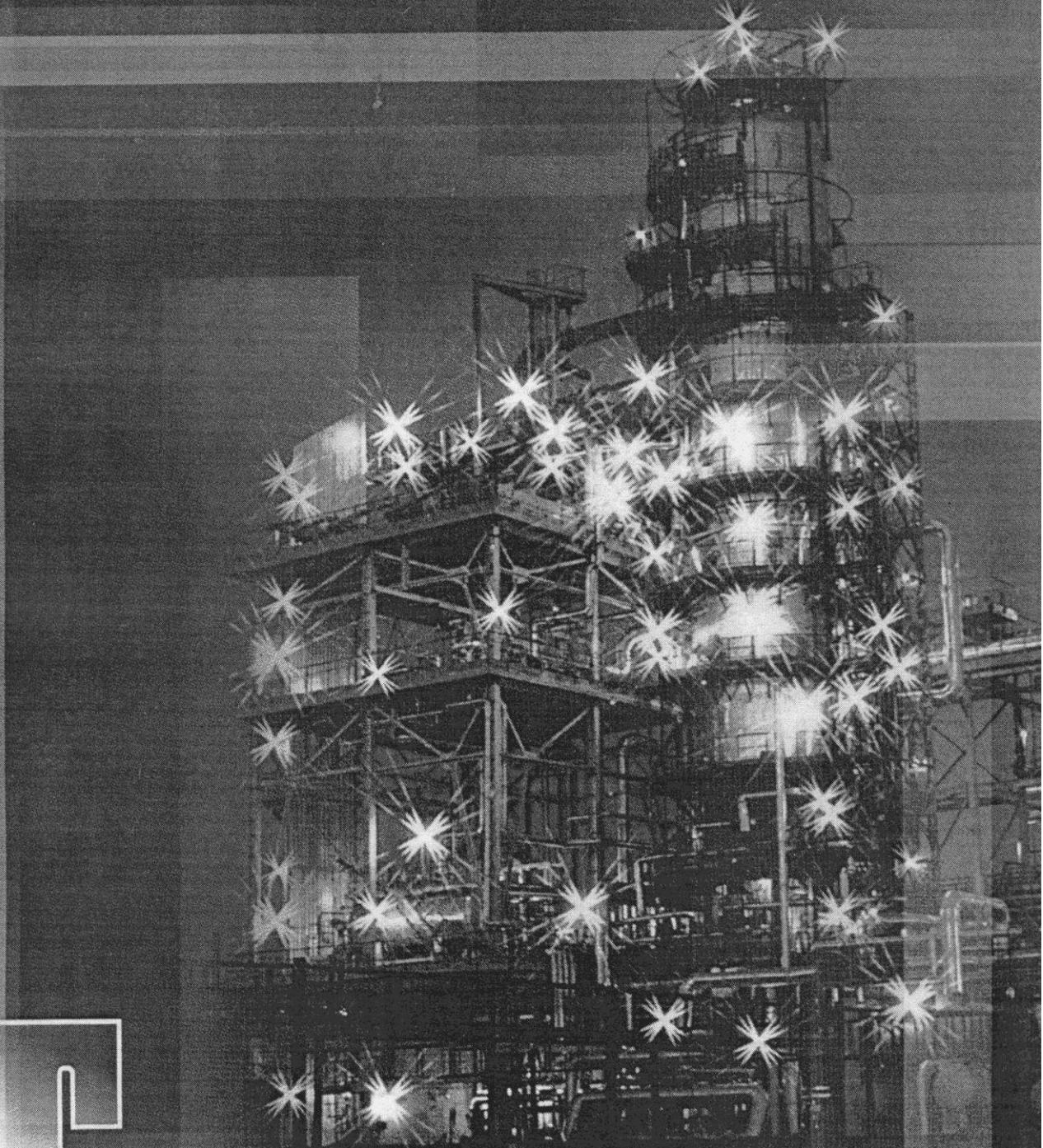


# **ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-ПЕДАГОГОВ**



Министерство образования Республики Беларусь  
Мозырский государственный педагогический университет  
Инженерно-педагогический факультет

Управление образования Гомельского облисполкома

Международная академия технического образования

Российская академия образования  
Отделение профессионального образования

# Теория и практика подготовки инженеров – педагогов

*Сборник научных трудов*

Выпуск 2

Мозырь – Минск – Москва  
Технопринт, 2002

УДК 378.637.096:62(082)

