Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств»

ПРЯМЫЕ И КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЙ. РАСЧЁТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРОВОДИМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

по дисциплине

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов направления

18.03.01 «Химическая технология»

очной формы обучения
заочной формы обучения

Энгельс 2026

Лабораторная № 1

Проведение прямых измерений в оценке соответствия продукции. Расчёт погрешностей

Цель работы: Научиться работать с нормативными документами на продукцию, провести оценку соответствия продукции, определить погрешность прямых измерений.

Основные понятия

Метрология, стандартизация и сертификация являются важнейшими элементами современного механизма решения вопросов в области качества. Углубление теоретических знаний, связанных с метрологическим обеспечением технологических процессов получения и переработка полимерных материалов, с использованием актуализированных нормативных документов по полимерным материалам и изделиям на их основе, с оценкой качества полимерной продукции, а также приобретение практических навыков работы с ГОСТ, ТУ и другими нормативными документами (НД) на изделия из полимеров; анализа метрологических характеристик испытательного оборудования и средств измерений, используемых при оценке безопасности и качества полимеров и изделий на их основе с целью подтверждения соответствия; проведения сертификационных испытаний полимерной продукции по показателям безопасности и качества являются целью изучения данной дисциплины.

В условиях современной рыночной экономики и изготовитель, и потребитель заинтересованы в продукции и услугах высокого качества. Основными инструментами обеспечения качества продукции и услуг являются метрология, стандартизация и сертификация.

В триаде (рис.1) на первом месте располагается стандартизация, т.к. именно на ней базируется и единство измерений, и оценка соответствия продукции.

Рисунок 1 - Основные инструменты обеспечения качества

Влияние стандартизации на развитие производства и качество продукции по трем направлениям:

- экономическое - стандарты обеспечивают объективное сравнение товаров и услуг и тем самым добросовестную конкуренцию;
- социальное - стандарты обеспечивают безопасность продукции;
- информационному - стандарты обеспечивают единство представления и восприятия информации.

Стандартизация – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и на повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг.

Сертификация - форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, документам по стандартизации или условиям договоров.

Метрология – наука об измерениях, средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Качество – совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные или предполагаемые потребности.

В современной рыночной экономике КАЧЕСТВО объектов ТР в ХТ определяет конкурентоспособность организации, выпускающей продукцию или оказывающие услуги, его жизнеспособность и устойчивое развитие.

Стандартизация, сертификация и метрология неразрывно связаны между собой, поэтому изучение их (в одном учебном курсе) дает более полное представление о важности каждого из этих направлений в любой деятельности человека, в том числе и Химической технологии, для развития не только внутренней экономике, но внешнеэкономической деятельности предприятий на современной цивилизованной основе, обеспечения условия, выполнения программ ВТО.

Измерение - процесс сравнения данной физической величины с известной физической величиной, принятой за единицу измерения. Физической величиной это одно из свойств физического объекта, в качественном отношении общее для многих физических объектов, а в количественном — индивидуальное для каждого из них

Существует различные виды измерений. Классификацию видов измерения проводят, исходя из характера зависимости измеряемой величины от времени, вида уравнения измерений, условий, определяющих точность результата измерений и способов выражения этих результатов. Например, по количеству измерительной информации измерения делят на однократные и многократные. По связи с объектом: контактные и бесконтактные. По условиям измерения: равноточные и неравноточные. Поточности оценки погрешности: технические и лабораторные, которые в свою очередь подразделяют с точным оцениваем погрешности и приближенным оцениваем погрешности. По способу получения информации: прямые (непосредственные), косвенные, совокупные и совместные.

Прямым называется измерением, при котором результат считывается непосредственно со шкалы прибора.

Косвенным измерением называется такое измерением, результат которого вычисляется по формуле, в которую подставляются результаты прямых измерений.

Совокупные измерения – это одновременные измерения нескольких одноименных величин, при которых искомое значение измеряемой величины находится путем решения системы уравнений, получаемой при прямых измерениях различных сочетаний этих величин.

Совместные измерения – это одновременные измерения нескольких одноименных величин для нахождения зависимости между ними. Измерения осуществляются различными методами, под которыми понимают совокупность приемов использования различных принципов и средств измерений.

Средство измерений (СИ) - техническое средство, предназначенное для измерений (№ 102-ФЗ от 26 июня 2008 г. с изменениями от 13.06.2015 г.

Качество измерений – это совокупность свойств состояния измерений, обусловливающих получение результатов измерений с требуемыми точностными характеристиками, в необходимом виде и в установленный срок.

Результаты измерений представляют собой приближенные оценки значений величин, найденные путем измерений, так как даже самые точные приборы не могут показать действительного значения измеряемой величины.

Класс точности СИ - обобщенная характеристика, выраженная пределами допускаемых (основной и дополнительной) погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. Классы точности конкретного типа СИ устанавливают в НД при их разработке.

Обязательно существует погрешность измерений.

