

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР
А.В.Бурмистров
« 04. » 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.20. Процессы и аппараты химических технологий

Направление подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление»

(шифр)

(наименование)

Профили подготовки «Системный анализ и управление в химических технологи-
ях¹», «Логистические системы и технологии²»

Квалификация выпускника

БАКАЛАВР

Форма обучения

ОЧНАЯ

Институт, факультет

¹Институт управления, автоматизации и информационных технологий, факультет
управления и автоматизации

²Институт управления инновациями, факультет социотехнических систем

Кафедра-разработчик рабочей программы

«Процессы и аппараты химической технологии»

Курс, семестр 2, 3

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Лабораторные занятия	36	1,0
Практические занятия	-	-
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации	зачет	
Всего	108	3

Казань, 2019 г.

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

№ 195 от 11.03.2015 г. по направлению 27.03.03 «Системный анализ и управление»

(шифр)

(наименование)

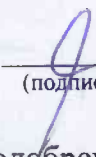
на основании учебного плана для набора обучающихся 2019 года.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

доцент

(должность)

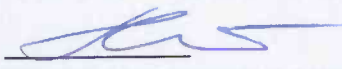

(подпись)

Р.Н. Хамидуллин

(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПАХТ,
протокол № 6 от 22 мая 2019 г.

Зав. кафедрой, профессор


(подпись)

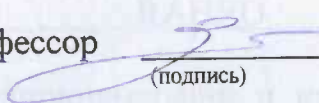
А.В. Клинов

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания метод. комиссии факультета управления и автоматизации
от 26 июня 2019 г. № 13

Председатель комиссии, профессор

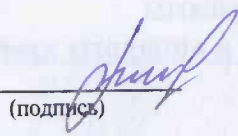

(подпись)

Р.Н. Зарипов

(Ф.И.О.)

Протокол заседания метод. комиссии факультета социотехнических систем
от 21 июня 2019 г. № 9

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

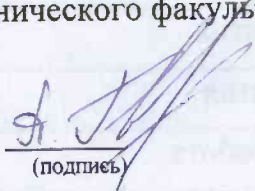
Н.Ш. Валеева

(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета
от 08 июля 2019 г. № 6а

Председатель комиссии, доцент


(подпись)

А.В. Гаврилов

(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ, доцент


(подпись)

Л.А. Китаева

(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» являются:

- а) формирование знаний о теоретических основах процессов химической технологии и конструкциях аппаратов для их проведения,*
- б) обучение технологии получения конечного результата – выбора оптимальных режимных параметров протекающих процессов и расчета основных размеров соответствующих аппаратов,*
- в) обучение способам применения полученных знаний для решения практических задач,*
- г) раскрытие сущности процессов, происходящих в промышленных аппаратах.*

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Процессы и аппараты химических технологий» относится к *базовой* части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» бакалавр по направлению подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) информатика,*
- б) физика,*
- в) общая химическая технология.*

Дисциплина «Процессы и аппараты химических технологий» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) экология.*

Знания, полученные при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» могут быть использованы при прохождении практик и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление» .

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК -1 Готовность применять методы математики, физики, химии, системного анализа, теории управления, теории знаний, теории и технологии программирования, а также методов гуманитарных, экономических и социальных наук.

ОПК-3 Способность представлять современную научную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук и математики

ОПК-7 Способность к освоению новой техники, новых методов и новых технологий

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: а) основы теории переноса импульса, тепла и массы;
б) принципы физического моделирования химико-технологических процессов;
в) типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета.
- 2) Уметь: а) определять характер движения жидкостей и газов;
б) определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи;
в) рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса.
- 3) Владеть: а) методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования;
б) методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.

4. **Структура и содержание дисциплины** «Процессы и аппараты химических технологий». Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам)
			Лекция	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	Теоретические основы дисциплины	3	3	-	2	2	защита лабораторных работ
2	Гидромеханические процессы и аппараты химических производств	3	3	-	18	24	защита лабораторных работ
3	Теплообменные процессы и аппараты химических производств	3	6	-	8	10	защита лабораторных работ
4	Массобменные процессы и аппараты химических производств	3	6	-	8	18	защита лабораторных работ
	Итого:		18		36	54	Зачет
Форма аттестации					Очная форма: Зачет		

5. Содержание лекционных занятий по темам.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
	Теоретические основы дисциплины	3			ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
1	Теоретические основы дисциплины	0,5	Механизмы и уравнения переноса	Иерархия характерных масштабов; способы усреднения; молекулярный, конвективный и турбулентный механизмы переноса; условия макроскопического проявления и направление процессов переноса; выражения для потоков массы, энергии и импульса за счет различных механизмов	
		0,5	Законы сохранения.	Законы сохранения массы, импульса и энергии, их математическая запись в интегральной и локальной формах, анализ полученных уравнений, частные случаи (уравнения Навье-Стокса, Эйлера, Бернулли, Фурье-Кирхгофа, нестационарные уравнения Фурье, Фика); исчерпывающее описание процессов переноса, условия однозначности; поля скорости, дав-	

				ления, температуры, концентраций; понятие о пограничных слоях; аналогия процессов переноса	
		1,5	Моделирование	Цели, основные понятия и этапы математического и физического моделирования, теория подобия, проблема масштабного перехода; структура потоков в аппаратах, ее основные характеристики и модели, моделирование структуры потоков с помощью перечисленных методов моделирования	
		0,5	Межфазный перенос субстанций	Вывод уравнений массо-, тепло- и импульсоотдачи в локальной и интегральной формах, подобие соответствующих процессов; определение коэффициентов массо-, тепло- и импульсоотдачи, аналогия процессов массо-, тепло- и импульсоотдачи; уравнения массо-, тепло- и импульсопередачи, определение соответствующих коэффициентов	
2	Гидромеханические процессы и аппараты химических производств	3			ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
		1	Основы гидромеханики	Гидростатика: абсолютный и относительный покой, поле давления и поверхности равного давления, основное уравнение гидростатики. Гидродинамика: характеристики движения сред (поток и его геометрические элементы, установившееся, равномерное и неравномерное, напорное и безнапорное течение; идеальная и реальная жидкость, виды напора, гидравлическое сопротивление, потерянные напор и давление, коэффициенты гидравлического сопротивления и трения). Расчет гидравлического сопротивления аппаратов и оптимизация движения в них. Движение неньютоновских жидкостей	
		2	Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	Классификация насосов и их основные характеристики. Динамические насосы: центробежные, осевые, вихревые, струйные, газлифты; объемные насосы: поршневые, диафрагмовые, шестеренные, пластинчатые, винтовые, Монтежу. Сравнительный анализ работы насосов различных типов	
3	Теплообменные процессы и аппараты химических производств	6			ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
		3	Теплообмен	Основные определения тепловых процессов. Механизмы передачи тепла Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Теплообмен излучением. Теплоотдача. Уравнение теплоотдачи. Тепловое подобие. Промышленные способы передачи тепла. Движущая сила тепловых процессов. Основные положения теплового расчета теплообменников. Математическое моделирование теплообменников. Классификация теплообменных	

				аппаратов.	
		3	Выпаривание	Методы выпаривания. Однокорпусные выпарные установки. Материальный баланс. Тепловой баланс. Многокорпусные выпарные установки (МВУ). Материальный и тепловой баланс МВУ. Определение общей и полезной разности температур. Распределение полезной суммарной разности температур по корпусам. Алгоритм расчета МВУ.	
4	Массообменные процессы и аппараты химических производств	6			ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
		2	Основы массообмена	Основные виды массообменных процессов. Равновесие при массообмене. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнения рабочих и равновесных линий. Скорость массообмена. Механизмы массопереноса. Уравнение массоотдачи и массообмена. Движущая сила массообменных процессов. Число и высота единиц переноса (ЧЕП). Теоретическая ступень изменения концентраций (теоретическая тарелка). Расчет массообменных аппаратов.	
		2	Абсорбция	Абсорбция. Физические основы. Равновесие при абсорбции. Уравнения материальных и тепловых балансов. Кинетика абсорбции. Скорость процессов абсорбции. Устройство абсорбционных аппаратов. Алгоритм расчета абсорберов.	
		2	Процессы перегонки	Равновесие систем жидкость - пар. Простая перегонка, фракционная, в токе носителя. Ректификация. Схема установки. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны. Флегмовое число. Зависимость между флегмовым числом, высотой колонны и расходом греющего пара. Специальные виды перегонки. Аппаратурное оформление процесса процессов перегонки.	

6. Содержание практических занятий

Не предусмотрено учебным планом

7. Содержание лабораторных занятий

Цели лабораторного практикума заключаются в следующем:

1. Закрепление и углубление знаний по теории основных процессов химической технологии.
2. Приобретение и совершенствование навыков экспериментальных исследований. Освоение методов обработки опытных данных.
3. Изучение устройств, принципов действия, режимов работы аппаратов на примерах модельных установок.
4. Ознакомление с оборудованием и измерительными приборами, а также с организацией и методикой проведения экспериментов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Теоретические основы дисциплины	2	Определение режима течения воды в цилиндрической трубе круглого сечения	Визуальное наблюдение течения жидкости в цилиндрической трубе круглого сечения. Определение значения числа Рейнольдса, соответствующего наблюдаемым режимам течения.	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
2	Гидромеханические процессы и аппараты химических производств	4	Измерение давления и вакуума в покоящейся жидкости	Ознакомление с методикой измерения давлений и вакуума приборами. Измерение двух-трех значений избыточного давления и вакуума на свободной поверхности и в точке Д, погруженной в жидкость на глубину Н. Перевод измеренных значений давления в единицы СИ. Определение расчетных значений избыточного давления в точке Д по основному уравнению гидростатики и сравнение их с измеренными значениями. Определение расчетных значений абсолютного давления в точке Д.	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
		4	Определение потерь напора в прямой цилиндрической трубе	определение потерь напора в прямой цилиндрической трубе по длине непосредственно из опыта при различных скоростях движения воды. Определение потерь напора по длине расчетным путем. Сравнение полученных опытных значений с вычисленными.	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7

		4	Испытание центробежного насоса	Ознакомление с конструкцией насосной установки. Проведение испытания центробежного насоса типа Кс 10-55/2. Построение рабочих характеристик насоса при постоянном числе оборотов по опытным и расчетным данным. Определение оптимальных параметров насоса при данном числе оборотов.	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
		6	Изучение гидродинамики тарельчатых колонн	Визуальное наблюдение гидродинамических режимов работы насадочной колонны и их характерных особенностей, опытное определение и расчет гидравлических сопротивлений сухой и орошаемой насадок, расчет скорости воздуха в точке инверсии, расчет фактора гидродинамического состояния двухфазной системы, сопоставление его с опытным значением	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
3	Теплообменные процессы и аппараты химических производств	8	Изучение теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе».	Схема установки и конструкция теплообменника типа «труба в трубе», опытные и расчетные значения коэффициента теплопередачи при различных условиях проведения эксперимента, влияние различных факторов на коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
4	Массообменные процессы и аппараты химических производств	8	Изучение процесса абсорбции	Изучение абсорбции паров хлористого водорода из воздуха водой в насадочном абсорбере определяется движущая сила процесса, коэффициенты массоотдачи фаз, коэффициент массопередачи. Опытные результаты сравниваются результатами теоретических расчетов.	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7

Лабораторные работы проводятся в лаборатории гидромеханических процессов и в лаборатории тепло-массообменных процессов кафедры ПАХТ.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Теоретические основы дисциплины	2	Изучение лекционных материалов, основной и вспомогательной литературы	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
2	Гидромеханические процессы и аппараты химических производств	2	Изучение лекционных материалов, основной и вспомогательной литературы	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
3	Теплообменные процессы и аппараты химических производств	2	Изучение лекционных материалов, основной и вспомогательной литературы	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
4	Массобменные процессы и аппараты химических производств	4	Изучение лекционных материалов, основной и вспомогательной литературы	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
5	Определение режима течения воды в цилиндрической трубе круглого сечения	4	подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
6	Измерение давления и вакуума в покоящейся жидкости	6	подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
7	Определение потерь напора в прямой цилиндрической трубе	6	подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
8	Испытание центробежного насоса	6	подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
9	Изучение гидродинамики тарельчатых колонн	6	подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
10	Изучение теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе».	8	подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7
11	Изучение процесса абсорбции	8	подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета	ОПК-1 ОПК-3 ОПК-7

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» используется бально-рейтинговая система, соответствующая «Положению о бально-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО «КНИТУ». 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 зачтённой, 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: $R^{тек} = 20 \cdot (\sum a_i \cdot b_i)$ 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.

Перевод рейтинга по дисциплине в традиционную шкалу оценок осуществляется следующим образом:

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

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

$73 \leq R^{дис} < 87$ – хорошо;

$87 \leq R^{дис} \leq 100$ – отлично.

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
<i>Защита лабораторных работ</i>	<i>7</i>	<i>60</i>	<i>100</i>
<i>Итого:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

Основные 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.	237 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. 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
3. 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.	99экз. в УНИЦ КНИТУ
4. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам химической технологии: учебное пособие, Ф.А. Абдулкашاپова [и др.]; под ред. Г.С. Дьяконова. – Казань: изд-во КГТУ, 2005. – 236 с.	1487 экз. в УНИЦ КНИТУ

10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г.Касаткин. – 12-е изд., стереотип., перераб. – М.: Альянс, 2006. – 750 с.	96 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Ченцова Л.И., Шайхутдинова, М.К., Ушанова, В.М. Процессы и аппараты химической технологии. Учебное пособие к самостоятельной работе студентов. Сибир.гос. технол. ун-т. Красноярск. 2006. 260 с.	1 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Процессы и аппараты химической технологии. Метод. указания к лабор. практикуму. Ч.1. Лабора-	1 экз.

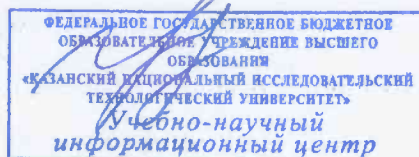
10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «ЮРАЙТ» - <http://www.biblio-online.ru/>
3. ЭБС «Лань» - <http://e.lanbook.com/>
4. ЭБС «IPRbooks» - <http://www.iprbookshop.ru/>

Согласовано:

УНИЦ КНИТУ



10.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

База данных Научной Электронной Библиотеки, по подписке,
<https://www.elibrary.ru>

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом, который прилагается к рабочей программе.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Лекционные занятия:
 - a. комплект электронных презентаций/слайдов,
 - b. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
2. Лабораторные работы
 - a. лаборатория гидравлики, оснащенная необходимым оборудованием,
 - b. лаборатория тепло-массообменных установок, оснащенная необходимым оборудованием,
 - c. шаблоны отчетов по лабораторным работам,
 - d. компьютерный класс.
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.
4. Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий»:
 - a. MS Office
 - b. Аскон Компас 3D v14

13. Образовательные технологии

Весь лекционный курс обеспечен учебными пособиями, раздаточным материалом и комплектом слайдов, что позволяет вести активный диалог со студентами, так как отпадает необходимость записывать лекционный материал. При проведении семинарских занятий организуются дискуссии между студентами, особенно, по наиболее сложным для понимания вопросам. Количество занятий, проводимых в интерактивных формах, в учебном процессе составляет 9 часов.

Интерактивные методы не заменяют лекционные занятия, но способствуют лучшему усвоению лекционного материала и формируют знания, отношения, навыки поведения.

При использовании интерактивных форм обучения преподаватель перестаёт быть центральной фигурой, он лишь регулирует процесс и занимается его общей организацией, готовит заранее необходимые задания и формулирует вопросы или темы для обсуждения в группах, консультирует, контролирует время и порядок выполнения намеченного плана.

Роль преподавателя заключается в следующем: во первых преподаватель способствует личному вкладу студентов и свободному обмену мнениями при подготовке к интерактивному обучению; во вторых - обеспечивает дружескую атмосферу для студентов и проявляет положительную и стимулирующую ответную реакцию; в третьих - облегчает подготовку к занятиям, но не должен сам придумывать аргументы при дискуссиях; в четвертых - провоцирует интерес, затрагивая значимые для студентов проблемы и обеспечивает широкое вовлечение в разговор как можно большего количества студентов; в пятых анализирует и оценивает проведенное занятие, подводит итоги, результаты (для этого надо сопоставить сформулированную в начале занятия цель с полученными результатами, сделать выводы, вынести решения, оценить результаты, выявить их положительные и отрицательные стороны); и в итоге подводит группу к конструктивным выводам, имеющим познавательное и практическое значение.

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