ББК 74.58

Т 33

*Рекомендовано редакционно-издательским советом  
Мозырского государственного педагогического университета*

**Рецензенты:** *Л.С. Шабека, доктор педагогических наук, профессор (Минск)  
А.Ф. Присевок, доктор технических наук, профессор (Минск)  
В.А. Поляков, доктор педагогических наук, профессор, академик РАО  
(Москва)  
Е.Э. Коваленко, доктор педагогических наук, профессор (Харьков)*

**Редакционная коллегия:** Л.Н. Бакланенко, В.А. Васюта, А.И. Гридушко, Н.Н. Егоров, М.И. Зубрицкий, Е.Г. Клименко, В.Р. Мамчиц, Б.В. Пальчевский, В.П. Редькин, П.И. Савенок, Е.И. Сафанков, Г.В. Серкутьев, С.Н. Щур

Т 33 **Теория и практика подготовки инженеров-педагогов: Сб. науч. тр.: Вып. 2 / Под ред. Б.В. Пальчевского / Мозырский гос. пед. ун-т. – Минск: УП “Технопринт”, 2002. – 254 с.: ил.**

ISBN 985-464-323-9

В данном выпуске сборника научных трудов представлен инновационный спектр многопозиционного видения управлеченческих, содержательных, теоретических, технологических и методических аспектов процесса подготовки будущих инженеров-педагогов. Достаточно широкая рамка и степень свободы публикуемых материалов говорит о необходимости разворачиваемого крупномасштабного международного исследования проблем инженерно-педагогического образования, с учетом имеющих место наработок в Беларуси, России, Украине.

Предназначен для управленцев, ученых, экспертов, проектировщиков, профессорско-преподавательского состава, методистов и студентов, в той или иной степени имеющих отношение к подготовке инженеров-педагогов для системы образования, промышленных предприятий, социальной сферы народного хозяйства.

УДК 378.637.096:62(082)  
ББК 74.58

ISBN 985-464-323-9

© Мозырский государственный  
педагогический университет, 2002  
© Технопринт, 2002

Методическая работа в ПТУЗе: обсуждение результатов анкетирования (Суткаленко С.Н.) .....	127
<b>IV-2. Инженерная компонента .....</b>	<b>132</b>
Методологические проблемы и пути развития инженерного образования (Анисимов О.С.) .....	132
Исследование закономерностей контактного взаимодействия сопряженных поверхностей при использовании регенерированных смазочных материалов (Бакланенко Л.Н.) .....	141
Частотный анализ системы “Станок – приспособление – инструмент – деталь” (Гордеев А.С.) .....	153
Радиационное материаловедение полимерных композитов (Смирнов В.В., Селькин В.П., Станкевич В.М., Макаренко А.М., Кураш А.В.) .....	157
Новая нормативная документация строительной индустрии Республики Беларусь (Кудрявцев И.А.) .....	164
<b>IV-3. Общенаучная компонента .....</b>	<b>167</b>
Закономерности физических явлений как фундаментальные основания общетехнической подготовки инженеров-педагогов (Редькин В.П.) .....	167
Профессиональная направленность математической подготовки будущего инженера-педагога (Клименко Е.Г.) .....	172
Принцип фундаментализации профессионального образования (Новиков А.М.) .....	176
<b>V. Технологии подготовки инженеров-педагогов .....</b>	<b>183</b>
Мультимедийная технология в структуре подготовки инженера-педагога (Сафанков Е.И., Гридюшко А.И.) .....	183
Технологические аспекты процесса внедрения модульного обучения (Мамчиц В.Р.) .....	189
Групповое обучение как средство формирования когнитивных умений будущих инженеров-педагогов (Плевко А.А.) .....	201
<b>VI. Профориентация и отбор на профессию инженера-педагога .....</b>	<b>209</b>
Система профессионального образования Могилевской области как потенциальный заказчик инженеров-педагогов (Смотрящий Л.С.) .....	209
Рынок и профессионализм: проблемы кадрового обеспечения профессионального образования Гомельской области (Кулик В.И., Яковенко Н.В.) .....	215
<b>VII. Студенческие странички .....</b>	<b>219</b>
Дипломный проект. Технологический процесс механической обработки детали “Вал” и разработка лабораторной работы по курсу “Технология конструкционных материалов” (Хоменко В.В.) .....	219
<b>VIII. Эссе студентов .....</b>	<b>229</b>
ЭССЕ выпускников ИПФ Мозырского государственного педагогического университета по результатам защиты дипломных проектов .....	229
<b>IX. Защищенные диссертационные исследования на ИПФ МозГПУ .....</b>	<b>231</b>
Мультимедийный учебный курс как средство профессиональной подготовки специалистов (на примере общепрофессиональной дисциплины “Строительные грузоподъемные машины и механизмы”) (Гридюшко А.И.) .....	231

## РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

В Республике Беларусь радиационные технологии применительно к процессам получения и модифицирования полимерных материалов, а также исследования и разработки в области радиационного материаловедения полимерных композитов осуществляются в ряде научных центров и на некоторых промышленных предприятиях.

В Институте физико-химических проблем Белгосуниверситета (г. Минск), Институте радиационных физико-химических проблем НАНБ (пос. Сосны), Институте механики металлокомпозитных систем НАНБ (г. Гомель) изучают различные аспекты поведения полимерных материалов и изделий из них в поле ионизирующих излучений. При этом оценивается эффект воздействия радиационных излучений как на комплекс технологических, так и на совокупность эксплуатационных характеристик различных полимерных материалов, представляющих собой порошки, аэрозоли, пленки, блоки и т.п. В качестве источника излучений используется, в основном, изотоп  $\text{Co}^{60}$  (гамма-установки типа УГУ-200, 420, РХМ-γ-20 и др.).

В промышленных масштабах радиационные технологии находят применение в г. Мозыре (Гомельская область) в процессах радиационного модифицирования полимерной изоляции кабельных изделий с помощью электронных ускорителей. Здесь же на протяжении ряда лет в системе твердотельной технологической дозиметрии эффективно используется созданный в Беларусь полимерный пленочный дозиметр.

На РУП "Несвижский завод медицинских препаратов" (Минская область) функционирует мощная радиационная гамма-установка, которая используется для модифицирования полимеров и стерилизации медицинских изделий.

В настоящей работе представлены некоторые результаты научных ис-

следований и практических разработок в области полимерного радиационного материаловедения, выполненных в последнее время в институте механики металлокомпозитных систем НАН Беларусь (г. Гомель).

### Радиационно- модифицированные полимерные композиты

Эффективным направлением современного полимерного материаловедения является создание композитов широкого назначения на основе смесей и сплавов различных по природе полимеров.

Исследованы бинарные полимерные системы, определяемые как смеси полимеров, полученные механическим смешением компонентов в расплаве [1]. Основу исследуемых систем составляет сшивающийся, частично кристаллизующийся полиэтилен высокой плотности, а в качестве модифицирующих добавок использовали кристаллизующийся термопластичный полибутилентерефталат (ПБТ), дивинил-стирольный термоэластопласт ДСТ-30 и этилен-пропиленовый тройной сополимер СКЭПТ-40. Все добавки при воздействии ионизирующих излучений сшиваются.

Зависимости относительного удлинения от дозы облучения для смесей ПЭНД – ДСТ – 30 носят экстремальный характер в области доз 0,05-0,2 МГр. Следует отметить, что исследуемый показатель исходных компонентов при облучении уменьшается. Показано, что с ростом содержания ТЭП максимальные значения увеличиваются и смещаются в область больших доз. Сравнение экстремальных значений относительного удлинения для композиций с соответствующими значениями базовых полимеров показывает значительное превышение над аддитивными показателями исследуемого параметра для композиций. По-видимому, в нашем случае наблю-

**Смирнов В.В.,**  
начальник отдела "Радиационно-модифицированные полимерные композиты" Института механики металлокомпозитных систем при НАН РБ, доктор технических наук  
т. 8-0232-77-46-34  
(Гомель)