Определяемая погрешность зависит от вида измерения по способу получаемой информации: прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Погрешность прямых измерений

На погрешность прямых измерений влияют два фактора: погрешность прибора и погрешность отсчета.

$\Delta x = \Delta x_{прибора} + \Delta x_{отсчета}$, где Δx – абсолютная погрешность прибора, ее нельзя найти, говорят о границе абсолютной погрешности (модуля абсолютной погрешности), определяется в единицах измерения.

$\Delta x_{отсчета} = c/2$, где c - цена деления.

Погрешность прибора определяется классом точности прибора.

Класс точности средств измерений (класс точности прибора) согласно ГОСТ 8.401-80 ГСИ Классы точности средств измерений. Общие требования - обобщенная характеристика данного типа средств измерения, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительной погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Основная погрешность - погрешность, возникающая в нормальных условиях применения средства измерения (температура, влажность, напряжение питания и др.), которые нормируются и указываются в стандартах или технических условиях.

Дополнительная погрешность обуславливается отклонением одной или нескольких влияющих величин от нормального значения. Например, изменение температуры окружающей среды, изменение влажности, колебания напряжения питающей сети. Значение дополнительной погрешности нормируется и указывается в технической документации на средства измерения.

γ класс точности = $\Delta x / x_{мак} \cdot 100$, где $x_{макс}$ – верхний предел измерения, в ед измерения

Абсолютная погрешность — это разность между измеренным и действительным значениями измеряемой величины:

где $A_{изм}$, A - измеряемое и действительное значения; ΔA - абсолютная погрешность.

Абсолютную погрешность выражают в единицах измеряемой величины. Абсолютную погрешность, взятую с обратным знаком, называют поправкой.

Относительная погрешность p равна отношению абсолютной погрешности ΔA к действительному значению измеряемой величины и выражается в процентах:

$\varepsilon = \Delta x / x_{измерен} \cdot 100$, где $x_{измерен}$ – измеренная физическая величина, в ед измерения.

Погрешность косвенных измерений

Косвенным измерением называется такое измерением, результат которого вычисляется по формуле, в которую подставляются результаты прямых измерений.

Вычисление погрешности зависти от математических действий:

1) Погрешность суммы и разности:

Пусть ФВ буде $f = x+y$ и $f = x-y$

Тогда абсолютная погрешность $\Delta f = \Delta x + \Delta y$, таким образом абсолютная погрешность двух величин равна сумме абсолютных погрешностей этих величин.

Относительная погрешность в этом случае равна $\varepsilon f = \Delta f / f0$, где f0 – результат измерения; $\varepsilon f = \Delta x + \Delta y / x0+y0$

2) Погрешность произведения и частного:

Пусть ФВ буде $f = x \cdot y$ и $f = x/y$

Тогда относительная погрешность этой величины $\varepsilon f = \varepsilon x + \varepsilon y$, таким образом оносительная погрешность двух величин равна сумме абсолютных погрешностей этих величин.

Абсолютная погрешность в этом случае равна $\Delta f = \varepsilon f \cdot / f0$, где f0 – результат измерения.

Порядок выполнение работы

1. У преподавателя взять образцы для изучения.
2. Найти нормативный документ (НД) на продукцию, можно использовать следующие Интернет-ресурсы:

- Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: http://docs.cntd.ru/document/
- Система ГАРАНТ: http://base.garant.ru
- Официальный сайте - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт): https://www.gost.ru
- Метрология. Метрологическое обеспечение производства: http://www.metrob.ru
- База данных ГОСТ РФ http://www.vsegost.com

3. Подготовить образцы к измерению согласно НД.
4. Провести прямые измерения геометрических размеров исследуемых образцов: а – длина, в-ширина, h- толщина образцов. Заполните таблицу.

№ образца	Линейка ГОСТ 17435-72 Класс точности 1			Штангенциркуль ГОСТ 166-89 Класс точности 1			Микрометр ГОСТ 6507-90 Класс точности 1	
	а, мм	в, мм	h, мм	а, мм	в, мм	h, мм	в, мм	h, мм
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i$								
$\Delta X_{прибора}=X_{max}\cdot\frac{\gamma}{100}$								
$\varepsilon=\frac{\Delta X}{\bar{X}}\cdot 100\%$								

Сравните полученные результаты погрешности разных средств измерения (линейка, штангенциркуль, микрометр) по показателю h, мм и сделайте вывод, какое средство измерение имеет точность выше двух других.

В ответе: запишите результат прямого измерения с указанием единиц измерения в виде $h=\bar{h}\pm\Delta h$

Лабораторная № 2

Проведение косвенных измерений в оценке соответствия продукции. Расчёт погрешностей

Цель работы: Научиться работать с нормативными документами на продукцию, провести оценку соответствия продукции, определить погрешность косвенных измерений.

Порядок выполнение работы

1. У преподавателя взять образцы для изучения.
2. Найти нормативный документ (НД) на продукцию, можно использовать следующие Интернет-ресурсы:
3. - Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: http://docs.cntd.ru/document/
4. - Система ГАРАНТ: http://base.garant.ru
5. - Официальный сайте - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт): https://www.gost.ru
6. - Метрология. Метрологическое обеспечение производства: http://www.metrob.ru
7. - База данных ГОСТ РФ http://www.vsegost.com

8. Подготовить образцы к измерению согласно НД.

