МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 33418— 2015

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕЙ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Определение средней молекулярной массы и среднего молекулярно-массового распределения полимеров методом гель-проникающей хроматографии

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и общие правила проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 339 «Безопасность сырья, материалов и веществ» на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного документа, указанного в пункте 5

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 22 июля 2015 г. № 78-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Армения	AM	Минэкономики Республики Армения
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 октября 2015 г. № 1607-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33418—2015 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 сентября 2016 г.

5 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному документу OECD, Test No. 118:1996 «Определение среднечисловой молекулярной массы и среднего молекулярно-массового распределения полимеров методом гель-проникающей хроматографии» («Determination of the number-average molecular weight and the molecular weight distribution of polymers using gel permeation chromatography», MOD) путем изменения структуры. Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного документа приведено в дополнительном приложении ДА.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного документа для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5 (подраздел 3.6)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

7 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Май 2019 г.

Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящего стандарта и изменений к нему на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных стандартов, издаваемых в этих государствах, а также в сети Интернет на сайтах соответствующих национальных органов по стандартизации.

В случае пересмотра, изменения или отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована на официальном интернет-сайте Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации в каталоге «Межгосударственные стандарты»

© Стандартинформ, оформление, 2016, 2019

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Общие сведения . . . 1
3 Исследуемые показатели и единицы измерения . . . 1
4 Стандартные вещества . . . 2
5 Принцип метода . . . 2
6 Достоверность испытания . . . 2
7 Описание испытания . . . 3
8 Данные и отчет о проведении испытания . . . 5
Приложение А (рекомендуемое) Примеры других методов определения среднечисловой молекулярной массы M_n полимеров . . . 7
Приложение ДА (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного документа . . . 8
Библиография . . . 9

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕЙ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Определение средней молекулярной массы и среднего молекулярно-массового распределения полимеров методом гель-проникающей хроматографии

Testing of chemicals of environmental hazard. Determination of the number-average molecular weight and the molecular weight distribution of polymers using gel permeation chromatography

Дата введения — 2016—09—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает метод определения средней молекулярной массы и молекулярно-массового распределения полимеров с использованием гель-проникающей хроматографии.

2 Общие сведения

2.1 Полимерные молекулы существенно различаются по своим свойствам. В связи с этим невозможно разработать один универсальный метод, точно устанавливающий условия разделения и оценки полимерных молекул и предусматривающий все возможные варианты и особенности их поведения. В частности, сложные полимерные системы часто не поддаются анализу с помощью гель-проникающей хроматографии (ГПХ). Если ГПХ не применима, то молекулярную массу определяют с использованием других методов (см. приложение А). В таких случаях в отчете о проведении испытания указывают полную информацию и приводят обоснование используемого метода.

2.2 Метод, представленный в настоящем стандарте, основан на DIN 55672 [1]. Подробная информация о процедуре испытания и оценке результатов приведена в указанном стандарте. Любые изменения условий испытания должны быть обоснованы.

2.3 В представленном методе в качестве стандартного вещества для калибровки использованы образцы полистирола с известной полидисперсностью. Кроме того, полистирол может быть модифицирован для получения структур, соответствующих определенным полимерам, например водорастворимым и длинноцепочечным разветвленным полимерам.

3 Исследуемые показатели и единицы измерения

3.1 Среднечисловую молекулярную массу M_n и среднемассовую молекулярную массу M_w вычисляют по соотношениям:

$$M_n = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i}{\sum_{i=1}^{n} H_i / M_i}, \quad (1)$$

$$M_w = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i \cdot M_i}{\sum_{i=1}^{n} H_i}, \quad (2)$$

где H_i — уровень сигнала детектора по сравнению с базовой линией для объема удерживания V_i;

M_i — молекулярная масса фракции полимера при объеме удерживания V_i;

n — число информационных точек.

3.2 Ширина молекулярно-массового распределения, которая является показателем дисперсности системы, определена соотношением M_w/M_n.

