



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»

Факультет Инженерно-физический

Кафедра Химии и химической технологии

УТВЕРЖДЕН

на заседании кафедры

« 01 » 09 2023 г., протокол №1

Заведующий кафедрой

 Ю.А. Гужель

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГАЗА И ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА»

18.04.01 – Химическая технология

код и наименование направления подготовки

«Технологии и процессы переработки нефти и газа»

наименование профиля подготовки

магистр

квалификация (степень) выпускника

Благовещенск 2023 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
Факультет Инженерно-физический
Кафедра Химии и химической технологии

ФОС составили

Т.П. Платонова, к.х.н., доцент

степень, звание, фамилия, имя, отчество составителя

ФОС рассмотрен и принят на заседании кафедры Химии и химической технологии

Протокол заседания кафедры от « 01 » 09 2023 г. № 1

Заведующий кафедрой  Ю.А. Гужель

подпись

	МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

**Паспорт
фонда оценочных средств
«Современные методы**

Анализа газа и газового конденсата»

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Перечень компетенций и индикаторы их достижений

1.1.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональных компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Профессиональная методология	ОПК-2 Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	ИД-1 _{ОПК-2} Знает принципы работы основных приборов в инструментальных методах химического анализа ИД-2 _{ОПК-2} Умеет применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных задач ИД-3 _{ОПК-2} Владеет способами обработки полученных результатов и анализа их с учётом имеющихся литературных данных

1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Контролируемые разделы (этапы) практики	Этапы формирования компетенций (номер семестра)	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4	5
1	Введение	3	ОПК-2	лабораторная работа, домашнее задание
2	Методы определения плотности нефтепродуктов	3	ОПК-2	лабораторная работа
3	Определение вязкости газов	3	ОПК-2	лабораторная работа, домашнее задание
4	Групповой состав газо-	3	ОПК-2	лабораторная

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

	вого конденсата			работа, домашнее задание
5	Хроматографическое определение состава сжиженных углеводородных газов	3	ОПК-2	лабораторная работа, тест
6	Методы определения сероводорода и меркаптановой серы в газах	3	ОПК-2	лабораторная работа, домашнее задание
7	Определение содержания металлов в жидких нефтепродуктах	3	ОПК-2	лабораторная работа, домашнее задание
8	Определение метанола в КГС	3	ОПК-2	лабораторная работа, домашнее задание
9	Калориметрическое определение высшей теплоты сгорания природного газа	3	ОПК-2	лабораторная работа, тест
10	Итоговый тест	3	ОПК-2	тест

1.3. Сведения об иных дисциплинах, участвующих в формировании данных компетенций

Компетенция	Дисциплины
1	2
ОПК-2	Инструментальные методы исследования в химической технологии; Современные гидрогенизационные процессы; Каталитические процессы в переработке нефти и газа; Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Лабораторная работа	Средство проверки умений обучающегося применять полученные знания по заранее определённой методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом	Комплект заданий для выполнения лабораторных работ
2	Домашнее задание	Форма организации самостоятельной работы студентов	Варианты домашнего задания
3	Самостоя-	Средство контроля усвоения учебного	Вопросы для само-

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

	тельная работа	материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	стоятельного изучения
4	Тест	Форма оценки усвоенных знаний	Примерные вопросы
5	Зачёт	Итоговая форма оценки знаний	Вопросы к зачёту

1. *Примерные вопросы к лабораторной работе*

Раздел 2. «Методы определения плотности газов»:

- 1) Методы определения плотности газов
- 2) Принцип работы плотномера с U-образной трубкой

Раздел 3. «Определение вязкости газов»:

- 1) На каком законе основан метод измерения вязкости?
- 2) Порядок проведения расчета вязкости

Раздел 4. «Групповой состав газового конденсата»:

- 1) Почему нормируется групповой состав для дизельных топлив?
- 2) На чем основан принцип работы используемого детектора?

Раздел 5. «Хроматографическое определение состава сжиженных углеводородных газов»:

- 1) Каковы особенности отбора проб СУГ и процедуры хроматографического анализа?
- 2) Используемые в анализе детекторы и принцип их работы.

Раздел 6. «Методы определения сероводорода и меркаптановой серы в газах»:

- 1) Особенности работы ПФД.
- 2) Как определить серосодержащие соединения при различном количестве перегибов на кривой титрования.

Раздел 7. «Определение содержания металлов в жидких нефтепродуктах»:

- 1) Какие существуют методы атомизации при ААС?
- 2) Какие требования безопасности при работе с ацетиленом? Чем они обусловлены?

Раздел 8. «Определение метанола в КГС»:

- 1) Почему нормируется содержание метанола в газовом конденсате? Как он попадает в товарный продукт?

	МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

2) Как происходит хроматографическое разделение пробы? Какой применяется детектор?

Раздел 9. «Калориметрическое определение высшей теплоты сгорания природного газа»

1) Устройство бомбового калориметра

2) Порядок расчета теплоты сгорания.

Студенты допускаются к выполнению лабораторной работы при прохождении инструктажа по правилам безопасности и наличии конспекта с кратким описанием цели, схемы лабораторной установки, порядка действий.

В отчете по лабораторной работе должна быть представлена краткая информация по теории процесса, ходе выполнения работы, схема лабораторной установки, основные результаты и расчеты, выводы. По результатам проведенных измерений рассчитываются показатели качества, которые приводятся в конспекте в сравнении с нормативно-технической документацией или иной справочной информацией.

2. *Примерные вопросы к домашнему заданию*

Раздел 1 «Введение»

Рассчитать термодинамические свойства (коэффициент сжимаемости, плотность, показатель адиабаты, скорость распространения звука) сжиженного природного газа при температуре $-161,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и избыточном давлении $4,5\text{ кгс/см}^2$. Состав газа принять по результатам хроматографического анализа газа регазификации СПГ, проведенного при выполнении лабораторной работы №3.

Раздел 3 «Групповой газовый конденсат»

1. Рассчитать компонентно-фракционный состав газоконденсатной смеси на основе результатов экспериментального определения компонентно-фракционного состава газа сепарации и нестабильного газового конденсата:

- произвести расчёт компонентно-фракционного состава газоконденсатной смеси в единицах молярной доли;

- произвести расчёт компонентно-фракционного состава газоконденсатной смеси в единицах массовой доли.

2. Произвести оценку неопределенности молярной и массовой доли компонентов и фракций газоконденсатной смеси:

- вычислить стандартные неопределенности измерений для исходных величин;

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

- произвести оценку неопределенности массовой доли компонентов и фракций газоконденсатной смеси;

- точно оценить относительную стандартную неопределенность массовой доли компонентов и фракций, обусловленную неопределенностью результатов измерений молярной доли;

- произвести оценку неопределенности молярной доли компонентов и фракций газоконденсатной смеси.

3. Результаты оформить в виде подробного отчета с описанием расчетных формул и примерами. Отчетные материалы представить в электронном виде.

Исходные данные: Анализ состава газа сепарации выполнен с градуировкой в единицах молярной доли. Измерение молярной доли метана произведено по анализу. Анализ состава нестабильного газового конденсата выполнен без предварительного разгазирования пробы с градуировкой в единицах молярной доли с использованием абсолютных молярных градуировочных коэффициентов. Компонентно-фракционный состав газа сепарации и компонентно-фракционный состав нестабильного газового конденсата, молярные массы приведены в таблице. объем газа сепарации при стандартных условиях, полученного в процессе сепарации газоконденсатной смеси за расчетный период времени $V_{гс(ст)}$ 26345 м³ объем нестабильного газового конденсата, полученного в процессе сепарации газоконденсатной смеси за расчетный период времени $V_{НГК}$ 33,205 м³ плотность газа сепарации при стандартных условиях $\rho_{гс}$ 0,778 кг/м³ плотность нестабильного газового конденсата при термобарических условиях измерения объема $\rho_{НГК}$ 723,2 кг/м³ уровень точности измерений объема газа сепарации по ГОСТ Р 8.740 – «Д» граница относительной приписанной погрешности измерений (при $P=0,95$) массы нестабильного газового конденсата $Y_{0,95o(mнгк)}$ - 0,7 %. Сходимость результатов определений плотности при стандартных условиях соответствует требованиям ГОСТ 17310. Показатели воспроизводимости и правильности результатов определения плотности газа сепарации при стандартных условиях соответствуют ГОСТ 17310.

