

В.М. Новиков, канд. техн. наук,
 П.П. Строкач, канд. техн. наук,
 Э.К. Зинович, канд. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИМЕРОВ В СИЛЬНО РАЗБАВЛЕННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

За последние годы появился ряд работ [1--4] по уменьшению гидравлических сопротивлений трубопроводов путем добавок к жидкостям высокополимерных соединений (полиакриламида, гуаровой смолы, полиокса, карбоксиметилцеллюлозы и др.). Использование предлагаемого способа повышения производительности систем водоснабжения и тепловых сетей становится возможным при условии решения вопроса уменьшения деструкции полимеров, находящихся в транспортируемой жидкости.

Ранее авторами [5] были подобраны оптимальные концентрации полимеров в водных растворах, дающие максимальный эффект снижения гидравлических сопротивлений.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния на процесс деструкции сильно разбавленных растворов полимеров различных местных сопротивлений, температурного воздействия и времени их циркуляции в трубопроводах, создаваемой насосами. Изучались перспективные полимеры, которые могут быть использованы как гидродинамические присадки.

Оценка процесса деструкции производилась косвенным методом по величине относительного снижения сопротивления трения:

$$\epsilon = \frac{\lambda_{\text{в}} - \lambda_{\text{р}}}{\lambda_{\text{в}}} \cdot 100, \%$$

где ϵ -- относительное снижение сопротивления трения, %; $\lambda_{\text{в}}$ -- безразмерный коэффициент сопротивления трения трубопровода при движении в нем воды; $\lambda_{\text{р}}$ -- безразмерный коэффициент сопротивления трения трубопровода при движении в нем раствора полимера.

Исследования в течение суток проводились непрерывно по 10 ч на экспериментальной установке (рис. 1), в которой температура раствора полимеров поддерживалась в пределах 92 -- 98°С. Максимальная скорость теплоносителя -- 2 м/с.

Процесс деструкции полимеров изучался ускоренным методом в течение 100 ч.

Замеры удельного сопротивления трения на участке трубопровода $A_1 - A_2$ (см. рис. 1) при транспорте в нем растворов полимеров, подверженных деструкции, осуществлялись через 10, 20, 40, 60, 80, 100 ч.

