

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР
А.В. Бурмистров
« 09. » 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.16 Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика

Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
(шифр) (наименование)

Профили подготовки «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства», «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и переработки нефти, газа и продуктов нефтепереработки»

Квалификация выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет ИП – ФТПКЭ, ИНХН - ФННХ

Кафедра-разработчик рабочей программы
«Процессы и аппараты химической технологии»
Курс 2, семестр 4

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	36	1
Семинарские занятия		
Лабораторные занятия	45	1.25
Самостоятельная работа	63	1.75
Форма аттестации	Диф. зачет	
Всего	144	4

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования

№ 226 от 12.03.2015

(номер, дата утверждения)

по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

(шифр)

(наименование)

для профилей - «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства» и «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и переработки нефти, газа и продуктов нефтепереработки» на основании учебного плана набор обучающихся 2015 - 2018 годов.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчики программы:

профессор

(должность)

(подпись)

Н.Х. Зиннатуллин

(Ф.И.О)

доцент

(должность)

(подпись)

Ф.А. Абдулкашарова

(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПАХТ,

протокол от 31.08.2018 г. № 11

Зав. кафедрой

(подпись)

А.В. Клинов

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии факультета нефти и нефтехимии

от 7.09 2018 г. № 1

Председатель комиссии, профессор

(подпись)

Башкирцева Н.Ю.

(Ф.И.О.)

Протокол заседания методической комиссии института полимеров

от 14.09 2018 г. № №1

Председатель комиссии, профессор

(подпись)

Ярошевская Х.М.

(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета

от 17.09 2018 г. № 8

Председатель комиссии, доцент

(подпись)

Гаврилов А.В.

(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ, доцент

(подпись)

Китаева Л.А.

(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» являются:

- а) формирование необходимой начальной базы знаний о законах равновесия и движения жидкостей применительно, как к традиционным задачам гидравлики, так и задачам нефтегазовой гидромеханики,
- б) приобретение студентами навыков расчета сил, действующих на стенки резервуаров,
- в) гидравлического расчета трубопроводов различного назначения для стационарных и нестационарных режимов течения жидкостей,
- г) решения технологических задач нефтегазового производства.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» относится к *базовой* части ОП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» бакалавр по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) математика,*
- б) информатика,*
- в) физика,*
- г) химия*

Дисциплина «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) термодинамика и теплопередача,*
- б) безопасность жизнедеятельности,*
- в) метрология, квалиметрия и стандартизация,*
- г) основы автоматизации технологических процессов нефтегазового производства.*

Знания, полученные при изучении дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» могут быть использованы при прохождении производственной, преддипломной практик и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-2 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ПК-25 способностью использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности

ПК-26 способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: а) основы теории переноса импульса;
б) принципы физического моделирования гидромеханических процессов;
в) основные уравнения движения жидкостей;
г) типовые процессы нефтегазового дела, соответствующие аппараты и методы их расчета.
- 2) Уметь: а) определять характер движения жидкостей и газов;
б) определять основные характеристики процессов импульсопередачи;
в) рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного нефтегазового процесса.
- 3) Владеть: а) методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей нефтегазового оборудования;
б) навыками проектирования простейших аппаратов нефтяной промышленности;

в) методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.

4. Структура и содержание дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика».

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Семинары, практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
	Введение	4	1	4			6	
1	Гидростатика	4	2-6	8		8	10	Выступление на коллоквиуме, защита лабораторной работы
2	Гидродинамика	4	7-13	14		25	33	Выступление на коллоквиуме, защита лабораторных работ
3	Нефтегазовая гидродинамика	4	14-18	10		12	20	Выступление на коллоквиуме, защита лабораторных работ
	Итого			36		45	63	Диф. зачет

5. Содержание лекционных занятий по темам

Использование изданных учебных пособий и электронных версий курса лекций, а также демонстрационного материала в виде слайдов для графо- и мультимедийного проекторов позволяет существенно ускорить темп чтения лекций и изложить курс за 36 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Компетенции
	Введение	4	Введение	Краткий исторический обзор. Роль технической гидромеханики в нефтегазовой промышленности. Гипотеза сплошной среды. Силы, действующие в жидкости. Основные физические свойства жидкости: сжимаемость, вязкость. Плотность, коэффициент объёмного сжатия, давление насыщенных паров жидкости. Касательные и нормальные напряжения. Гидростатическое давление и его свойства. Давление абсолютное, избы-	ОПК-2 ПК-25 ПК-26

				точное, вакуум. Термодинамические уравнения состояния. Жидкости несжимаемые, капельные, газообразные. Гетерогенные системы. Фазы. Компоненты и дисперсность сред. Концентрация. Плотность многофазных систем. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.	
1	Гидростатика	8	Гидростатика	Дифференциальные уравнения гидростатики Эйлера. Изобарические поверхности. Равновесие капельной жидкости в поле силы тяжести. Основное уравнение гидростатики несжимаемых жидкостей. Закон Паскаля. Гидростатика неньютоновских жидкостей, обладающих динамическим напряжением сдвига. Гидростатика сжимаемой жидкости. Гидростатика двухфазной жидкости. Давление жидкости на твердые плоские поверхности. Давление жидкости на твердые криволинейные поверхности. Закон Архимеда. Равновесие твердых частиц и пузырьков в ньютоновских и неньютоновских жидкостях, газе, газожидкостной смеси. Формулы для витания частиц в различных жидкостях.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
2	Гидродинамика	14			ОПК-2 ПК-25 ПК-26
		2	Основные понятия и определения гидродинамики.	Уравнения движения идеальной и вязкой жидкостей в дифференциальной форме. Интеграл Бернулли. Уравнение Бернулли для струйки и потока несжимаемой жидкости. Два вида потерь напора. Графическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. Примеры технического приложения уравнения Бернулли. Виды гидравлических сопротивлений. Схема их экспериментального определения.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
		4	Опыты Рейнольдса. Режимы течения жидкости.	Ламинарное движение несжимаемой жидкости в цилиндрической трубе. Распределение скоростей и напряжений. Формула Пуазейля. Коэффициент гидравлического сопротивления. Турбулентное течение жидкости. Структура потока. Осредненные местные скорости. Эпюра скоростей. Потери напора. Коэффициент гидравлических сопротивлений. Перепад давлений при турбулентном течении. Шероховатость труб. Графики Никурадзе и Мурина. Ламинарное и турбулентное течение в трубах вязкопластической и степенной жидкости. Формулы для определения перепада давлений в трубах для жидкостей разной реологии. Обобщенная диаграмма гидравлических сопротивлений для неньютоновских жидкостей.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
		4	Местные сопротивления.	Местные сопротивления. Теорема Борда. Формула Вейсбаха. Экспериментальное определение коэффициента местных	ОПК-2 ПК-25 ПК-26

				сопротивлений. Эквивалентная длина. Взаимное влияние местных сопротивлений. Классификация трубопроводов. Основные задачи расчета простых трубопроводов и методы их решения. Особенности трубопроводов, работающих под вакуумом. Принципы расчета сложных трубопроводов. Скважина как сложный трубопровод. Эпюра распределения давлений в бурящейся скважине.	
		4	Установившееся истечение жидкости из малого отверстия в "тонкой" стенке и насадков.	Коэффициенты сжатия струи, скорости и расхода. Насадки, их виды и области применения. Взаимодействие струи жидкости с твердыми поверхностями. Неустановившееся движение в трубах. Инерционный напор. Виды неустановившиеся процессов в технике, в том числе в скважинах. Гидравлический удар. Формула Жуковского. Методы снижения ударного давления.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
3	Нефтегазовая гидродинамика	10			ОПК-2 ПК-25 ПК-26
		10	Введение в подземную гидродинамику.	Основные понятия теории фильтрации. Скорость фильтрации. Проницаемость. Опыты и закон Дарси. Пределы применимости закона Дарси и причины его нарушения. Число Рейнольдса для фильтрационного потока. Нелинейные законы фильтрации. Индикаторные кривые. Коэффициент продуктивности скважины. Установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости. Одномерные фильтрационные течения. Дебит и распределение давления при линейной фильтрации. Плоско-радиальная фильтрация жидкости. Формула Дюпюи. Кривая депрессии. Потенциал точечного источника и стока на плоскости. Принцип суперпозиции. Интерференция скважин.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26

6. Практические занятия - не предусмотрены учебным планом

7. Содержание лабораторных занятий

Основными целями выполнения лабораторных работ являются: закрепление и углубление знаний теоретического материала, ознакомление с оборудованием и измерительными приборами, приобретение и совершенствование навыков экспериментальных исследований.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
----------	-------------------	------	----------------------------------	--------------------	-------------------------

	Гидростатика	8			ОПК-2 ПК-25 ПК-26
1		8	Основной закон гидростатики. Измерение давления и вакуума в покоящейся жидкости	Определение давления. Запись основного уравнения гидростатики. Определение величин абсолютного, избыточного давлений и вакуума. Размерность давления в различных системах единиц. Приборы для измерения давления и вакуума.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
2	Гидродинамика	25			ОПК-2 ПК-25 ПК-26
		5	Определение потерь напора в прямой цилиндрической трубе	Определение потерь напора в прямой цилиндрической трубе при различных скоростях из опыта и расчета. Сравнение этих величин.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
3		5	Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли	Понятие физического смысла уравнения Бернулли. Определение потерь напора. Способы измерения средней и локальной скоростей движения жидкости.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
4		5	Измерение расхода воды с помощью диафрагмы	Принципы измерения расхода воды с помощью диафрагмы. Устройства для измерения расхода воды с помощью диафрагмы.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
5		5	Определение потерь напора в запорных устройствах	Определение местных сопротивлений. Потери давления при различных скоростях движения жидкости.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
6		5	Определение скорости и расхода воды при истечении через отверстия и цилиндрический насадок	Ознакомление с конструкцией отверстий в «тонкой стенке», насадок и особенностями истечения из них. Определение по напору скорости истечения. Определение расхода. Расчет времени истечения воды.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
	Нефтегазовая гидродинамика	12			ОПК-2 ПК-25 ПК-26
7		6	Изучение гидравлики взвешенного слоя	Вычисление критической скорости начала псевдооживления расчетным и опытным путем. Определение порозности, гидравлического сопротивления.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
8		6	Изучение гидравлики зернистого слоя	Вычисление критической скорости, гидравлического сопротивления. Сравнение расчетных и опытных данных.	ОПК-2 ПК-25 ПК-26

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Компетенции
1	Гипотеза сплошной среды. Силы, действующие в жидкости. Основные физические свойства жидкости: сжимаемость, вязкость. Плотность, коэффициент объёмного сжатия, давление насыщенных паров жидкости. Касательные и нормальные напряжения. Гидростатическое давление и его свойства. Давление абсолютное, избыточное, вакуум. Термодинамические уравнения состояния. Жидкости несжимаемые, капельные, газообразные. Гетерогенные системы. Фазы	6	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
2	Основы гидростатики. Абсолютный и относительный покой. Гидростатическое давление и его свойства. Уравнение Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля.	4	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
3	Основы гидродинамики. Поток жидкости и его характеристики. Идеальная и реальная жидкость. Потерянный напор. Коэффициенты гидравлического сопротивления. Течение в цилиндрической трубе.	3	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
4	Основной закон гидростатики. Измерение давления и вакуума в покоящейся жидкости	3	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
5	Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли	3	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
6	Измерение расхода воды с помощью диафрагмы	3	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
7	Поток жидкости и его характеристики. Идеальная и реальная жидкость. Потерянный напор. Коэффициенты гидравлического сопротивления. Течение в цилиндрической трубе.	3	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
8	Пленочное течение жидкости. Физическое моделирование импульсообмена. Обтекание твердых тел. Движение газовых пузырей и капель. Движение сред через слои зернистых материалов. Пневмотранспорт и гидротранспорт. Движение неньютоновских жидкостей.	5	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
9	Измерение расхода воды с помощью диафрагмы	3	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
10	Определение потерь напора в прямой цилиндрической трубе	3	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
11	Определение потерь напора в запорных устройствах	3	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-2 ПК-25 ПК-26

12	Определение скорости и расхода воды при истечении через отверстия и цилиндрической насадок	4	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчет	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
13	Основные определения и понятия нефтегазовой гидродинамики	3	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
14	Основные понятия теории фильтрации в нефтегазовой гидродинамике	3	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
15	Нелинейные законы фильтрации в нефтегазовой гидродинамике	4	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
16	Одномерные фильтрационные течения в нефтегазовой гидродинамике	4	Подготовка к коллоквиуму	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
17	Изучение гидравлики взвешенного слоя	3	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчет	ОПК-2 ПК-25 ПК-26
18	Изучение гидравлики зернистого слоя	3	Подготовка к лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчет	ОПК-2 ПК-25 ПК-26

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» используется рейтинговая система, соответствующая «Положению о балльно-рейтинговой системе (БРС) оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» (Утверждено решением УМК Ученого совета ФГБОУ ВПО «КНИТУ», протокол №12 от 24 октября 2011 г.). Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля.

При расчете текущего рейтинга $R^{тек}$ за семестр каждая работа студента оценивается по пятибалльной шкале (возможны дробные оценки, например, 3.8 или 4.5).