Компонентно-фракционный состав газа сепарации и нестабильного газового конденсата, ранжированный по температурам кипения фракций:

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

Компоненты, фракции	Температура кипения, °С	Молярная масса, г/моль (кг/кмоль)	Доля компонентов и фракций, %			
			Газ сепарации		Нестабильный газовый конденсат	
			Молярная	Массовая	Молярная	Массовая
Сероводород	-59,7	34,1	0,0835	0,1697	0,4782	0,1937
Карбонилсульфид	-50,2	60,1	0,0001	0,0002	0,0006	0,0004
Метилмеркаптан	5,9	48,1	0,0007	0,0019	0,079221	0,0453
Этилмеркаптан	35,1	62,1	0,0008	0,0028	0,349621	0,2583
Диметилсульфид	37,4	62,1	0,0001	0,0002	0,03127	0,0231
Азот	-195,6	28,0	0,4686	0,7824	0,0049	0,0016
Диоксид углерода	-78,3	44,0	0,0500	0,1312	0,1205	0,0630
Метан	-161,5	16,0	95,5382	91,3889	4,8471	0,9246
Этан	-88,6	30,1	3,3660	6,0351	5,0287	1,7979
Пропан	-42,0	44,1	0,3205	0,8426	4,1529	2,1774
Изобутан	-11,7	58,1	0,0569	0,1971	3,0097	2,0799
Н-бутан	-0,5	58,1	0,0705	0,2445	6,2816	4,3411
Изопентан	27,8	72,2	0,0158	0,0681	5,2471	4,5013
Н-пентан	36,1	72,2	0,0148	0,0637	7,2027	6,1789
Фракция 45-60	52,5	79,2	0,0007	0,0034	0,7557	0,7116
Фракция 60-70	65,0	84,6	0,0084	0,0421	15,5346	15,6212
Фракция 70-80	75,0	89,1	0,0006	0,0034	1,8731	1,9852
Фракция 80-90	85,0	93,9	0,0011	0,0062	5,2436	5,8521
Фракция 90-100	95,0	98,6	0,0016	0,0096	12,2562	14,3669

Домашнее задание оформляется в виде электронного отчёта, который должен содержать основные расчёты и результаты.

3. Вопросы к зачёту

- 1) Требования, предъявляемые к природному газу.
- 2) Требования, предъявляемые к сжиженному природному газу (СПГ).
- 3) Требования, предъявляемые к сжиженному природному газу (СПГ).
- 4) Способы отбора проб газа. Отбор пробы при помощи запирающей жидкости. Отбор пробы в сухие газометры. Отбор проб под давлением.
- 5) Отбор проб сжиженных углеводородных газов.
- 6) Методы определения плотности газов. Определение плотности и относительной плотности пикнометром.
- 7) Расчётные методы определения плотности. Расчет плотности природного газа. Расчет плотности сжиженных газов.
- 8) Определение вязкости газов. Вискозиметры Голубева и Петрова. Метод падения груза в исследуемом газе. Вискозиметры для сжиженных газов.

	МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

- 9) Определение состава природного и попутного газа, ГМТ на основе метана методом газовой хроматографии.
- 10) Принципиальная схема, основные системы и узлы газового хроматографа.
- 11) Система подготовки газов. Дозирующие устройства. Хроматографические колонки. Детекторные системы.
- 12) Градуировка хроматографа. Поверочные газовые смеси (ПГС).
- 13) Компонентный состав природного газа.
- 14) Компонентный состав сжиженных углеводородных газов.
- 15) Определение физико-химических показателей на основе состава газа.
- 16) Расчет физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов переработки.
- 17) Расчет термодинамических свойств сжиженного природного газа.
- 18) Методы определения сероводорода и меркаптановой серы в газах
- 19) Определение сероводорода и меркаптановой серы в природных газах потенциометрическим титрованием.
- 20) Кривые потенциометрического титрования серосодержащих проб. Вычисление массовой доли сероводорода и меркаптанов в пересчете на серу.
- 21) Определение серосодержащих соединений в природных и сжиженных газах методом газовой хроматографии.
- 22) Пламенно-фотометрический детектор (ПФД), механизм образования сигнала.
- 23) Поверочные газовые смеси (ПГС) и государственные стандартные образцы (ГСО) серосодержащих соединений.
- 24) Определение интенсивности запаха природного и сжиженных газов.
- 25) Определение свинца в бензинах.
- 26) Определение марганца в бензинах.
- 28) Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с детектированием по коэффициенту рефракции.
- 30) Определение метанола методом газовой хроматографии. Влияние ароматических соединений на экстракцию метанола.
- 31) Теплопередача в калориметрических системах.
- 32) Теплообмен через теплопроводность, конвекцию и излучение. Режимы калориметрических измерений: изотермический, адиабатический, изопериболический, сканирующий.
- 34) Градуировка калориметров, общие принципы.