**Селькин В.П.,**  
старший научный сотрудник ИММС при НАН РБ  
т. 8-0232-77-46-34  
(Гомель)

**Станкевич В.М.,**  
младший научный сотрудник ИММС при НАН РБ  
т. 8-0232-77-46-34  
(Гомель)

**Макаренко А.В.,**  
ассистент кафедры основ машиностроения и методики преподавания машиностроительных дисциплин УО МозГПУ, аспирант-заочник аспирантуры ИММС при НАН РБ  
т. 8-02351-2-35-24  
(Мозырь)

**Кураш А.В.,**  
ассистент кафедры ОМ и МПМД УО МозГПУ, аспирант-заочник аспирантуры ИММС при НАН РБ  
(Гомель)  
т. 8-02351-2-35-24  
(Мозырь)

дается синергический эффект при совместном влиянии эластичного наполнителя и ионизирующего излучения. Зависимости модуля упругости в сравнении с облученными исходным ПЭНД и композитами на их основе повышаются на 3–4 порядка при дозах 0,2–0,3 МГр. Ударная вязкость в аналогичных системах при концентрациях 20–30 мас. % достигают величины 18 кДж/м<sup>2</sup> [2].

Методом ЭПР с применением парамагнитного зонда исследованы композиции ПЭНД – СКЭПТ – 30. Показано, что показатели разрушающего напряжения от дозы облучения находятся в прямой зависимости от подвижности макромолекул и содержания эластомера в композициях. Относительное удлинение при разрыве в области доз до 0,2 МГр с увеличением содержания СКЭПТ в интервале до 20 мас. % увеличивается более чем в 300 раз.

Особенности получения композиций на основе кристаллизующихся термодинамически несовместимых термопластов заключаются в формировании частично "объединенных" аморфных и кристаллических фаз материала. В процессе совмещения ПЭНД и ПБТ при определенных параметрах (3,2 мас. % и дозе 0,5 МГр) наблюдается значительное увеличение ударной вязкости смесей. Исследуемый показатель в подобных смесях возрастает в сравнении с исходным полиэтиленом на 16 кДж/м<sup>2</sup>. Полученный результат связан с формированием некой общей кристаллической фазы, фрагменты которой совмещаются на надмолекулярном уровне.

Полученные материалы могут применяться в изделиях машиностроительного назначения: брызговики автомобилей, узлы трения машин, защитные элементы, уплотнители и др.

### Трение облученных полимеров

Применение полимерных материалов в узлах трения базируется на обширных научных исследованиях и

реальных практических результатов. Полимеры по сравнению с металлами обладают более низким коэффициентом трения, зачастую меньшим износом, повышенной эластичностью, имеют меньшую стоимость, более технологичны в производстве изделий [3]. Способность полимеров работать в водной и коррозионноактивной среде является важным преимуществом перед металлами. Воздействие ионизирующих излучений на значительной степени способствует улучшению их триботехнических показателей.

При облучении полимеров в инертной среде (вакуум, вода) [4] структура поверхностных слоев и объем материала сохраняют свою однородность, при которой наблюдается формирование сшитой структуры с постоянной плотностью сшиваний по всему объему аморфной фазы. Проведенные исследования показали, что влияние предварительного облучения ПЭВП проявляется в экстремальном изменении интенсивности изнашивания и коэффициента трения с достижением минимальных значений исследованных характеристик в области дозы облучения порядка 1,0 МГр (рис. 1). Снижение интенсивности изнашивания ПЭВП более чем на два порядка (~100 и более раз) связано с образованием сшитой структуры полимера, что подтверждается зависимостями гель-фракции и времени корреляции вращения парамагнитного зонда от дозы облучения.

Облучение полимера в среде, содержащей кислород (например воздух) [5], приводит к частичной деструкции поверхностных и сшиваний глубинных слоев. Таким образом, структура поверхности сшивающихся полимеров формируется под влиянием одновременно протекающих процессов сшивания и деструкции. На рис. 2 показано, как на начальном этапе трения ПЭВП наблюдается интенсивное истирание деструктированных слоев, что в последующем способствует снижению скоро-

