

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
« 34 » 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.17 Процессы и аппараты химической технологии

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(шифр)

(наименование)

Профиль подготовки «Рациональное использование материальных
энергетических ресурсов»

Квалификация выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет ИШБТ, ФПТ

Кафедра-разработчик рабочей программы

«Процессы и аппараты химической технологии»

Курс, семестр 2, 4

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	36	1
Лабораторные занятия	45	1,25
Самостоятельная работа	90	2,5
Форма аттестации	экзамен 45	1,25
Всего	216	6

Казань, 2018 г.

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

№ 227 от 12.03.2015 (номер, дата утверждения)

по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

(шифр)

(наименование)

для профиля: «Рациональное использование материальных энергетических ресурсов» на основании учебного плана набора обучающихся 2016,2017, 2018года.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

доцент

(должность)


(подпись)

Бронская В.В.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПАХТ,

протокол от 31.08.18 № 11

Зав. кафедрой, профессор


(подпись)

Клинов А.В.

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии факультета пищевых технологий

от 17.09.18 № 1

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Сироткин А.С.

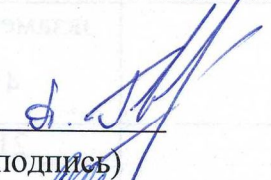
(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДАЮ

Протокол заседания методической комиссии механического факультета

от 17.09.18 № 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 «Процессы и аппараты химической технологии» 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 химической технологии» относится к *базовой* части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки

18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» бакалавр по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) математика,*
- б) информатика,*
- в) физика,*
- г) общая и неорганическая химия,*
- д) физическая химия,*
- е) техническая термодинамика и теплотехника.*

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) общая химическая технология,*
- б) дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии*
- в) моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии, биотехнологии*

з) *Принципы процессов разделения смесей*

д) *оптимизация химико-технологических процессов и систем*

Знания, полученные при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» могут быть использованы при прохождении производственной, преддипломной практик и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки

18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-1 Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции

ПК-5 Готовность обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду

ПК-17 Способность участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных 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) основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз;
г) 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) навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности;
 - в) методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.

4. **Структура и содержание дисциплины** «Процессы и аппараты химической технологии». Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/ п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам)
			Лекция	Семинар- нар- Практи- ческое занятие)	Лабо- ратор- ные работы	СРС	
1	Теоретические основы дисциплины	4	16	-	10	30	защита лабораторных работ
2	Гидромеханические процессы и аппараты химической технологии	4	20	-	35	60	защита лабораторных
			36		45	90	Экзамен (45)

5. **Содержание лекционных занятий по темам.**

№ п/ п	Раздел дисциплины	Ча- сы	Тема лекцион- ного занятия	Краткое содержание	Форми- руемые компе- тенции
	Теорети- ческие ос- новы дис- циплины	16			
		4	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	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		4	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, давления, температуры, концентраций; понятие о пограничных слоях; аналогия процессов переноса	
		4	Законы сохранения.	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	

		4	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 химической технологии	20			ПК-1, ПК-5, ПК-17
		9	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). Решение уравнений движения и неразрывности для стабилизированного течения в цилиндрической трубе при ламинарном и турбулентном режимах, пленочного течения жидкости при ламинарном и турбулентном режимах (поля скорости, потока импульса, давления). Движение пленки жидкости, взаимодействующей с газовым потоком. Физическое моделирование импульсообмена (истечение жидкости из отверстий, обтекание твердых тел, образование и движение газовых пузырей и капель, массовый барботаж, движение через слои зернистых материалов и насадок, псевдосжиженные слои, пневмо- и гидротранспорт). Расчет гидравлического сопротивления аппаратов и оптимизация движения в них. Движение неньютоновских жидкостей	
		6	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. Классификация компрессорных машин и их основные характеристики. Термодинамические основы процесса сжатия.	
		3	Разделение неоднородных систем.	. Неоднородные системы и методы их разделения. Отстаивание, конструкции отстойников, схема их расчета. Осаждение под действием центробежных сил. Циклоны, их конструкции и расчет. Осадительные центрифуги, их конструкции и расчет. Фильтрация суспензий: конструкции фильтров, фильтрующих центрифуг. Уравнения фильтрации.	

				Расчет аппаратов для фильтрования. Очистка газов фильтрованием. Мокрая очистка газов, конструкции скрубберов. Очистка газов в электрическом поле, конструкции и расчет электроосодителей. Выбор аппаратов для разделения неоднородных систем	
		2	Перемешивание в жидких средах.	Суть, цели, эффективность и интенсивность перемешивания. Механическое перемешивание. Классификация и конструкции мешалок. Характер движения жидкости в аппаратах с мешалками. Физическое моделирование аппаратов с мешалками. Определение мощности мешалки. Расчет мешалок. Пневматическое перемешивание. Другие способы перемешивания: в трубопроводах, с помощью смесителей, циркуляционное	

6. Содержание семинарских, 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	10			
		4	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.	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		6	Изучение структуры потоков в аппаратах и ее влияния на процесс теплопередачи	Получить кривые отклика, найти функцию распределения времени пребывания элементов потока, определить параметры диффузионной и ячеечной моделей, проверить адекватность моделей для каждого эксперимента	ПК-1, ПК-5, ПК-17
	Гидромеханические процессы и аппараты химической технологии	35			
		2	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.	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		2	Экспериментальная	Физический смысл уравнения Бер-	ПК-1,