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

35) Определения высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания СГК.

4. Примерные вопросы к тесту:

Раздел 10. «Итоговый тест»:

1) Температура при конкретном давлении, при которой начинается конденсация паров воды при отборе проб:

- точка росы воды
- точка воды
- температура отбора
- точка отбора

2) Содержание серосодержащих примесей в природном газе горючем природном для промышленного и коммунального потребления нормируется в большей степени из-за:

- коррозионного воздействия
- эрозионного воздействия
- интенсивного запаха на компрессорных станциях
- взаимодействия с маслом в дожимающих компрессорах.

3) В соответствии со стандартом на определение состава природного газа методом газовой хроматографии в качестве детектора для определения содержания углеводородов может применяться:

- пламенно-ионизационный детектор
- детектор электронного захвата
- пульсирующий пламенно-фотометрический детектор
- фотоионизационный детектор

4) В случае, если подача пробы в хроматограф при давлении насыщенных паров газового конденсата не обеспечивает стабильность значений компонентного состава следует

- использовать пробоотборник с плавающим поршнем
- использовать пробоотборник с сильфонным устройством
- применить метод с предварительным испарением пробы СУГ
- охладить пробоотборник

5) С помощью пламенно-фотометрического детектора кроме серосодержащих соединений хроматографическим методом можно определить

- фосфорсодержащие соединения
- азотсодержащие соединения

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

- мышьяксодержащие соединения

- хлорсодержащие соединения.

5. Вопросы для самостоятельной работы:

- 1) Требования к стабильному газовому конденсату.
- 2) Принципы отбора проб. Требования безопасности. Подготовка оборудования для отбора проб.
- 3) Точечный, прямой и последовательный отбор проб.
- 4) Определение плотности ареометром.
- 5) Определение плотности и относительной плотности пикнометром.
- 6) Определение плотности осциляционным методом в U-образной трубке.
- 7) Определение плотности при 15 и 20°C, выхода фракций при различных температурах, массовой доли парафина, массовой доли хлорорганических соединений.
- 8) Хроматографические методы анализа газоконденсатов.
- 9) Принципиальная схема, основные системы и узлы газового хроматографа
- 10) Определение серосодержащих компонентов хроматографическим методом.
- 11) Определение давления насыщенных паров, содержания серы в газовых конденсатах и в его фракциях.
- 12) Определение давления насыщенных паров, массовой доли воды, массовой доли механических примесей, массовой доли серы, массовой доли сероводорода и метил- и этилмеркаптанов (в сумме).
- 13) Определение индивидуального и группового углеводородного состава бензиновых фракций и автомобильных бензинов.
- 14) Анализ бензола и ароматических углеводородов в бензиновых фракциях и топливах.
- 15) Определение кислородсодержащих соединений.
- 16) Определение N-метиланилина в бензинах.
- 17) Основные принципы атомно-абсорбционной спектрометрии.
- 18) Устройство атомно-абсорбционного спектрометра. Источники света. Пламя атомизации и горелки. Распылители и распылительные камеры. Осветительная оптика.
- 19) Определение свинца в бензинах.
- 20) Определение марганца в бензинах.
- 21) Определение металлов в продуктах нефтепереработки.

	МИНОБРНАУКИ РОССИИ
	ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет»
	Факультет Инженерно-физический
	Кафедра Химии и химической технологии

- 22) Расчета компонентно-фракционного состава гзоконденсатной смеси на основе результатов экспериментального определения компонентно-фракционного состава газа сепарации и нестабильного газового конденсата.
- 23) Определение типов ароматических углеводородов в средних дистиллятах.
- 24) Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с детектированием по коэффициенту рефракции.
- 25) Определение метанола методом газовой хроматографии. Влияние ароматических соединений на экстракцию метанола.
- 26) Теплопередача в калориметрических системах.
- 27) Теплообмен через теплопроводность, конвекцию и излучение. Режимы калориметрических измерений: изотермический, адиабатический, изопериболический, сканирующий.
- 28) Градуировка калориметров, общие принципы.
- 29) Определения высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания СГК.

Критерии оценки:

- **не зачтено выставляется студенту, если** дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

- **зачтено выставляется студенту, если** дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.