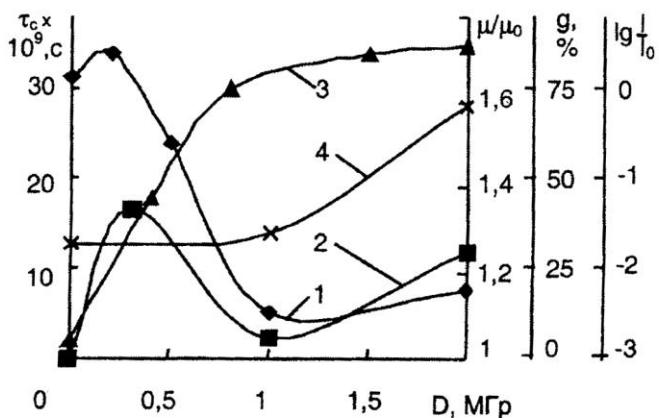


Рис. 1. Влияние дозы облучения на интенсивность изнашивания (1), коэффициент трения (2), содержание гель-фракции (3), время корреляции вращения парамагнитного зонда (4)

сти изнашивания, коэффициента трения и массового изнашивания за первый час. По мере истирания образцов и перехода зоны трения в глубинные слои полимера, содержа-

щие сшитую структуру, наблюдается стабилизация всех показателей. Показано, что стабилизация показателей достигается при дозе облучения порядка 1,0 МГр.

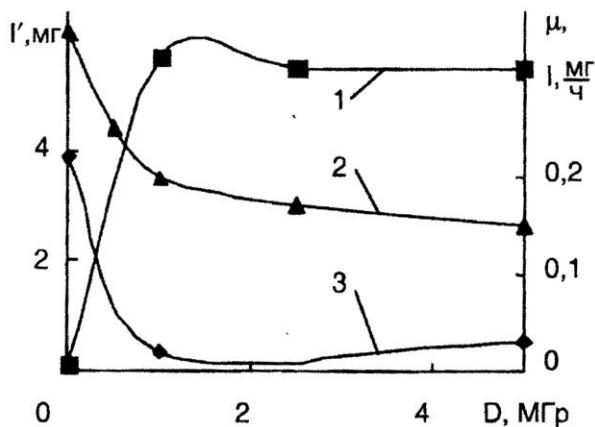


Рис. 2. Влияние дозы облучения на воздухе массового износа за первый час трения (1), коэффициент трения (2), скорость изнашивания в стационарном режиме (3)

Изучены фрикционные показатели металлических пар трения при смазке маслами с добавкой дисперсного радиационного – модифицированного ПЭ (ДРМП) низкого давления с фракционным составом до 300 мкм (рис 3).

С ростом дозы облучения присадки происходит монотонное снижение коэффициента трения в 2,0 – 2,5 раза, которое проявляется наиболее интенсивно при дозах 0,8- 0,9 МГр. Радиационно-окислительная дест-

рукция присадки приводит к снижению сдвиговых напряжений по сравнению с исходным дисперсным ПЭ. Следствием этого является уменьшение коэффициента трения при некотором возрастании скорости изнашивания с ростом дозы, что и объясняет отмеченную выше корреляцию зависимости фрикционных параметров от дозы характером радиационно-окислительной деструкции материала присадки.

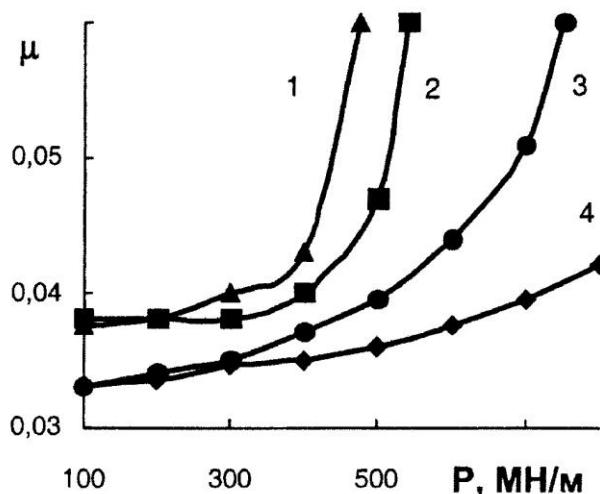


Рис. 3 Нагрузочные зависимости коэффициента трения пары сталь-бронза при смазке индустриальным маслом (1), содержащим исходный ПЭНД (2) и облученный дозами 0,5 (3) и 1,0 (4) МГр ДРМП

### Адгезия облученного полиэтилена к металлам

Исследовано влияние гамма-облучения полиэтилена высокого давления на его адгезионную способность к стали. Прочность адгезионных соединений оценивали методом нормального отрыва. Исследуемые полимеры в исходном виде представляли собой порошки фракционного состава 250 мкм и менее, облучение которых производили в атмосфере воздуха при 410 – 515 К изотопом  $\text{Co}^{60}$  при дозах 0,001 – 0,1 МГр. Интенсивность излучения составляла 135 рад/сек. После облучения порошки полимеров подвергали отжигу при 373 К в течение 0,9 ксек.