4 Стандартные вещества

Поскольку ГПХ является относительным методом, то необходимо проводить калибровку. Как правило, в качестве стандартного вещества используют полистирол с распределением в узком интервале и линейным строением с известными средними молекулярными массами M_n и M_w и известным молекулярно-массовым распределением. Калибровочную кривую используют для определения молекулярной массы пробы неизвестного полимера, только если условия разделения пробы и стандартного вещества являются идентичными. Определяемое соотношение между молекулярной массой и объемом удерживания действительно только для конкретных условий индивидуального испытания. Условия прежде всего включают температуру, растворитель (или смесь растворителей), условия хроматографирования и разделительную колонку или систему колонок. Молекулярные массы проб, определенные таким образом, являются относительными значениями и описываются как «эквивалентные полистиролу молекулярные массы». Это означает, что в зависимости от структурных и химических различий между пробой и стандартным веществом молекулярные массы могут в большей или меньшей степени отличаться от абсолютных значений. Использование других стандартных веществ, например полиэтиленгликоля, полиэтиленоксида, полиметилметакрилата, полиакриловой кислоты, должно быть обосновано.

5 Принцип метода

5.1 ГПХ представляет собой особый тип жидкостной хроматографии, в котором проба разделяется соответственно гидродинамическому объему отдельных компонентов [2]. Разделение проводится по мере прохождения пробы через колонку, заполненную пористым материалом, обычно органическим гелем. Небольшие молекулы проникают через поры, в то время как крупные молекулы задерживаются. Путь крупных молекул короче, поэтому они элюируются первыми. Молекулы со средним размером проникают через некоторые поры и элюируются позднее. Самые маленькие молекулы со средним гидродинамическим радиусом меньше, чем поры геля, проникают через поры и элюируются последними.

5.2 Теоретически разделение регулируется только размером молекул, но на практике трудно избежать влияния некоторых эффектов абсорбции. Неоднородная упаковка колонки и мертвые объемы могут ухудшить разделение [2].

5.3 Детектирование проводится, например, по показателю преломления или УФ-поглощению элюата и позволяет получить кривую нормального распределения молекулярной массы. Однако для нанесения фактических значений молекулярной массы на кривую следует откалибровать колонку пропусканием полимеров с известной молекулярной массой и структурой, аналогичной структуре исследуемого полимера, например различных образцов полистирола. Как правило, получается кривая Гаусса, иногда искаженная небольшим хвостом за счет присутствия низкомолекулярных фракций, с вертикальной осью, указывающей количество по массе различных элюированных молекул с разной массой, и горизонтальной осью, указывающей логарифмические значения молекулярной массы.

6 Достоверность испытания

Воспроизводимость (относительное стандартное отклонение) объема удерживания должна быть ниже 0,3 %. Требуемая воспроизводимость анализа может быть обеспечена путем корректировки с использованием стандартного вещества, если хроматограмма оценивается в зависимости от времени и не соответствует указанному выше критерию [1].

Характерные значения молекулярной массы и полидисперсности образцов полистирола представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Характерные значения молекулярной массы и соотношения M_w/M_n для образцов полистирола

M_p	M_w/M_n
$M_p < 2000$	$M_w/M_n < 1,20$
$2000 \le M_p \le 10^6$	$M_w/M_n < 1,05$
$M_p > 10^6$	$M_w/M_n < 1,20$

Примечание — Значение M_p является значением молекулярной массы образца в максимуме пика.

7 Описание испытания

7.1 Приготовление стандартных растворов полистирола

7.1.1 Образцы полистирола растворяют в выбранном растворителе (элюенте) при тщательном перемешивании. При приготовлении растворов следует соблюдать рекомендации изготовителя образцов.

7.1.2 Концентрации используемых стандартных растворов выбирают в зависимости от различных факторов, например инжектируемого объема, вязкости раствора и чувствительности детектора. Максимальный инжектируемый объем следует подбирать с учетом длины колонки во избежание ее перегрузки. Типичные инжектирумые объемы для аналитического разделения при использовании ГПХ для колонок размером 30 см × 7,8 мм обычно находятся в пределах от 40 до 100 мкл. Возможно использование больших объемов, но не превышающих 250 мкл. Следует определить оптимальное соотношение между инжектируемым объемом и концентрацией стандартного раствора перед фактической калибровкой колонки.