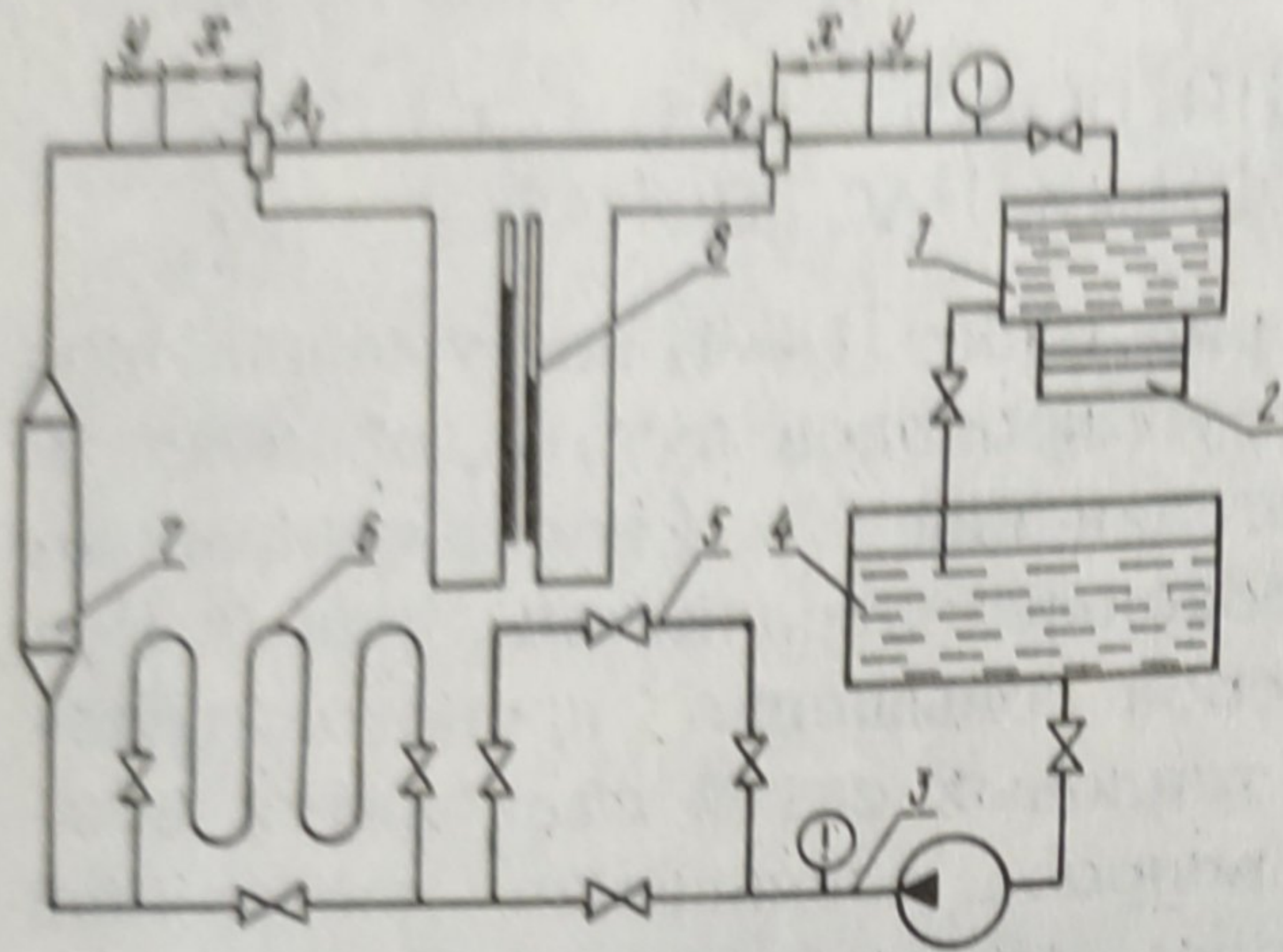


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 — мэрный бак; 2 — весы; 3 — электродвигатель; 4 — основная магистраль; 5 — участок последовательно соединенных вентилей; 6 — участок последовательно соединенных U-образных отводов; 7 — гидравлический стабилизатор; 8 — пьезометр; X — стабилизирующий участок; Y — переход от одного диаметра к другому; $A_1 - A_2$ — участок линейных гидравлических сопротивлений.

Величины относительного снижения сопротивления трения трубопровода при транспорте в нем разбавленных растворов полимеров оптимальной концентрации по кольцу (3, 4, 5, 6, 7, Y, X, $A_1 - A_2$, X, Y, 1, 2, 3) представлены на рис. 2.