С увеличением дозы предварительного облучения полимера наблюдается последовательное смещение максимума адгезии в область более низких температур формирования и некоторое уменьшение его абсолютного значения, т.е. увеличение дозы в данном случае эквивалентно повышению температуры формирования соединения.

Увеличение дозы до 0,01 – 0,04 МГр приводит к незначительному падению максимально достижимых значе-

ний прочности соединений, в то время как соответствующая максимумам температура резко падает [6].

Облучение дисперсного ПЭВД в атмосфере воздуха небольшими дозами является эффективным технологическим приемом, позволяющим получать высокопрочные соединения при значительно более низких температурах нагрева.

### Адгезионные явления в радиационно-модифицированных полимерах

Облучение полиэтилена низкой плотности гамма-излучением в кислородсодержащей среде сопровождается радиационно-инициируемыми процессами окисления и деструкции [7, 8]. При этом на поверхности изделий формируются граничные слои с явно выраженным градиентом физико-механических и физико-химических свойств [9, 10].

Следует предположить, что при создании адгезионных соединений на основе облученных на воздухе полимеров необходимо учитывать градиент концентрации полярных групп и распределение геля в поверхностном слое сшитого полимера.

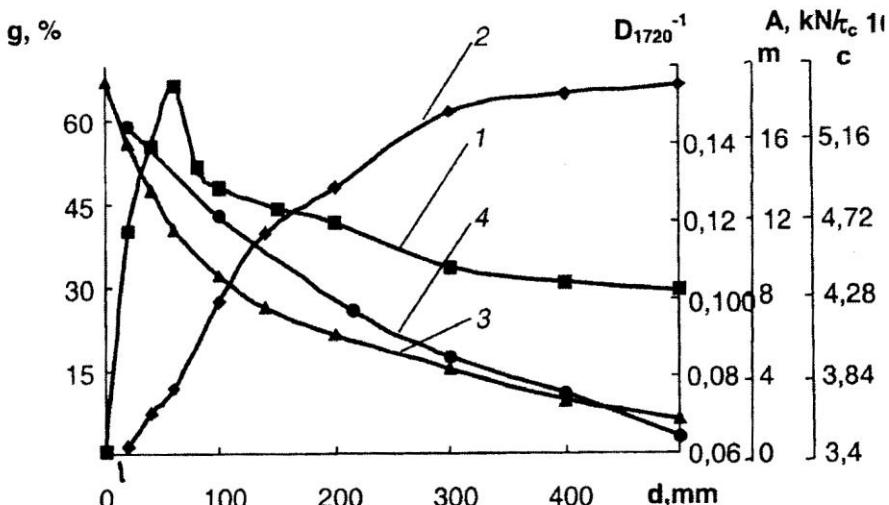


Рис. 4. Изменение адгезионной прочности (1), процентного содержания геля (2), концентрации полярных групп (3) и времени корреляции вращения парамагнитного зонда по глубине в ПЭВП, облученном на воздухе.

На рисунке показана зависимость прочности адгезионного соединения полиэтиленовых образцов от толщины удаленного граничного слоя. Изменения исследуемого показателя носят экстремальный характер с достижением максимальных значений при глубине  $\sim 60$ -70 мкм. Следует обратить внимание на интенсивное увеличение на 20 кН/м прочности адгезионного соединения на восходящей ветви зависимости, последующее плавное снижение в 1,4-1,6 раза и стабилизацию на глубине  $\sim 400$  мкм. Полученная зависимость является следствием изменений структуры и свойств граничного слоя в процессе облучения в кислородсодержащей среде, которые можно характеризовать содержанием гель-фракции и оптической плотностью в области поглощения кислородсодержащих групп и сегментальной подвижностью макромолекул.