7.2 Приготовление исследуемых растворов

В общем случае процедура приготовления исследуемых растворов аналогична процедуре приготовления стандартных растворов. Пробу исследуемого полимера растворяют в подходящем растворителе, например тетрагидрофуране (ТГФ), при тщательном перемешивании. Растворение нельзя проводить на ультразвуковой бане. При необходимости приготовленный раствор очищают, пропуская через мембранный фильтр с размером пор в диапазоне от 0,2 до 2 мкм. Если в приготовленном растворе присутствуют нерастворенные частицы, то это следует указать в отчете о проведении испытания, поскольку такие частицы могут являться молекулами с высокой молекулярной массой. Для определения процентного содержания нерастворенных частиц по массе используют соответствующий метод. Приготовленные растворы можно использовать в течение 24 ч.

7.3 Оборудование

7.3.1 Хроматограф для ГПХ включает следующие элементы:

- резервуар для растворителя;
- дегазатор (при необходимости);
- насос;
- гаситель пульсации (при необходимости);
- система инжектирования;
- хроматографические колонки;
- детектор;
- расходометр (при необходимости);
- система для регистрации и обработки данных;
- сливной резервуар.

7.3.2 Необходимо гарантировать инертность системы по отношению к используемому растворителю (например, за счет использования стальных капилляров при применении ТГФ).

7.4 Инжектирование и система подачи растворителя

Определенный объем исследуемого раствора загружают в колонку на четко ограниченную зону, вручную или используя автосамплер. При внесении пробы вручную слишком быстрое движение или

ослабление поршня шприца может привести к погрешности в измерении молекулярно-массового распределения. Система подачи растворителя должна быть, насколько это возможно, свободной от пульсаций. В лучшем случае система должна быть снабжена гасителем пульсации. Скорость потока должна составлять порядка 1 мл/мин.

7.5 Колонка

Испытание проводят с использованием одной колонки или нескольких последовательно соединенных колонок. В качестве материала для колонки (колонок) могут использовать пористые материалы, характеризующиеся определенными свойствами (например, размер пор, предел эксклюзии). Выбор материала или длины колонки зависит от свойств исследуемого полимера (гидродинамический объем, молекулярно-массовое распределение) и конкретных условий, используемых для разделения, таких как растворитель, температура и скорость потока [1], [2], [3].

7.6 Число теоретических тарелок

Колонку или систему колонок, используемых для разделения, следует охарактеризовать по числу теоретических тарелок. В случае использования ТГФ в качестве элюента число теоретических тарелок определяют при загрузке раствора этилбензола или другого подходящего неполярного растворителя в колонку с известной длиной. Число теоретических тарелок вычисляют по соотношению

$$N = 5{,}54\left(\frac{V_e}{W_{1/2}}\right)^2 \tag{3}$$

или

$$N = 16\left(\frac{V_e}{W}\right)^2, \tag{4}$$

где N — число теоретических тарелок;

V_e — объем удерживания в максимуме пика;

W — ширина пика у основания;

$W_{1/2}$ — ширина пика на половине высоты.

7.7 Эффективность разделения

7.7.1 В дополнение к числу теоретических тарелок, которое является величиной, характеризующей пропускную способность колонки, также оценивают эффективность разделения, которую определяет крутизна калибровочной кривой. Эффективность разделения колонки вычисляют по соотношению

$$\frac{V_{e,M_x} - V_{e(10.M_x)}}{\text{Площадь поперечного сечения колонки}} \geq 6{,}0\left[\frac{\text{см}^3}{\text{см}^2}\right], \tag{5}$$

где V_{e,M_x} — объем удерживания для полистирола с молекулярной массой M_x;

$V_{e(10.M_x)}$ — объем удерживания для полистирола с молекулярной массой, большей в 10 раз.

7.7.2 Разрешающую способность R колонки (системы колонок) вычисляют по формуле

$$R_{1,2} = 2 \cdot \frac{V_{e_1} - V_{e_2}}{W_1 + W_2} \cdot \frac{1}{\log_{10}\left(M_2/M_1\right)}, \tag{6}$$

где V_{e1}, V_{e2} — объемы удерживания для двух образцов полистирола в максимуме пика;

W_1, W_2 — ширина пиков у основания;

M_1, M_2 — молекулярные массы в максимуме пика (должны различаться в 10 раз).