9. Провести прямые измерения геометрических размеров исследуемых образцов: а – длина, в-ширина, h- толщина образцов, массы – m.

10. Косвенные измерения: определить плотность образцов соответствующих габаритным размерам по НД.

11. Заполните таблицу.

Измеряемый показатель	Средства измерения		
	Линейка ГОСТ 17435-72 Класс точности 1	Штангенциркуль ГОСТ 166-89 Класс точности 1	Микрометр ГОСТ 6507-90 Класс точности 1
Длина (а), мм			
Ширина (в), мм			
Высота (длина) (h), мм			
	Весы технические Класс точности	Весы аналитические Класс точности	Весы аналитические Класс точности
Масса (m), г			
$\Delta X_{прибора} = X_{max} \cdot \frac{\gamma}{100}$			
$\varepsilon = \frac{\Delta X}{\overline{X}} \cdot 100\%$			
Определение погрешности косвенных измерений			
$\varepsilon_V = \varepsilon_m + \varepsilon_R + \varepsilon_h$			
$\Delta_\rho = \frac{\varepsilon_\rho}{\overline{\rho}} \cdot$			

В ответе: запишите результат косвенного измерения с указанием единиц измерения в виде $\rho = X \pm \Delta\rho$, где х – это значение измеряемой физической величины

Сравнить полученные результаты, сделать выводы.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимается под метрологией?
2. Дайте определение базовых понятий метрологии: физическая величина, измерение, единство измерений, средство измерения.
3. Дайте определение понятию «качество измерений».
4. Каковы способы достижения качества измерения.
5. Что такое результат измерения и какие показатели на него влияют.
6. Что такое класс точности СИ.
7. Дайте определение погрешности измерения.
8. Виды погрешностей измерений.
9. При выборе средств измерений учитывают….

Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература

1. Эрастов, В. Е. Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / В.Е. Эрастов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 196 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/23696. - ISBN 978-5-16-012324-0. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1983263. – Режим доступа: по подписке.

2. Дворкин, В. И. Метрология и обеспечение качества химического анализа / В. И. Дворкин. — 2-е изд. — Москва : Техносфера, 2019. — 318 c. — ISBN 978-5-94836-564-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/99109.html. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Данилевич, С. Б. Основы законодательной метрологии, технического регулирования и стандартизации : учебное пособие / С. Б. Данилевич. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 47 c. — ISBN 978-5-7782-3864-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/98801.html. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

4. Метрология, стандартизация и сертификация: Учеб. пособие/ А.И. Аристов, В. М. Приходько, И. Д. Сергеев, Д. С. Фатюхин. М.:ИНФРА-М, 2012. – 256с.

Экземпляры всего: 10

5. Радкевич Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для бакалавров/ Я. М. Радкевич, А. Г. Схиртладзе. – 5 изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2012. – 813 с.

Экземпляры всего: 5

6. Основы стандартизации, метрологии, сертификации: учебник/ О.П.Яблонский, В.А.Иванова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Ростов н/Д: Феникс, 2010. - 475 с.

Периодические издания

Журналы «Стандарты и качество» https://ria-stk.ru/.

Нормативно-правовые акты и иные правовые документы

1. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ.

2. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ.

3. Федеральный закон "О стандартизации в Российской Федерации" от 29.06.2015 N 162-ФЗ.

4. Закон РФ от 07.02.1992 N 2300-1 (ред. от 04.08.2023) "О защите прав потребителей".

Перечень электронно-образовательных ресурсов

1 Метрология, стандартизация и сертификация

http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=121

Электронные ресурсы библиотеки института - электронные версии методических разработок, указаний и рекомендаций по выполнению практических работ

Рабочая программа, краткий конспект лекций, вопросы к модулям, экзамену, тестовые задания, методические указания к выполнению лабораторных и практических работ.

Электронно-библиотечные системы

1. «ЭБС IPRbooks»,
2. ЭБС «Лань»
3. «ЭБС elibrary»
4. ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»
5. ЭБС «Znanium»

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: http://docs.cntd.ru/document/
2. Система ГАРАНТ: http://base.garant.ru
3. Метрология. Метрологическое обеспечение производства: http://www.metrob.ru
4. База данных ГОСТ РФ http://www.vsegost.com
5. Главный форум метрологов: http://metrologu.ru

6. МЧС РОССИИ: https://www.mchs.gov.ru/dokumenty

7. Общероссийские классификаторы: https://classifikators.ru

Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья (для групп и потоков с такими студентами)

1. Адаптированная версия НЭБ, для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Перечень информационно-справочных систем

Официальный сайте - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт): https://www.gost.ru

Перечень профессиональных баз данных

1. Консультант плюс – www.consultant.ru

2. Гарант (информационно-правовой портал) – www.garant.ru