

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Цифровая энергетика»



УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
/Г.Р. Змызгова/  
«20» 09 2022 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**Основы трансформации теплоты**

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность

**Энергообеспечение предприятий**

Формы обучения: очная, заочная.

Курган 2022

Рабочая программа дисциплины «Основы трансформации теплоты» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Теплоэнергетика и теплотехника (энергообеспечение предприятий) утвержденными:

- для очной формы обучения «30» августа 2022года.
- для заочной формы обучения «30» августа 2022года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Энергетика и технология металлов» «30» сентября 2022года, протокол №2.

Рабочую программу составил  
Доцент

 - В.А. Савельев

Согласовано:


Заведующий кафедрой  
«Цифровая энергетика»

 В.И. Мошкин

Начальник управления  
Образовательной деятельности

 И.В. Григоренко

Специалист по учебно – методической работе  
учебно – методического отдела

 Г.В. Казанкова

## 1 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 3 зачетных единицы трудоемкости (108 академических часов)

Вид учебной работы	очная форма обуче- ния	заочная форма обуче- ния
	семестр	
	4	5
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>32</b>	<b>6</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	24	4
Лабораторные работы	8	2
Практические работы	-	-
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>76</b>	<b>102</b>
<b>в том числе:</b>		
Подготовка контрольной работы	-	18
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	58	66
<b>Подготовка к зачету</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>108</b>	<b>108</b>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Основы трансформации теплоты» относится к обязательной части блока 1.

Изучение дисциплины базируется на основных разделах дисциплин профессионального цикла бакалаврского плана подготовки:

- Техническая термодинамика.
- Теплообмен.
- Газодинамика.

Изучение указанной дисциплины необходимо для получения знаний, умения и навыков в последующих дисциплинах профессионального цикла.

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Цель освоения учебной дисциплины «Основы трансформации теплоты» заключается в формировании знаний по основам теории трансформации теплоты, принципам работы и устройством промышленных холодильных машин и тепловых насосов.

В задачи изучения дисциплины входят:

- ознакомление студентов с теоретическими основами трансформации теплоты.
- изучение технологий и оборудования трансформации теплоты;
- получение навыков использования основных законов естествознания для теоретического и экспериментального исследования, анализа и моделирования процессов трансформации теплоты.

Компетенции, формируемые у учащихся в результате изучения дисциплины:

- Способность демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах (ОПК-3).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- Знать термодинамические и теплотехнические основы трансформации теплоты; принципы работы и устройство промышленных холодильных машин и тепловых насосов (ОПК-3).
- Уметь проводить тепловые расчеты, оценивать энергетическую эффективность промышленных холодильных установок и тепловых насосов (ОПК-3).



- Владеть методиками проведения и обработки результатов теоретического и экспериментальных исследований; навыками использования источников информации для планирования, анализа и моделирования исследований в области трансформации теплоты (ОПК-3).

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Учебно-тематический план

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем			
		Лекции		Лабораторные работы	
		очное	заочное	очное	заочное
1	Термодинамические основы трансформации теплоты.	3	-	-	-
2	Парожидкостные холодильные и теплонаносные установки.	3	2	4	2
3	Хладагенты и хладоносители	2	2	4	-
4	Абсорбционные трансформаторы тепла.	2	-	-	-
	Рубежный контроль №1	2	-	-	-
5	Газовые компрессионные трансформаторы тепла.	3	-	-	-
6	Струйные трансформаторы тепла.	3	-	-	-
7	Сжижение и замораживание газов.	2	-	-	-
8	Термоэлектрические трансформаторы теплоты	2	-	-	-
	Рубежный контроль №1	2	-	-	-
	<b>Всего:</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>2</b>

### 4.2. Содержание лекционных занятий.

#### Раздел 1. Термодинамические основы трансформации теплоты.

Назначение, область использования, классификация трансформаторов тепла. Циклические, квазициклические и нециклические процессы в трансформаторах тепла. Каскадные и регенеративные трансформаторы тепла. Эксергетический метод анализа систем трансформации тепла. Определение значения эксергии. Основные термодинамические зависимости.

#### Раздел 2. Парожидкостные холодильные и теплонаносные установки.

Принцип работы парокompрессионных трансформаторов теплоты. Схема и цикл простейшей парокompрессионной холодильной машины (ПКХМ). Термодинамический анализ циклов. Принципы расчёта теоретического цикла ПКХМ. Схемы и циклы двухступенчатых и каскадных холодильных машин. Термодинамический анализ. Области применения. Парокompрессионные тепловые насосы. Удельные энергозатраты и КПД компрессионных трансформаторов тепла.

### **Раздел 3. Хладагенты и хладоносители .**

Требования, предъявляемые к хладагентам (термодинамические и теплофизические свойства, гидродинамические свойства, способность растворять воду и смазочное масло, коррозионная активность, взрыво- пожаробезопасность, неядовитость). Основные рабочие тела и хладагенты – аммиак, фреоны и др. Характеристика, свойства и область применения. Системы охлаждения: прямая и промежуточная – достоинства и недостатки. Хладоносители – назначение, виды, свойства, области применения.

### **Раздел 4. Абсорбционные трансформаторы тепла.**

Принцип действия, схемы и процесс работы абсорбционных трансформаторов тепла. Методика расчета одноступенчатых абсорбционных трансформаторов тепла. Зависимость удельного расхода энергии в абсорбционных установках от параметров генерации, испарения и охлаждения. Абсорбционные трансформаторы тепла двухступенчатые и периодического действия. Абсорбционно- диффузионные холодильные установки. Энергетическое сравнение абсорбционных и компрессионных холодильных установок.

### **Раздел 5. Газовые компрессионные трансформаторы тепла.**

Особенности процессов в газовых трансформаторах тепла. Идеальные газовые циклы со стационарными процессами. Газовые циклы и установки с нестационарными процессами.

### **Раздел 6. Струйные трансформаторы тепла.**

Типы струйных трансформаторов тепла. Принципиальная схема и КПД струйного компрессора. Определение коэффициента инжекции и давления сжатия струйного компрессора. Зависимость достижимых параметров от температур и критических скоростей взаимодействующих потоков. Характеристики струйного компрессора. Принципиальная схема и КПД парожетторных холодильных установок, работа в нерасчетных условиях. Принципиальная схема вихревой трубы и процесс ее работы.

### **Раздел 7. Сжижение и замораживание газов.**

Особенности системы сжижения, замораживания и низкотемпературного разделения. Идеальные процессы сжижения и замораживания (конденсирования) газов. Технические процессы сжижения и замораживания газов. Свойства газовых смесей и характеристика методов их разделения. Идеаль-



ные процессы разделения газовых смесей. Технические процессы низкотемпературного разделения газовых смесей.

#### **Раздел 8. Термоэлектрические трансформаторы теплоты.**

Особенности и классификация электрических и магнитных трансформаторов тепла. Физические основы работы термоэлектрических и термомагнитных трансформаторов тепла. Термоэлектрические и термомагнитоэлектрические трансформаторы тепла. Термодинамические основы получения низких температур магнитокалорическим и электрокалорическим методами. Магнитокалорические и электрокалорические трансформаторы тепла.

#### **4.4. Лабораторные занятия**

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			очная форма обучения	заочная форма обучения
2	Парожидкостные холодильные и теплонасосные установки.	Определение холодильного коэффициента компрессионной холодильной установки.	4	2
3	Хладагенты и хладоносители	Изучение свойств хладагентов.	4	-
<b>Всего:</b>			<b>8</b>	<b>2</b>

#### **4.4. Контрольная работа**

(для обучающихся заочной формы обучения)

Контрольная работа включает решение задач по расчету параметров холодильной установки с различными хладагентами.

### **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей лабораторной работы.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы, приветствуется групповой метод выполнения лабораторных работ и защиты отчетов по лабораторным работам.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лабораторным занятиям, выполнение контрольной работы (для заочной формы обучения), подготовку к рубежному контролю (для очной формы обучения) и зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

#### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	очная форма обучения	заочная форма обучения
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>52</b>	<b>64</b>
Термодинамические основы трансформации теплоты.	8	8
Парожидкостные холодильные и теплонаносные установки.	8	8
Хладагенты и хладоносители.	6	8
Абсорбционные трансформаторы тепла.	6	8
Газовые компрессионные трансформаторы тепла.	6	8
Струйные трансформаторы тепла.	6	8
Сжижение и замораживание газов.	6	8
Термоэлектрические трансформаторы теплоты.	6	8
<b>Подготовка к рубежному контролю (по 1 часу на каждое занятие)</b>	<b>2</b>	<b>-</b>
<b>Подготовка к лабораторным занятиям (по 2 часа на каждое занятие)</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>Выполнение контрольной работы</b>	<b>-</b>	<b>18</b>
<b>Подготовка к зачету</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
<b>Всего:</b>	<b>76</b>	<b>102</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы обучения)



2. Контрольная работа (для заочной формы обучения)
3. Отчеты студентов по лабораторным работам.
4. Банк тестовых заданий к рубежным контролям № 1, 2 (для очной формы обучения)
5. Банк вопросов к зачету.

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

№	Наименование	Содержание					
<b>Очная форма обучения</b>							
1	Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)	Распределение баллов за 4 семестр					
		Вид учебной работы:	Посещение лекций	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Зачет
		Балльная оценка:	До 10	16	До 22	До 22	До 30
	Примечания:	10 лекций по 1 балла	До 8-х баллов за 4-х часовую лабораторную работу (2л.р. 4-х часовых,	На 6-й лекции	На 12-й лекции		
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – неудовлетворительно, незачет; 61...73 – удовлетворительно, зачтено; 74... 90 – хорошо; 91...100 – отлично					

3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации по дисциплине за семестр обучающийся должен набрать по итогам текущего и рубежного контролей не менее 51 балла. В случае если обучающийся набрал менее 51 балла, то к аттестационным испытаниям он не допускается.</p> <p>Для получения зачета без проведения процедуры промежуточной аттестации обучающемуся необходимо набрать в ходе текущего и рубежных контролей не менее 61 балла. В этом случае итог балльной оценки, получаемой обучающимся, определяется по количеству баллов, набранных им в ходе текущего и рубежных контролей. При этом, на усмотрение преподавателя, балльная оценка обучающегося может быть повышена за счет получения дополнительных баллов за академическую активность.</p> <p>Обучающийся, имеющий право на получение оценки без проведения процедуры промежуточной аттестации, может повысить ее путем сдачи аттестационного испытания. В случае получения обучающимся на аттестационном испытании 0 баллов итог балльной оценки по дисциплине не снижается.</p> <p>За академическую активность в ходе освоения дисциплины, участие в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности обучающемуся могут быть начислены дополнительные баллы. Максимальное количество дополнительных баллов за академическую активность составляет 30.</p> <p>Основанием для получения дополнительных баллов являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение дополнительных заданий по дисциплине (модулю, практике); дополнительные баллы начисляются преподавателем;</li> <li>- участие в течение семестра в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности КГУ.</li> </ul>
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) обучающихся для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации (зачету) набрана сумма менее 51 балла, обучающемуся необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра.</p> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

## 6.2. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежные контроли проводятся в форме письменного тестирования.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей № 1 и № 2 состоят из 11 вопросов. Каждый вопрос оценивается в 2 балла. На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Зачет состоит из ответов на 2 вопроса из перечня вопросов к зачету. Время, отводимое на ответ составляет 0,5 академического часа.



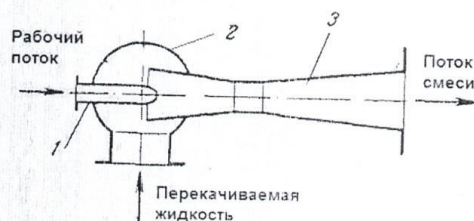
Результаты зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института после сдачи зачета, а также выставляются в зачетную книжку студента.

### **6.3. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и зачету**

#### **6.3.1. Вопросы к зачету**

1. Классификация теплотрансформаторов по положению температурных уровней: холодильные машины, тепловые насосы, комбинированные установки. Назначение, область применения.
2. Классификация теплотрансформаторов по принципу работы и фазовому состоянию рабочего тела (хладагента). Термодинамическая и энергетическая эффективность. Области применения.
3. Анализ термодинамических циклов теплотрансформаторов. Принципы трансформации теплоты.
4. Простейшая парокомпрессионная холодильная машина. Схема, принцип работы. Термодинамические циклы. Термодинамическая и энергетическая эффективность.
5. Парокомпрессионная холодильная машина с переохладителем конденсата. Схема, принцип работы. Термодинамические циклы. Термодинамическая и энергетическая эффективность.
6. Построение цикла работы парокомпрессионной холодильной машины в  $lgP, i$  диаграмме по исходным данным для проектирования, расчёт цикла.
7. Двухступенчатые холодильные машины.
8. Каскадные холодильные машины.
9. Требования предъявляемые к холодильным агентам. Свойства аммиака и фреонов.
10. Системы охлаждения – прямая и промежуточная. Достоинства, недостатки.
11. Хладоносители. Свойства. Область применения.
12. Компрессоры. Общие понятия. Классификация.
13. Прямоточный поршневой компрессор, конструктивная схема.
14. Непрямоточный поршневой компрессор – конструктивная схема.
15. Степень герметичности компрессоров. Маркировка серийных компрессоров.
16. Ротационные компрессоры. Принцип действия, область применения.
17. Винтовые компрессоры. Принцип действия, область применения.
18. Турбокомпрессоры. Принцип действия, область применения.
19. Кожухотрубные конденсаторы. Конструкции. Достоинства и недостатки.

- 20.Испарительные и воздушные конденсаторы. Область применения.
- 21.Промежуточные испарители. Конструкции. Достоинства и недостатки.
- 22.Камерное оборудование.
- 23.Вспомогательное оборудование. Отделители жидкости, маслоотделители, ресиверы.
- 24.Устройства для охлаждения оборотной воды: градирни, брызгальные бассейны.
- 25.Абсорбционная холодильная машина. Схема, принцип работы, область применения.
- 26.Пароэжекторная холодильная машина. Схема, принцип работы, область применения.
- 27.Воздушная холодильная машина. Схема, принцип работы, область применения.
- 28.Расширительные машины. Турбодетандеры. Вихревые трубы.



#### 6.4. Фонд оценочных средств

Полный банк заданий для промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приводятся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

### 7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА

#### 7.1. Основная учебная литература

- 1.Луканин П.В. Технологические энергоносители предприятий (Низкотемпературные энергоносители): Учебное пособие / ГОУ ВПО СПбГТУ. СПб., 2009. 116 с. [https://www.yandex.ru/search/?lr=53&text=tep\\_lukanin](https://www.yandex.ru/search/?lr=53&text=tep_lukanin). Дата обращения 23.08. 2017 г.
2. Соколов Е.Я., Бродянский В.М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения. Учеб. пособие для вузов. — 2-е изд., перераб. — М.: Энергоиздат, 1981. — 320 с. Studmed.ru\_sokolov-eya-brodyanskiy-vm-energeticheskie-osnovy-transformacii-tepla-i-processov-ohlazhdeniya\_71bf2e37ba6. Дата обращения 20.10.2017 г.

#### 7.2. Дополнительная учебная литература



1. Установки для трансформации тепла и охлаждения. Сборник задач: Учебное пособие / Мартынов А.В. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 200с.. Studmed.ru\_sokolov-eya-brodyanskiy-vm-energeticheskie-osnovy-transformacii-tepla-i-processov-ohlazhdeniya\_71bf2e37ba6. Доступ из ЭБС «Studmed.ru».

2. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). Доступ из ЭБС «znanium.com» .

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Савельев В.А. Определение показателей холодильных установок: методические указания к самостоятельной работе по дисциплине: «Основы трансформации теплоты» - Курган, 2017. – 19 с.

2. Савельев В.А. Определение холодильного коэффициента компрессионной холодильной установки. Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Основы трансформации теплоты» - Курган, 2017. – 10 с.

## **9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. dist.kgsu.ru - Система поддержки учебного процесса КГУ;

2. www.mylect.ru - Лекции онлайн по дисциплине гидрогазодинамика и теплообмен.

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций.

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Компьютерный класс Г-204, лаборатории гидравлики, гидропневмопривода и гидроавтоматики, теплотехники, мультимедийное оборудование (переносной персональный компьютер, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

## **12. Для студентов, обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий**

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п. 6.2 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до сведения обучающихся.



Аннотация к рабочей программе дисциплины

«Основы трансформации теплоты»  
образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата  
13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника  
Направленность  
Электроснабжение

Трудоемкость дисциплины: 3 ЗЕ (108 академических часа)

4 семестр (очная форма обучения)

5 семестр (заочная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: **Зачет.**

Содержание дисциплины

Дисциплина «Основы трансформации теплоты» знакомит студентов – теплоэнергетиков с технологиями и оборудованием отвода теплоты от теплоносителей с низким температурным потенциалом и передачи её теплоносителям с более высокой температурой; формирует навыки термодинамических и эксергетических расчетов основ теории трансформации тепла для различных холодильных установок компрессионного, абсорбционного, струйного типа.