			демонстрация уравнения Бернулли	нулли. Определение потерь напора в трубопроводе переменного сечения. Ознакомление со способами измерения средней и локальной скоростей движения жидкости.	ПК-5, ПК-17
		4	Измерение расхода воды с помощью диафрагмы	Ознакомление с устройством и принципом измерения расхода с помощью диафрагмы. Измерение 5-6 значений расхода при различных положениях регулирующей задвижки. Сравнение полученных значений расхода с контрольными, измеренными по показаниям объемного крыльчатого водомера и секундомера. Построение тарировочного графика по опытным данным.	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		4	Определение потерь напора в запорных устройствах	Ознакомление с одним из видов местных сопротивлений – запорными устройствами (вентилем, задвижкой и краном). Экспериментальное определение потерь давления в полностью открытом вентиле и наполовину открытой задвижке ($h/D = 0,5$) при различных скоростях движения жидкости и сравнение этих потерь с расчетными или обратная задача: по найденному из опыта коэффициенту местного сопротивления задвижки найти степень ее открытия.	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		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.	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		4	Определение скорости расхода воды при истечении через отверстия и цилиндрический насадок	Ознакомление с конструкцией отверстий в «тонкой стенке», насадков и особенностями истечения из них; определение по напору H скоростей истечения воды $\bar{w}$ через различные отверстия и цилиндрический насадок, определение расхода воды $\dot{V}$ при истечении через различные отверстия и цилиндрический насадок, сравнение полученных величин с опытным значением, измеренным объемным методом; расчет времени истечения воды t через отверстие в «тонкой стенке» или цилиндрический насадок при переменном напоре и сравнение расчетного значения с опытным, измеренным с помо-	ПК-1, ПК-5, ПК-17

				щью секундомера.	
		3	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.	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		3	Изучение гидравлики зернистого слоя	Изучение зависимости сопротивления слоя зернистого материала от скорости воздуха. Сравнение расчетных и экспериментальных значений критической скорости и сопротивления, а также порозности взвешенного слоя	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		6	Расчет работы центробежного насоса на сеть	Определение потребного напора, нахождение рабочей точки насоса, проверка бескавитационной работы	ПК-1, ПК-5, ПК-17
		3	Расчет циклона	Определение диаметра аппарата, нахождение фактора разделения	ПК-1, ПК-5, ПК-17

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

87. *Самостоятельная работа бакалавра/магистранта/аспиранта*

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Теоретические основы дисциплины	30	<i>подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета</i>	ПК-1, ПК-5, ПК-17
2	Гидромеханические процессы и аппараты химической технологии	60	<i>подготовка к лабораторным работам, обработка результатов, оформление отчета</i>	ПК-1, ПК-5, ПК-17

9. *Использование рейтинговой системы оценки знаний.*

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» используется рейтинговая система, соответствующая «Положению о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов

и обеспечения качества учебного процесса» (Утверждено решением УМК Ученого совета ФГБОУ ВО «КНИТУ», протокол №7 от 4 сентября 2017 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 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: $R^{тек} = 12 \cdot (\sum_{i=1}^n a_i B_i)$, 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.

Таким образом, для допуска к экзамену текущий рейтинг студента должен составить от 36 до 60 баллов.

При положительной сдаче экзамена студент может набрать $R^э$ от 24 до 40 баллов.

При этом каждый вопрос экзамена также оценивается пятибалльной шкале. Балл вопроса учитывается при расчете $R^э$, если он ≥ 3 . $R^э = 8(\sum_{i=1}^B B_i^э) / B$, где $B_i^э$ - балл за соответствующий экзаменационный вопрос, B – количество вопросов в билете. При защите проекта $R^э$ определяется комиссией.

Рейтинг по дисциплине $R^{дис}$ находится суммированием баллов текущего $R^{тек}$ и экзаменационного $R^э$ рейтингов. 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>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>36</i>	<i>60</i>
<i>Экзамен</i>	<i>24</i>	<i>40</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 химической технологии» 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.	236 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.	1538 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.	99 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Ченцова Л.И., Шайхутдинова, М.К., Ушанова, В.М. Процессы и аппараты химической технологии. Учебное пособие к самостоятельной работе сту-	1 экз. в УНИЦ КНИТУ

тов. Сибир.гос. технол. ун-т. Красноярск. 2006. 260 с.	
3. Процессы и аппараты химической технологии. Метод. указания к лабор. практикуму. Ч.1. Лабораторные работы. Казань. 2005. 56 с.	1 экз.

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/>
2. ЭБС «ЮРАЙТ» - <http://www/biblio-online.ru/>
3. ЭБС «Рукоонт» - <http://rucont.ru/>
4. ЭБС «Лань» - <http://e.lanbook.com/>
5. ЭБС «КнигаФонд» - <http://www.knigafund.ru/>
6. ЭБС «IPRbooks» - <http://www.iprbookshop.ru/>

Согласовано:

Зав.сектором ОКУФ



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.

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. Таким образом, удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, в учебном процессе составляет 30 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 подго-

товку 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.