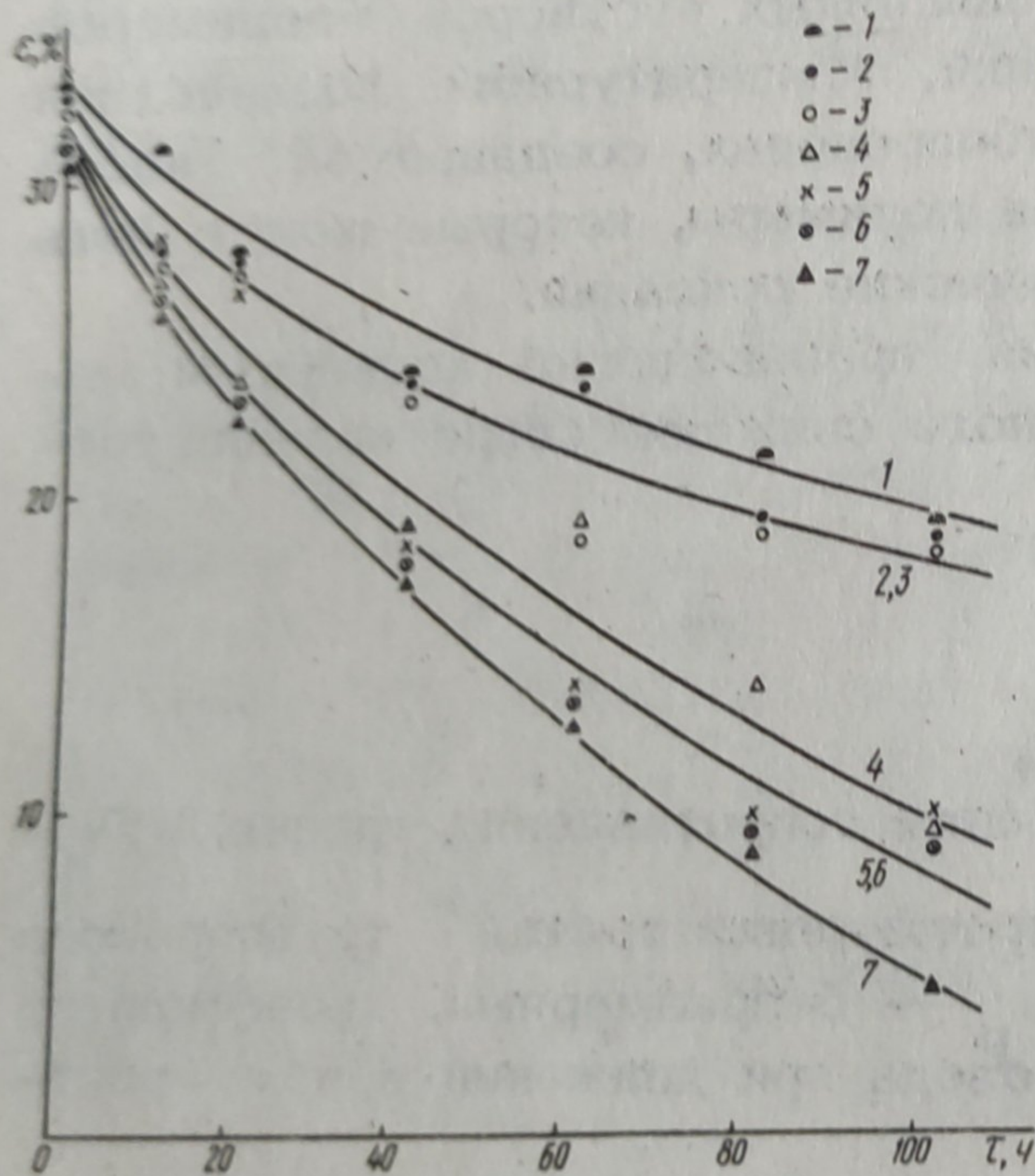
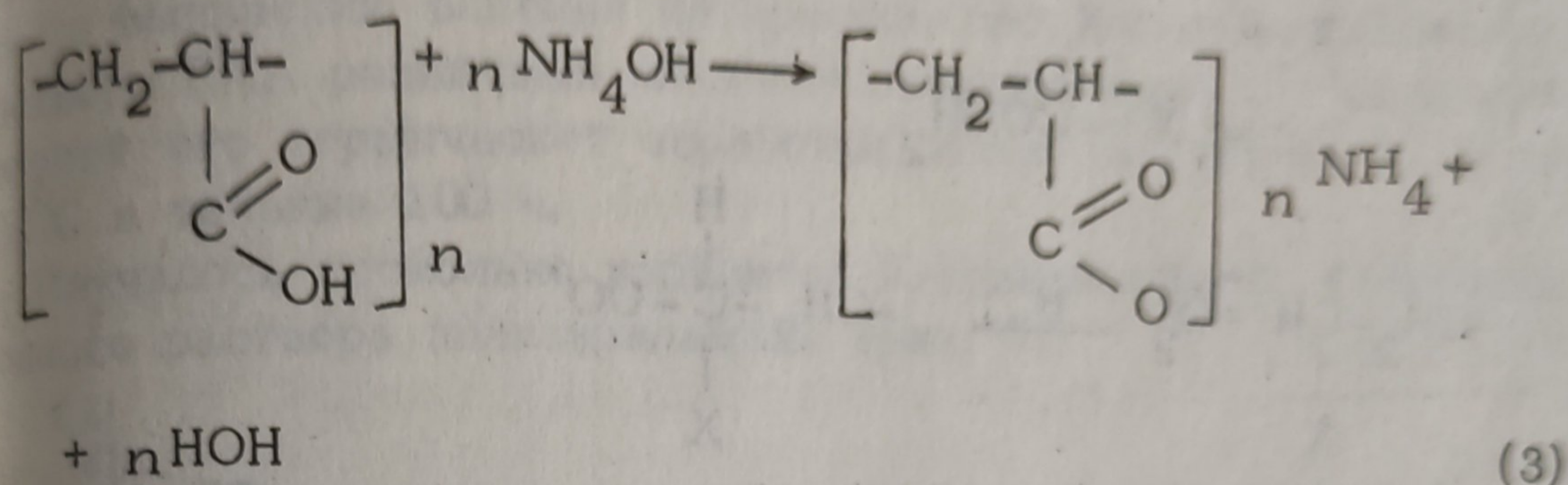
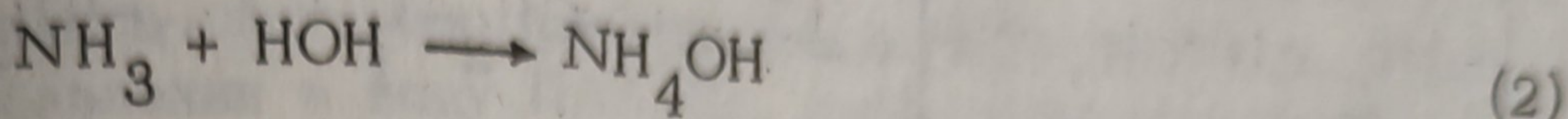
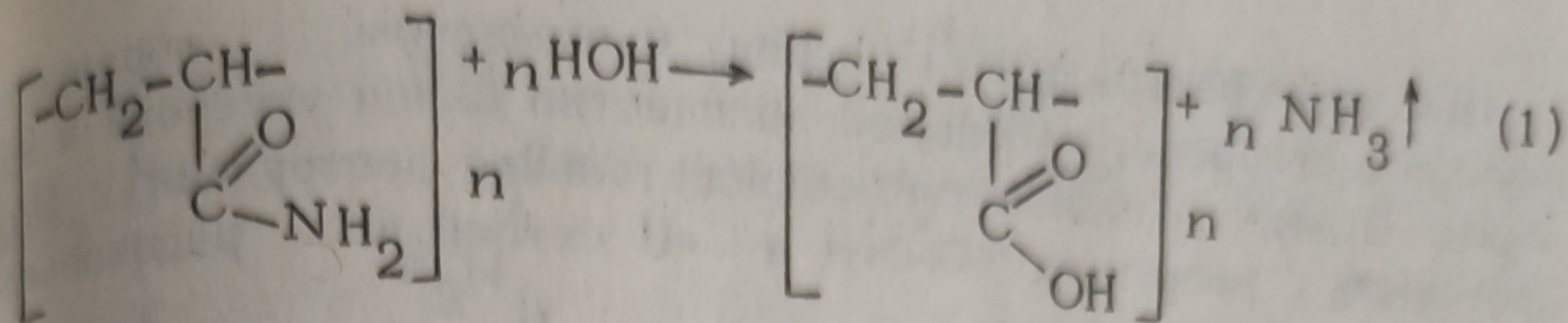