7.7.3 Значение R системы колонок должно быть выше 1,7 [4].

7.8 Растворители

Все растворители должны быть высокочистыми (при использовании ТГФ его чистота должна составлять 99,5 %). Резервуар для растворителя (если необходимо, в атмосфере инертного газа) должен

быть достаточно большим для калибровки колонки и анализа нескольких проб. Растворитель следует дегазировать перед его подачей в колонку с помощью насоса.

7.9 Контроль температуры

Температура ключевых внутренних элементов (инжекционной петли, колонок, детектора и трубок) должна быть постоянной и соответствовать выбору растворителя.

7.10 Детектор

Детектор предназначен для количественной регистрации концентрации раствора, элюированного из колонки. Для предупреждения нежелательного расширения пиков объем кюветы детектора должен быть как можно меньше. Объем кюветы не должен превышать 10 мкл, кроме случаев использования детектора светорассеяния и вискозиметрического детектора. Для детектирования обычно используют дифференциальную рефрактометрию. В отдельных случаях с учетом определенных свойств исследуемого раствора или элюента требуется использовать другие типы детекторов, например УФ/ВИД, ИК, вискозиметрические детекторы и т. д. (см. 7.3).

8 Данные и отчет о проведении испытания

8.1 Обработка результатов

8.1.1 Критерии для подробной оценки результатов испытания, а также требования к сбору и обработке данных представлены в [1].

8.1.2 Для каждого исследуемого раствора проводят два независимых испытания. Результаты каждого испытания рассматривают индивидуально.

8.1.3 Значения M_n, M_w, M_w/M_n, M_p следует приводить для каждого испытания. Необходимо четко указать, что полученные значения являются относительными значениями, эквивалентными молекулярным массам используемого стандартного вещества.

8.1.4 После определения объемов удерживания или времени удерживания (скорректированных с использованием внутреннего стандарта) строят график зависимости $\log M_p$ (где M_p представляет максимум пика стандартного вещества, используемого для калибровки) от одного из указанных количественных показателей. Требуется не менее двух точек на 10 значений молекулярной массы и не менее пяти точек для построения калибровочной кривой. Диапазон молекулярных масс на калибровочной кривой должен включать предполагаемые значения молекулярной массы исследуемого полимера. Конечная точка кривой (низкая молекулярная масса) определяется н-гексилбензолом или другим подходящим неполярным растворителем. Среднечисловую и среднемассовую молекулярные массы обычно определяют с использованием электронных методов обработки данных, основываясь на соотношениях, приведенных в разделе 4. Информация о методах ручной обработки данных представлена в [3].

8.1.5 Кривую распределения представляют в виде таблицы или рисунка (разностная частота или сумма процентов в зависимости от $\log M$). В графическом представлении первая десятка молекулярных масс должна быть шириной примерно 4 см, и максимум пика должен иметь высоту примерно 8 см. В случае интегральных кривых распределения разница по оси ординат в пределах от 0 % до 100 % должна составлять примерно 10 см.

8.2 Отчет о проведении испытания

Отчет о проведении испытания должен содержать следующую информацию:

Исследуемое вещество:

- доступная информация об исследуемом веществе (химическая идентификация, добавки, примеси);
- описание приготовления исследуемого раствора, наблюдения и возникшие трудности.

Оборудование:

- резервуар для растворителя, инертный газ, дегазация растворителя, состав растворителя с указанием примесей;
- насос, гаситель пульсации, система инжектирования;
- разделительные колонки (изготовитель, полная информация о характеристиках колонки, в частности размер пор, разделительный материал и т. д., число, длина и порядок используемых колонок);

- число теоретических тарелок колонки (или системы колонок), эффективность разделения (разрешающая способность системы);
- информация о симметрии пиков;
- температура колонки, вид температурного контроля;
- детектор (принцип измерения, тип, объем кюветы);
- расходометр, при использовании (изготовитель, принцип измерения);
- система сбора и обработки данных (аппаратное и программное обеспечение).

Калибровка системы:

- подробное описание метода построения калибровочной кривой;
- информация о критериях качества для данного метода (например, коэффициент корреляции, сумма квадратов ошибок и т. д.);
- информация обо всех экстраполяциях, допусках и приближениях, сделанных во время испытания, оценки и обработки данных.