Работа считается зачтенной, если изначальный балл ≥ 3 . В случае несвоевременной сдачи работы может вводиться понижающий коэффициент 0.8, а при отсутствии студента на занятии без уважительной причины и последующей отработки – коэффициент 0.6.

По завершении семестра определяются средние баллы, набранные студентом по всем видам работ. Текущий рейтинг студента за семестр рассчитывается следующим образом:

$$R^{тек} = K \left(\sum_{i=1}^n a_i B_i \right),$$

где B_i - средний за семестр балл студента по работам вида i ;

a_i - весовой множитель (доля), определённый лектором для работ вида i ;

n – количество видов работ в семестре (лабораторные, коллоквиумы);

К – множитель, равный 20.

Таким образом, максимальный рейтинг равен 100 баллам, а минимальный рейтинг для получения зачета равен 60 баллам.

Перевод итогового рейтинга в традиционную шкалу оценок осуществляется следующим образом:

$0 \leq R^{\text{дис}} < 60$ – неудовлетворительно;

$60 \leq R^{\text{дис}} < 73$ – удовлетворительно;

$73 \leq R^{\text{дис}} < 87$ – хорошо;

$87 \leq R^{\text{дис}} \leq 100$ – отлично.

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>8</i>	<i>36</i>	<i>60</i>
<i>Коллоквиум</i>	<i>9</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого диф. зачет:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Гидравлика и нефтегазовая гидромеханика» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Разинов А.И. Гидромеханические и теплообменные процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие /А.И. Разинов, О.В. Маминов, Г.С. Дьяконов - Казань: изд-во КГТУ, 2007. – 212 с.	416 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф.Павлов, П.Г. Романков, А.А.Носков. –13-е изд., стереотип. – М.: Альянс, 2007. – 575 с.	100 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г.Касаткин. – 12-е изд., стереотип., перераб. – М.: Альянс, 2006. – 750 с.	99 экз. в УНИЦ КНИТУ

10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Разинов, А.И. Теоретические основы процессов химической технологии: учебное пособие / А.И.Разинов, О.В.Маминов, Г.С.Дьяконов. – Казань: Изд-во КГТУ, 2005. – 362с.	235 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Басниев К.С. Нефтегазовая гидромеханика / Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Розенберг Г.Д. под ред. ак. Григоряна С.С.- 2-е изд., М.-И., 2005, 544 с.	1 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Процессы и аппараты химической технологии. Метод. указания к лабор. практикуму. Ч.1. Лабораторные работы. Казань. 2005. 56 с.	1 экз.
4. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам химической технологии: учебное пособие, Ф.А. Абдулкашапова [и др.]; под ред. Г.С. Дьяконова. – Казань: изд-во КГТУ, 2005. – 236 с.	1555 экз. в УНИЦ КНИТУ
5. Басниев К.С. Подземная гидромеханика / Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Каневская Р.Д., Максимов В.М.- 2-е изд., М.-И., 2006, 488 с.	5 экз. в УНИЦ КНИТУ

10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – [http:// ruslan.kstu.ru/](http://ruslan.kstu.ru/)
2. ЭБС «ЮРАЙТ» - <http://www/biblio-online.ru/>
3. ЭБС «Руконт» - <http://rucont.ru/>
4. ЭБС «Лань» - <http://e.lanbook.com/>
5. ЭБС «КнигаФонд» - <http://www.knigafund.ru/>

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



11. Оценочные средства для определения результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся разработаны согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформлены отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Лекционные занятия:

- a. комплект электронных презентаций/слайдов,
- b. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук),

2. Лабораторные занятия

- a. лаборатории гидравлики (Е-108 и Е-109), оснащенные необходимым оборудованием,
- b. лаборатория тепло-массообменных установок (Е-101), оснащенная необходимым оборудованием,
- c. компьютерный класс с 20-ю персональными компьютерами (Е-106), на которых установлено необходимое лицензионное программное обеспечение

3. Прочее

- a. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- b. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

13. Образовательные технологии

Весь лекционный курс обеспечен учебными пособиями, раздаточным материалом и комплектом слайдов, что позволяет вести активный диалог со студентами. При проведении коллоквиумов и защите лабораторных работ организуются дискуссии между студентами.

Лабораторный практикум изложен в учебном пособии [3], необходимый тираж которого имеется в библиотеке, что позволяет студентам самостоятельно готовиться к лабораторным работам, проводить обработку результатов и оформление отчетов.