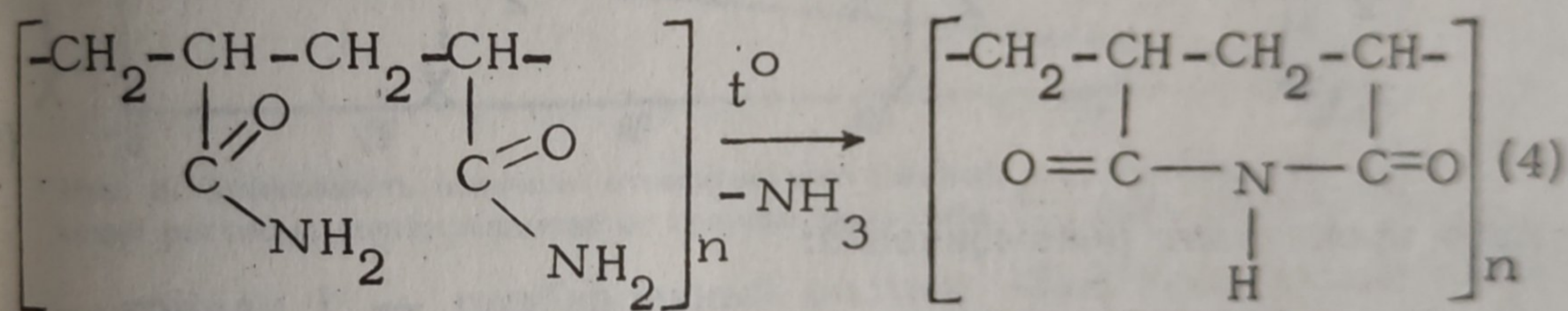
Рис. 2. Зависимость величины относительного снижения сопротивления разбавленных растворов полимеров от времени циркуляции (при $Re = 3 \cdot 10^5$); s для: 1 — полиакриламида 0,04%; 2 — гуаровой смолы 0,02; 3 — полиоксида 0,015; 4 — карбоксиметилцеллюлозы 0,65; 5 — поливинилацетата 0,7; 6 — поливинилового спирта 0,73; 7 — поливинилпирролидона 0,78%.

Установлено, что разбавленный раствор полиакриламида более устойчив по сравнению с другими полимерами к совместному действию термической и механической деструкции.

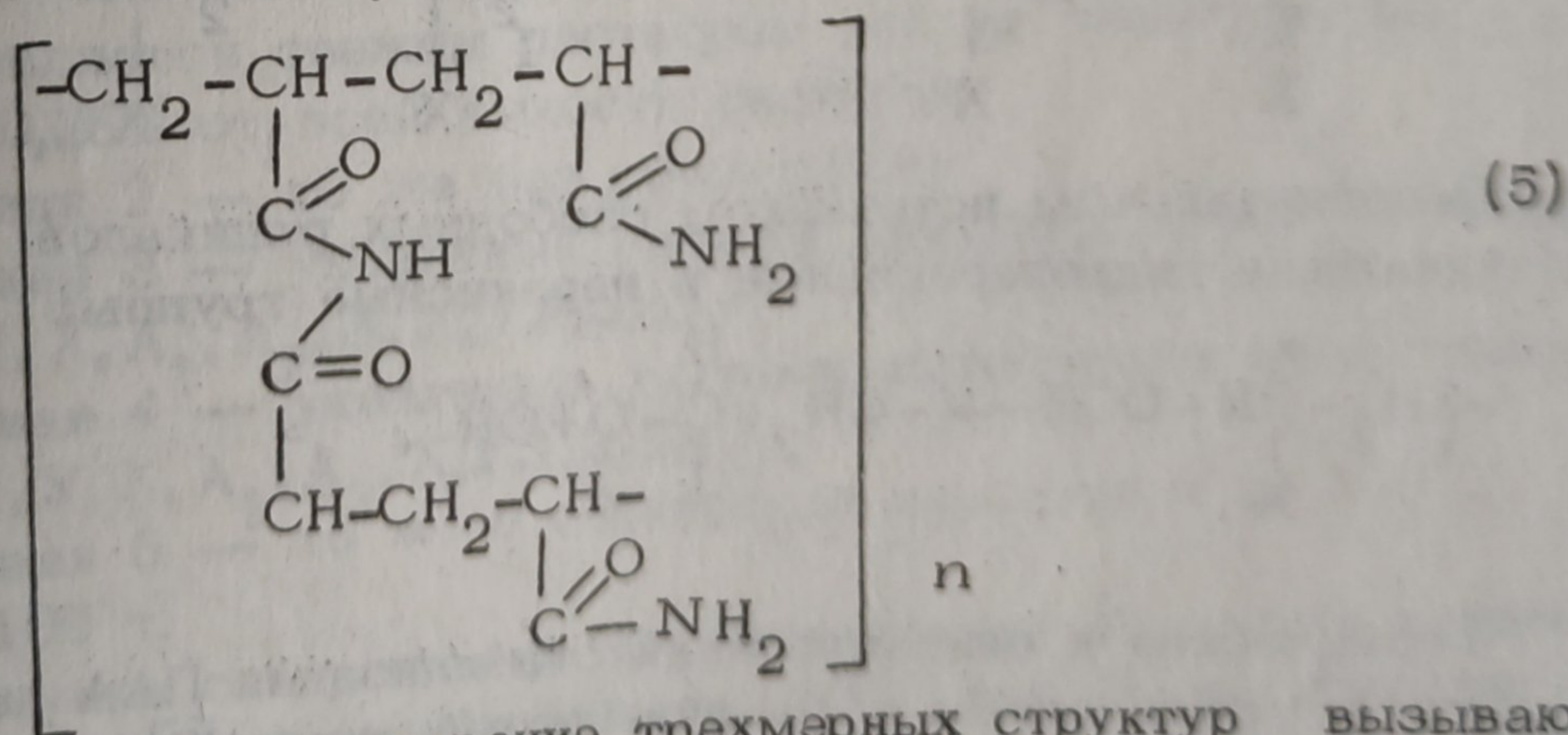
При температуре воды до $100^\circ C$ полиакриламид (ПАА) частично гидролизуеться до аммониевой соли полиакриловой кислоты:



При повышении температуры воды происходит сшивание ПАА вследствие подвижного α -водородного атома

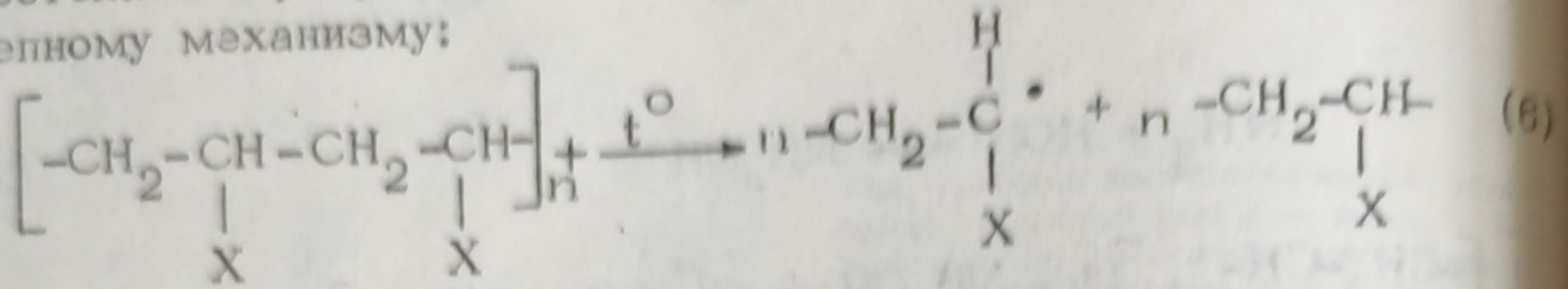


или за счет межмолекулярной имидизации

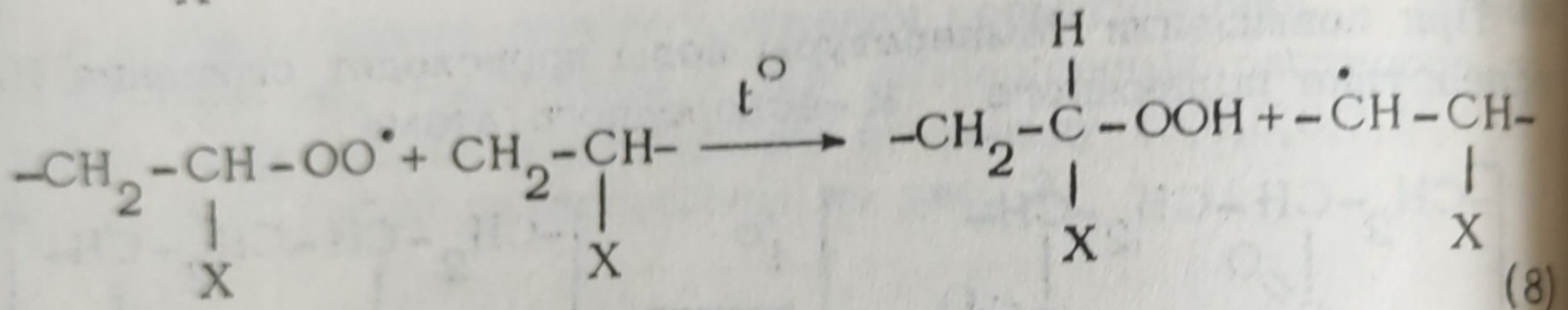
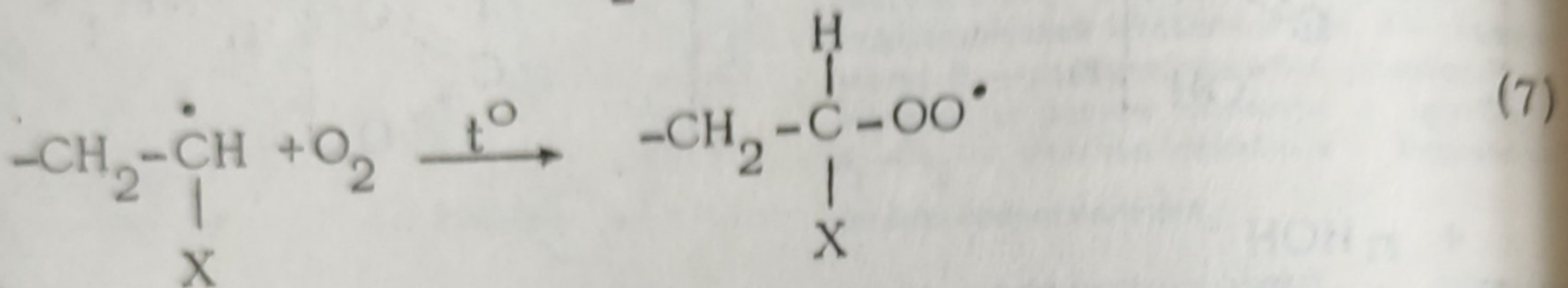


Имидизация и образование трехмерных структур вызывают сильное окрашивание раствора (раствор ПАА в результате длительной эксплуатации чернеет). При температуре 170°C взаимодействие амидных групп протекает со значительной скоростью. Выделяется аммиак, и трехмерная структура полимера теряет растворимость. Энергия активации этой реакции составляет 10-15 ккал/моль.

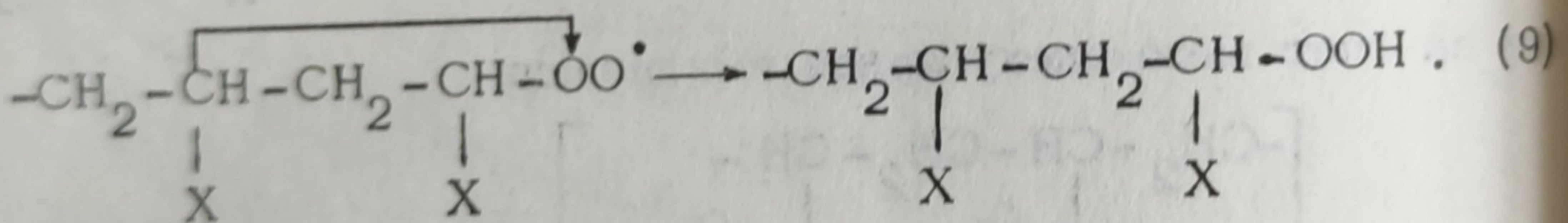
При температуре $\geq 300^{\circ}\text{C}$ наряду с аммиаком образуется двуокись углерода, небольшое количество окиси углерода и водород. В этих условиях термоокислительная деструкция ПАА протекает с разрывом CO-NH и C-H связей по радикальному механизму:



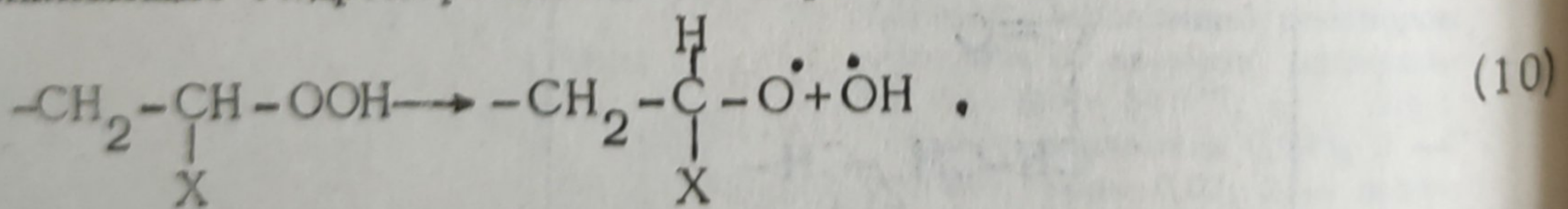
где $\text{X} = -\text{CONH}_2$



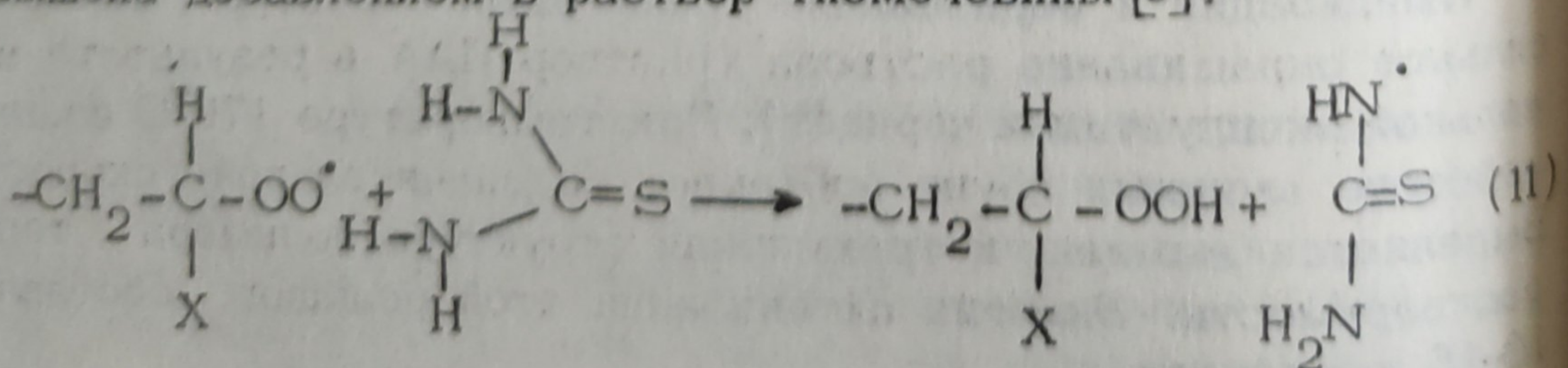
либо происходит рекомбинация:

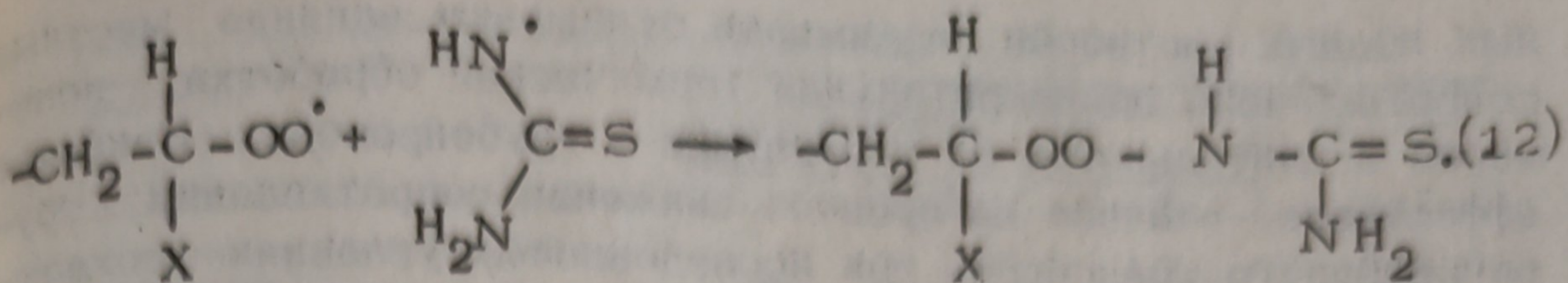


Дополнительным источником свободных радикалов служат возникающие гидроперекисные и перекисные группы:



Термическая и окислительная стабилизация ПАА может быть повышена добавлением в раствор тиомочевины [6]:





Поскольку максимальный эффект снижения гидравлического сопротивления в системах трубопроводного транспорта достигнут при добавлении в воду ПАА [5], нами проведены исследования по выявлению влияния на процесс деструкции разбавленного раствора ПАА различных местных сопротивлений и предварительной его термической обработки путем нагревания до 150°C в течение 100 ч.

Изучалось несколько вариантов предварительной обработки водного раствора полиакриламида (рис. 3):

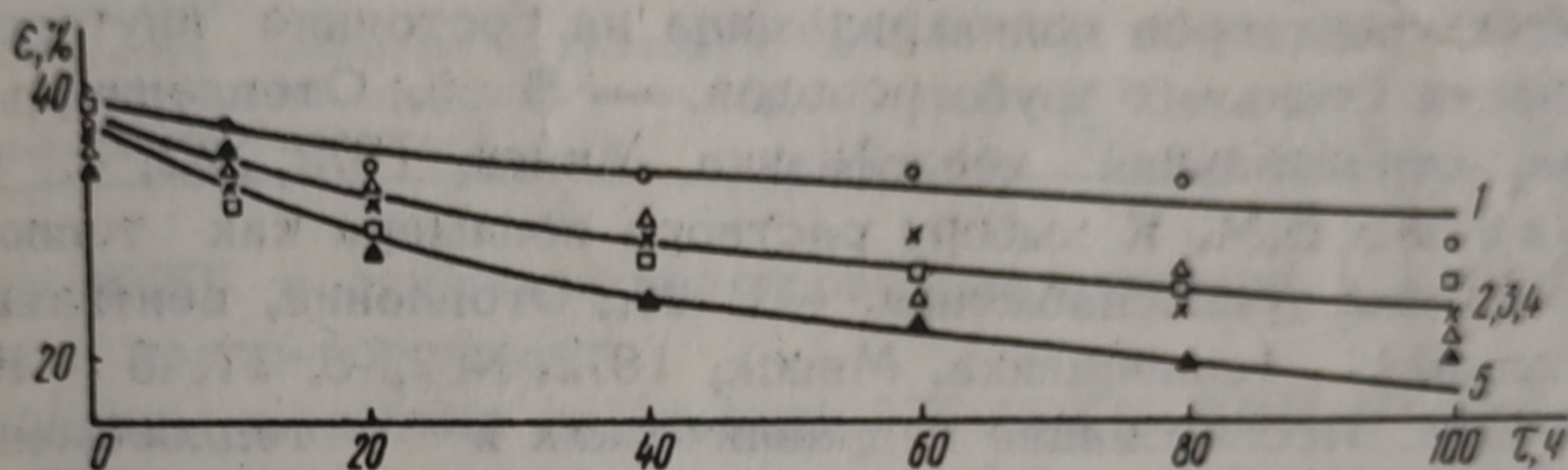


Рис. 3. Зависимость величины относительного снижения сопротивления при течении раствора полиакриламида от времени циркуляции ($C = 0,04\%$ и $Re = 3 \cdot 10^5$).

-- кривая 1 -- разбавленный раствор ПАА концентрации $C = 0,04\%$ циркулирует по кольцу (3,4,5,6,7,У,Х,А₁,А₂,ХУ,1,2,3) и обновляется свежим раствором той же концентрации в количестве 0,25% от всей емкости системы;

-- кривая 2 -- то же без обновления;

-- кривая 3 -- указанный раствор циркулирует по кольцу (3,4,6,7,У,Х,А₁,А₂,ХУ,1,2,3);

-- кривая 4 -- указанный раствор циркулирует по кольцу (3,4,5,6,7,У,Х,А₁,А₂,ХУ,1,2,3);

-- кривая 5 -- то же с обработкой перегревом до 150°C в течение 100 ч.

Из рисунка следует, что предварительная обработка раствора полиакриламида перегревом до 150°C (кр. 5) не приводит к заметной деструкции полимера и эффект снижения гидравлического сопротивления уменьшается на 5÷6%.

Выводы

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показывают, что на процесс деструкции сильно разбавлен-

ных водных растворов полимеров оказывают влияние местные сопротивления, предварительная термическая обработка полимеров и длительность их циркуляции в трубопроводах. Наиболее эффективное влияние на процесс снижения сопротивления трубопроводного транспорта при исследованных условиях оказывает разбавленный раствор ПАА.

Л и т е р а т у р а

1. Новиков В.М. Раствор полиакриламида — эффективный теплоноситель. — "Промышленность Белоруссии", 1971, № 10, с. 10.
2. Новиков В.М. Использование раствора полимеров в качестве теплоносителя в системах теплоснабжения и отопления. — "Изв. вузов. Строительство и архитектура", 1972, № 4, с. 25.
3. Новиков В.М. Исследование влияния разбавленных растворов полиакриламида на состояние внутренней поверхности стальных трубопроводов. — В сб.: Отопление, вентиляция, строительная теплофизика. Минск, 1972, № 2, с. 55.
4. Новиков В.М. К выбору раствора полимера как теплоносителя систем теплоснабжения. — В сб.: Отопление, вентиляция, строительная теплофизика. Минск, 1972, № 2, с. 17.
5. Новиков В.М. Исследование гидравлических и теплообменных процессов в системах теплоснабжения с неньютоновской жидкостью. Автореф. канд. дис. Минск, 1973.
6. Патент США № 3235523. Кл. С 08. Оп. 25.X.1956.