Все измерения, используемые для построения калибровочной кривой, представляют в табличной форме, включающей следующую информацию для каждой точки калибровочной кривой:

- наименование образца стандартного вещества;
- изготовитель образца;
- значения показателей M_p, M_n, M_w, M_w/M_n для стандартных веществ, указанные изготовителем или полученные при последующем испытании с описанием используемого метода;
- инжектируемый объем и инжектируемая концентрация;
- значение M_p, использованное для калибровки;
- объем удерживания или скорректированное время удерживания, измеренное в максимуме пика;
- значение M_p, рассчитанное в максимуме пика;
- ошибка в процентах от рассчитанного значения M_p и значения в соответствии с калибровочной кривой.

Оценка результатов:

- оценка на временной основе — все методы для обеспечения требуемого воспроизведения (метод корректировки, внутренний стандарт и т. п.);
- информация о проведении оценки на основе объема удерживания или времени удерживания;
- информация о пределах оценки, если пик был не полностью проанализирован;
- описание методов сглаживания, при использовании;
- подготовка и предварительная обработка исследуемого раствора;
- присутствие нерастворенных частиц;
- инжектируемый объем, мкл, и инжектируемая концентрация, мг/мл;
- наблюдения, указывающие на эффекты, приводящие к отклонениям от теоретического профиля ГПХ;
- подробное описание всех изменений процедуры испытания;
- диапазон значений ошибок;
- другая информация и наблюдения, имеющие значение для интерпретации результатов.

Приложение А
(рекомендуемое)

Примеры других методов определения среднечисловой молекулярной массы M_n полимеров

ГПХ является наиболее предпочтительным методом определения среднечисловой молекулярной массы M_n полимеров, особенно если имеется набор стандартных веществ, структура которых сравнима со структурой исследуемого полимера. В тех случаях, когда существуют практические трудности в применении ГПХ или предполагается, что исследуемый полимер не будет соответствовать нормативному критерию M_n (необходимо подтверждение), могут использовать альтернативные методы.

А.1 Методы, основанные на коллигативных свойствах

А.1.1 Эбуллиоскопия/криоскопия: метод включает определение повышения точки кипения (эбуллиоскопия) или понижения точки замерзания (криоскопия) растворителя при добавлении полимера. Принцип метода состоит в том, что влияние растворенного полимера на точку кипения/замерзания жидкости зависит от молекулярной массы полимера [5], [6]. Метод применим для полимеров с M_n < 20 000.

А.1.2 Понижение давления пара: метод включает измерение давления пара выбранной стандартной жидкости до и после добавления известных количеств полимера [5], [6]. Метод применим для полимеров с M_n < 20 000 (теоретически; на практике это значение ограничено).

А.1.3 Мембранная осмометрия: метод основан на принципе осмоса, т. е. естественной тенденции молекул растворителя переходить через полупроницаемую мембрану из разбавленного в концентрированный раствор для достижения равновесия. В испытании используют разбавленный раствор с нулевой концентрацией и концентрированный раствор, содержащий полимер. Эффект проникновения растворителя через мембрану вызывает разность давления, которая зависит от концентрации и молекулярной массы полимера [5], [7], [8]. Метод применим для полимеров с M_n в диапазоне от 20 000 до 200 000.

А.1.4 Парофазная осмометрия: включает сравнение скорости испарения аэрозоля чистого растворителя со скоростями испарения не менее трех аэрозолей, содержащих полимер в различных концентрациях [5], [9], [10]. Метод применим для полимеров с M_n < 20 000.

А.2 Метод концевых групп

Для использования этого метода требуется полная информация о структуре полимера и природе концевых групп в цепях (которые можно отличить от основного скелета, например, с помощью ЯМР или титрования/дериватизации). Установив молекулярную концентрацию концевых групп, присутствующих в полимере, можно определить значение молекулярной массы [11], [12], [13]. Метод применим для полимеров с M_n < 50 000 (с понижением достоверности).