Исследование типа разрушения склеек показало, что на восходящей ветви кривой для облученного полиэтилена наблюдается переход от адгезионного типа разрушения к когезионному [11]. Когезионное разрушение реализуется для соединений, соответствующих максимуму адгезии.

В исследуемом случае мы имеем дело с процессами, протекающими в аморфной фазе полиэтилена, каждый из которых оказывает противоположное действие на адгезионную способность облученного полиэтилена. Так, снижение концентрации полярных групп по мере перехода в глубинные слои материала ослабляет адгезионную способность облученного полиэтилена. Напротив, ослабление вклада процессов деструкции по мере удаления от поверхности увеличивает когезионную прочность слоев, участвующих в формировании адгезионного контакта, что увеличивает прочность адгезионного соединения при прочих равных условиях. Результирующей указаных процессов является наблюдаемая зависимость прочности адгезионного соединения облученного полиэтилена, которая имеет экстремальный характер. Содержание гель-фракции по глубине поверхностного слоя является индикатором соотношения вкладов деструкции и структурирования в структуру материала на заданной глубине и позволяет оценить минимальную его глубину, ниже которой полимер имеет достаточную прочность, необходимую для формирования адгезионного соединения.

## Полимерные пленочные дозиметры

Неотъемлемой частью работ на всех этапах разработки и осуществления промышленных радиационно-химических процессов является технологическая дозиметрия. Одним из основных инструментов решения этой задачи являются системы дозиметрического контроля, использующие твердотельные дозиметры ионизирующего излучения, в частности, на основе полимеров [12-14].

Разработан полимерный дозиметр [15] на основе радиационно-сшитого и деформированного полиолефина, обладающего эффектом "памяти формы" [16]. Дозиметр представляет собой полиолефиновую пленку, изготовленную с минимальной степенью ориентации макромолекул, которая подвергается предварительному облучению эталонной дозой ионизирующего излучения и последующему строго заданному деформированию (растяжению) при температуре, превышающей точку плавления кристаллической фазы полимера. Данные операции приводят к образованию в материале дозиметра ориентированной трехмерной структуры, которая обуславливает его способность проявлять эффект "памяти".

Методика проведения дозиметрического контроля включает облучение дозиметра измеряемым излучением и его последующий нагрев при

температуре выше точки плавления кристаллической фазы полиолефина. По величине термической усадки материала дозиметра при нагреве судят о поглощенной дозе излучения. В качестве дозиметрического отклика используют величину A:

$$\Delta = L_{\text{от}} - L_{\text{пт}} / L_{\text{от}}$$

где  $L_{\text{от}}$  и  $L_{\text{пт}}$  – контрольный размер, например, длина соответственно облученного и необлученного измеряемой дозой образцов дозиметра после термоусадки, а  $L$  – контрольный размер до усадки.

В настоящее время нами накоплен более чем десятилетний опыт использования разработанного дозиметра в промышленных радиационных процессах производства кабельных, термоусаживаемых и ряда других изделий на предприятиях России, Беларуси и Молдавии. Наибольшее распространение получил дозиметр на основе полиэтилена высокого давления ДПЭ 50/2000.

Дозиметр аттестован как рабочее средство измерения поглощенной дозы ионизирующего электронного излучения с энергией электронов от 0,3 до 10 МэВ в диапазоне доз от 50 до 500 кГр с суммарной погрешностью измерения  $\pm 12\%$  при доверительной вероятности 0,95. Случайная составляющая погрешности –  $\pm 5\%$ . Зависимость отклика дозиметра от поглощенной дозы в указанном диапазоне представлена на рис. 4.

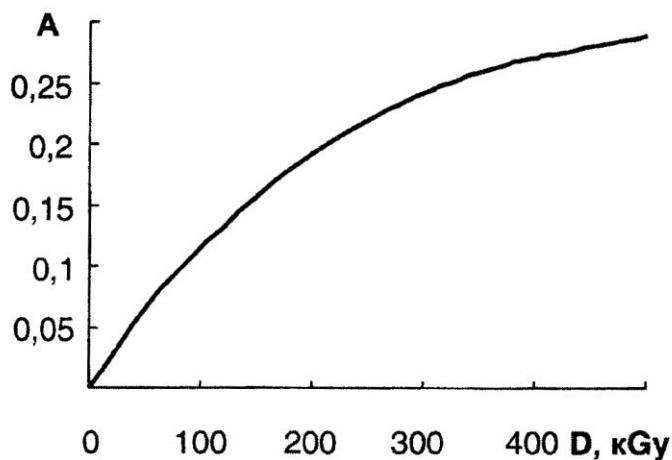


Рис. 4. Зависимость отклика дозиметра ДПЭ-50/2000 от поглощенной дозы электронного излучения

Дозиметр представляет собой длинномерную ленту толщиной около 150 мкм и шириной 4 мм. Используют его отрезками длиной от 150 до 300 мм. Выбор рабочей длины зависит от конкретных условий применения.

Наибольшее применение дозиметр ДПЭ-50/2000 нашел в технологии радиационно-химического модифицирования изоляции кабелей, проводов и производства термоусаживающихся трубок различного назначения. Другой сферой применения явился дозиметрический контроль технологического процесса получения кровельных материалов на основе радиационно-вулканизирующихся эластомеров. При этом были проведены сравни-

тельные испытания ДПЭ-50/2000 с дозиметром ТАЦ-40 на основе непластифицированной триацетат целлюлозной пленки [17]. Разброс показаний по поглощенной дозе при рабочих режимах радиационной обработки кровельного материала (разовая доза порядка 100 кГр) составил не более 6%.

Дозиметр ДПЭ-50/2000 прошел межведомственную метрологическую аттестацию и благодаря отмеченным достоинствам стал реальным инструментом дозиметрического контроля в промышленных радиационных процессах. Общее количество использованных в странах СНГ дозиметров достигло нескольких десятков тысяч.

### Литература

1. Плескачевский Ю.М., Смирнов В.В., Макаренко В.М. Введение в радиационное материаловедение полимерных композитов. Мн.: Навука и тэхніка, 1991. – 191 с.
2. Смирнов В.В. Межфазное взаимодействие в смесях на основе ПЭВП, содержащего эластичную добавку с переменными значениями модуля упругости. Материалы, технологии, инструменты, № 3, 26 – 29 (1997).
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника. М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
4. Плескачевский Ю.М., Смирнов В.В., Копылов С.В., Дубова Е.Б. Исследование фрикционного взаимодействия облученного полиэтилена. Трение и износ, 2 (6), 1034 – 1039 (1981).
5. Смирнов В.В. Исследование фрикционных характеристик облученного на воздухе полиэтилена. Трение и износ, 7 (4) 729 – 732 (1986).
6. McLaughlin W.L., Doyd A.W., Chadwick K.H., McDonald J.C. and Miller A. Dosimetry for Radiation Processing. Taylor and Francis, London-New York-Philadelphia, 1989.
7. Далинкевич А.А., Кирюшкин С.Г., Шемаров Ф.В., Шляпников Ю.А. // Химия высоких энергий, 21 (3), 219-224 (1987).
8. Giberson R.C. // J. Polymer Scy., 2 (11), 742-749, (1964).
9. Giberson R.C. // J. Phys. Chem., 66 (2), 247-254, (1962).
10. Плескачевский Ю.М., Качалова Т.М., Селькин В.П., Макаренко В.М. // ДАН БССР, 27 (3), 235- (1983).
11. Белый В.А., Егоренков Н.И., Плескачевский Ю.М. Адгезия полимеров к металлам. Мн.: Навука і тэхніка, 1971. – 288 с.
12. Пикаев А.К. Современное состояние радиационной технологии. Успехи химии, 64 (6), 609-640 (1995).
13. Пикаев А.К. Новые разработки в радиационной технологии в России. Радиационная химия, 33 (1), 3-11 (1999).
14. Генералова В.В., Гурский М.Н. Дозиметрия в радиационной технотологии. Изд-во стандартов, Москва, 1981.
15. Selkin V., Pleskachevsky Yu., Smirnov V., Gochaliev G., Rubin B. A Polyolefin Dosimeter System. Radiat. Phys. Chem., 35 (4-6), 750-753 (1990).
16. Charlesby A. Atomic Radiation and Polymers. Pergamon Press, Oxford-London-New York-Paris, 1960.
17. Гочалиев Г. З. Современное состояние дозиметрии радиационно-технологических процессов. НИИТЭХИМ, Москва, 1986.