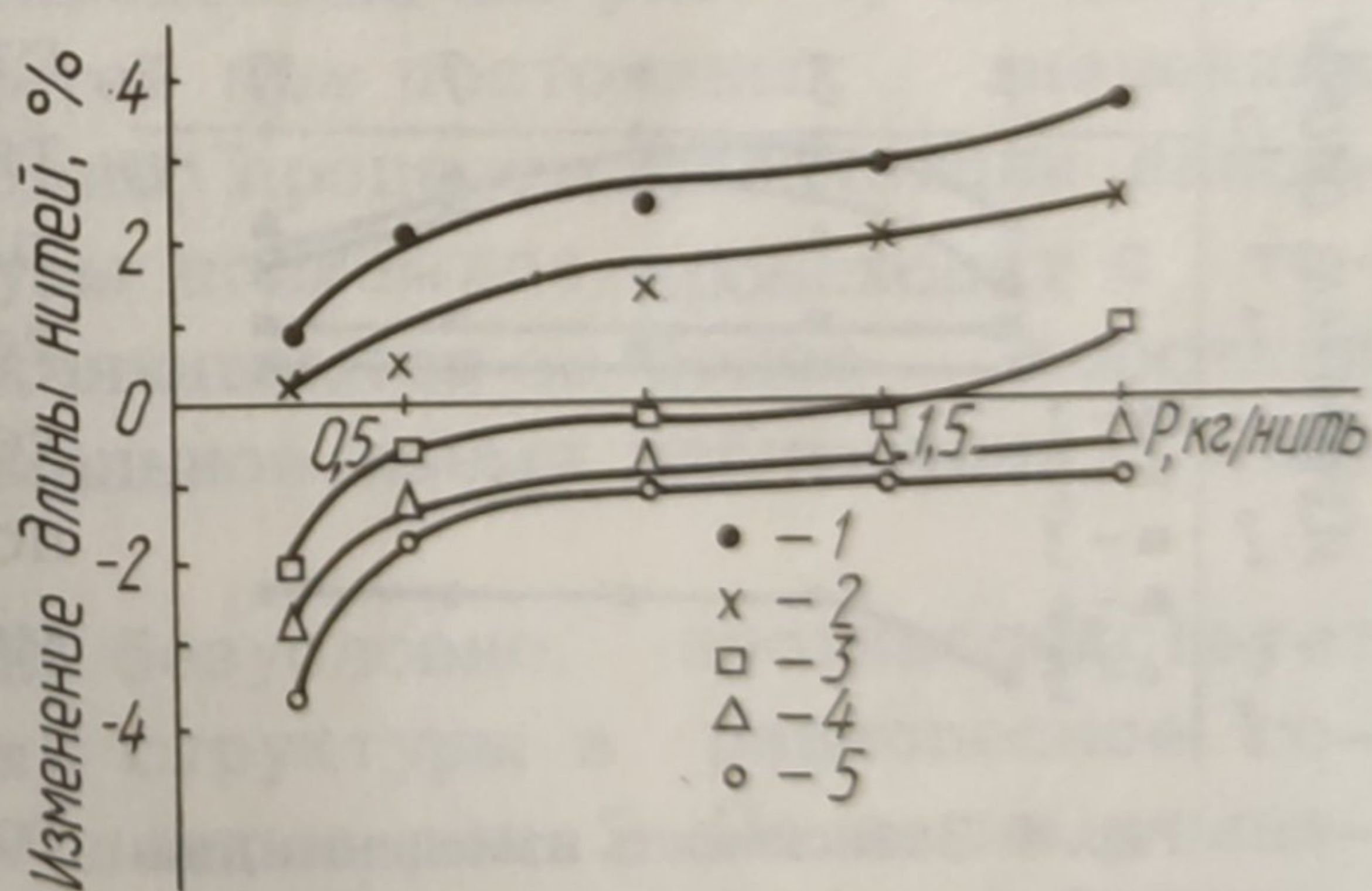


Рис. 3. Влияние нагрузки на изменение длины нитей. Время испытания 1 мин. Температура испытания: 1 - 120 °С; 2 - 130; 3 - 140; 4 - 150; 5 - 160 °С.

зок от 0,2 до 2,0 кгс/нить. Из рисунка видно, что при температуре 120 °С и нагрузке от 0,2 до 2,0 кгс/нить происходит вытяжка нитей корда. Так, при нагрузке 0,2 кгс/нить вытяжка составляет около 1%. С увеличением нагрузки она возрастает, и при 2,0 кгс/нить достигает 3,5%. Вытяжка нитей корда при увеличении времени действия температуры и нагрузки до 10 мин уменьшается незначительно, но закономерность остается аналогичной. Повышение температуры нитей при всех изученных на-

грузках вызывает увеличение усадки. Так, при 160°C и нагрузке $0,2$ кГс/нить усадка достигает 4% , а при нагрузке $2,0$ кГс/нить - 1% . Увеличение времени действия температуры и нагрузки вызывает лишь незначительное снижение усадки нитей.

На рис. 3 показано влияние нагрузки на изменение длины нитей при температуре от 120 до 160° и времени их действия 1 мин. Из приведенных данных следует, что при температурах 120 и 130° и нагрузках от $0,2$ до $2,0$ кГс/нить нити растягиваются; причем с увеличением нагрузки удлинения нитей возрастают. При температурах 150 и 160° и изученных нагрузках происходит уменьшение длины нитей по сравнению с исходной, т. е. нити усаживаются. При 140° и нагрузках $0,2-1,5$ кГс/нить происходит усадка нитей, а при нагрузке $2,0$ - они вытягиваются.

На рис. 4 приведено влияние времени действия температуры 120 и 150° и нагрузки от $0,2$ до $2,0$ кГс/нить на изменение

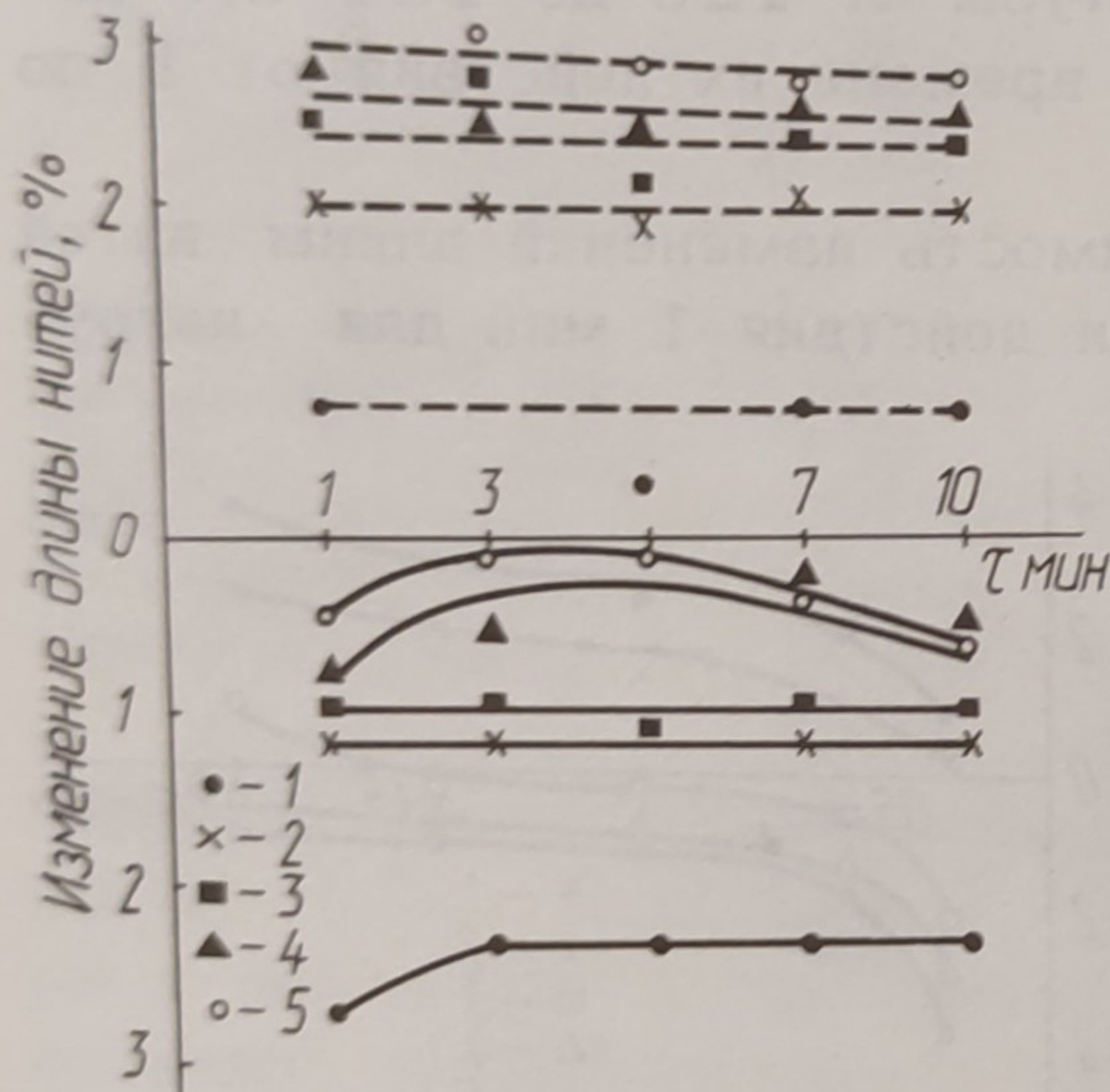


Рис. 4. Зависимость изменения длины нитей от времени испытания. Температура испытания 150°C (-), 120°C (- - -). Нагрузка на нить: 1 - $0,2$ кГс/нить; 2 - $0,5$; 3 - $1,0$; 4 - $1,5$; 5 - $2,0$ кГс/нить.

длины нитей корда. Из рисунка следует, что фактор времени не влияет на изменение длины нитей. При температуре 120° во всем изученном интервале действия нагрузки происходит вытяжка нитей, причем тем большая, чем выше нагрузка. При температуре 150° во всем интервале действия нагрузки происходит усадка нитей (тем меньше, чем выше нагрузка).

Анализ полученных результатов указывает на то, что при проведении технологического процесса изготовления покрышек корд 23КТ претерпевает существенные изменения по длине. Эти

изменения, по нашему мнению, обуславливаются релаксационными явлениями в полиамиде, сопровождающимися переходом полимера из неравновесного состояния в равновесное. Мы полагаем, что при изготовлении кордных нитей, особенно при вытяжке волокон, происходит существенная перестройка структуры полиамида, в результате которой в полимере фиксируется напряженное неравновесное состояние. В соответствии с развиваемыми нами представлениями о структуре полимеров [2, 3] неравновесное состояние вызывается сдвигом части надсегментальных структур

(НСС) относительно друг друга по поверхностям контакта и распрямлениям свободных участков цепей. НСС и свободные участки цепей при быстром охлаждении фиксируются в новом неравновесном положении, так как температура волокон оказывается ниже, чем температура плавления и стеклования полиамида.

Энергия взаимодействия между НСС зависит от типа упаковки на границе их контакта, которая может быть аморфной, мезоморфной и кристаллической, а также величины поверхности контакта.

При повышении температуры волокон происходят увеличение кинетической энергии теплового движения свободных участков цепей и ослабление части связей между поверхностями контактов НСС.

В результате этого в структуре полиамида происходит релаксация напряжения и НСС занимают более равновесные ненапряженные положения. Релаксационные изменения в полиамиде сопровождаются усадкой волокон по длине, которая протекает с большой скоростью. Чем выше температура полиамида, тем большее число связей нарушится на поверхностях контакта и тем выше кинетическая энергия движения свободных участков цепей.

Заключение о высокой скорости протекания релаксационного процесса следует из данных, приведенных на рис. 4, из которого видна неизменность длины нитей при постоянных значениях температуры и нагрузки. Возможно, процессы релаксации напряжения и восстановления структуры полиамида происходят с такой большой скоростью, что заканчиваются за более короткий промежуток времени, чем минимальное время наблюдения (1 мин) в нашем эксперименте.

Увеличение нагрузки на нить, безусловно, противодействует протеканию процесса перестройки структуры в равновесное состояние, о чем свидетельствуют данные рис. 2. По нашему мнению, при температуре 120°C происходит ослабление взаимодействия только между немногими поверхностями контакта НСС, обладающими наименьшей энергией. Одновременно при этой температуре свободные участки цепей приобретают лишь небольшую кинетическую энергию теплового движения. Вследствие превышения внешнего усилия над кинетической энергией теплового движения свободных участков цепей происходит вытягивание структуры полиамида и как следствие — удлинение волокон и нитей.

Точки пересечения прямых постоянной нагрузки (см. рис. 2) с осью абсцисс дают значения температуры, при которой внешняя нагрузка равна внутренним напряжениям, сокращающим полиамид. При температуре 160° кинетическая энергия теплового

движения свободных участков цепей выше, чем величина внешней нагрузки, и поэтому при такой температуре полиамид сокращается.

Л и т е р а т у р а

1. Структурно-механические свойства корда как конструкционного элемента шин: Сб. научн. тр. под ред. В.Ф.Евстратова. - М., 1976.
2. Слукин А.Д. Исследование структуры и прочностных свойств блок-сополимеров бутадиена (изопрена) и стирола. - Автореф. дис. ... докт. хим. наук. - М., 1973.
3. Слукин А.Д. О строении полимеров и температурных переходах в них. - Высокомолекулярные соединения, 1974, 16Б, № 6, с. 403.