Приложение ДА
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного документа

Таблица ДА.1

Структура международного документа	Структура межгосударственного стандарта
Раздел 1	
Раздел 2	2.1
Раздел 3	2.2, 2.3
Раздел 4	3.1
Раздел 5	3.2
Раздел 6	4
Раздел 7	5.1
Раздел 8	5.2
Раздел 9	5.3
Раздел 10	6
Раздел 11	7.1.1
Раздел 12	7.1.2
Раздел 13	7.2
Раздел 14	7.3.1
Раздел 15	7.3.2
Раздел 16	7.4
Раздел 17	7.5
Раздел 18	7.6
Раздел 19	7.7.1
Раздел 20	7.7.2
Раздел 21	7.7.3
Раздел 22	7.8
Раздел 23	7.9
Раздел 24	7.10
Раздел 25	8.1.1
Раздел 26	8.1.2
Раздел 27	8.1.3
Раздел 28	8.1.4
Раздел 29	8.1.5
Раздел 30	8.2
Литература	Библиография
Приложение	Приложение А

Библиография

[1] DIN 55672:1995 Gelpermeationschromatographie (GPC) mit Tetrahydrofuran (THF) als Elutionsmittel, Teil 1 [Гель-проникающая хроматография (ГПХ) с тетрагидрофураном (ТГФ) в качестве элюента, часть 1]

[2] Yau W.W., Kirkland J.J. and Bly D.D., 1979. Modern Size Exclusion Liquid Chromatography, J. Wiley&Sons (Современная жидкостная хроматография исключения размера)

[3] ASTM D 3336-91, 1991 Standard Test Method for Molecular Weight Averages and Molecular Weight Distribution by Liquid Exclusion Chromatography (Gel Permeation Chromatography — GPC, American Society for Testing and materials, Philadelphia, Pennsylvania) (Стандартный метод определения среднемассовой молекулярной массы и молекулярно-массового распределения жидкостной гель-проникающей хроматографией)

[4] ASTM D 5296-92, 1992 Standard Test Method for Molecular Weight Averages and Molecular Weight Distribution of Polystyrene by High Performance Size-Exclusion Chromatography, American Society for Testing and materials, Philadelphia, Pennsylvania (Стандартный метод определения среднемассовой молекулярной массы и молекулярно-массового распределения полистирола гель-проникающей хроматографией высокого давления)

[5] Billmeyer F.W.Ir., 1984. Textbook of Polymer Science, 3rd Edn., John Wiley, New York (Учебник по изучению полимеров)

[6] Glover C.A., 1975. Absolute Colligative Property Methods, Chapter 4, in Polymer Molecular Weights, Part I, P.E. Slade, Ir. ed., Marcel Dekker, New York

[7] ASTM D 3750-79, 1979 Standard Practice for Determination of Number-Average Molecular Weight of Polymers by Membrane Osmometry, American Society for Testing and materials, Philadelphia, Pennsylvania (Стандартный метод определения среднечисловой молекулярной массы полимеров мембранной осмометрией)

[8] Coll H., 1989. Membrane Osmometry. In: Determination of Molecular Weight, A.R. Cooper ed., J. Wiley and Sons, pp. 25—52 (Определение молекулярной массы)

[9] ASTM D 3592-77, 1977 Standard Recommended Practice for Determination Molecular Weight by Vapour Pressure, American Society for Testing and materials, Philadelphia, Pennsylvania (Стандарт для определения молекулярной массы по определению давления пара)

[10] Morris C.E.M., 1989. Vapour Pressure Osmometry. In: Determination Molecular Weight, A.R. Cooper ed., J. Wiley and Sons

[11] Schroder E., Muller G. and Arndt K.-F, 1989. Polymer Characterisation, Carl Hanser Verlag, Munich. (Характеристика полимеров)

[12] Garmon R.G., 1975. End-Group Determination, Chapter 3. In: Polymer Molecular Weights, Part I, P.E. Slade, Ir. ed. Marcel Dekker, New York

[13] Amiya S. et al., 1990. Pure and Applied Chemistry, 62, 2139—2146 (Чистая и прикладная химия)

УДК 658.382.3:006.354 МКС 13.020.01

Ключевые слова: химическая продукция, окружающая среда, среднечисловая молекулярная масса, среднее молекулярно-массовое распределение, гель-проникающая хроматография

Редактор *Е.И. Мосур*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 14.05.2019. Подписано в печать 15.07.2019. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,40.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru