

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Химической технологии им. Н.И. Ярополова (136)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №5 от 12 февраля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

Направление: 18.03.01 Химическая технология

Технология малотоннажных и среднетоннажных химических производств

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Чайка Анна Анатольевна
Дата подписания: 14.07.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Боженков Георгий
Викторович
Дата подписания: 03.08.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Чайка Анна
Анатольевна
Дата подписания: 14.07.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Эксергетический анализ химико-технологических процессов» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Способен к осуществлению проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований, разработке и оптимизации технологий производства продуктов малотоннажной и среднетоннажной химии, полимерных и композиционных материалов	ПКС-1.6

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.6	Оптимизирует технологическую схему производства с учетом требований энергоэффективности	Знать Методы и критерии оптимизации технологических схем химических производств, включая показатели энергоэффективности; основы материального, теплового и эксергетического анализа; ключевые энергетические и технологические показатели процесса; источники энергетических потерь; влияние технологических параметров и выбора оборудования на энергопотребление; принципы рекуперации и утилизации тепловой энергии; производственные, экономические, экологические и нормативные ограничения при оптимизации технологических процессов. Уметь Анализировать технологическую схему и выявлять основные источники энергетических потерь; составлять материальные и энергетические балансы; определять ключевые показатели энергоэффективности; проводить эксергетический анализ технологической схемы; оценивать влияние технологических параметров и оборудования на энергопотребление; предлагать энергосберегающие мероприятия и

		подтверждать их эффективность расчётами; сравнивать варианты технологических решений с учётом технических, энергетических и экономических ограничений. Владеть Методами анализа и оптимизации технологических схем; навыками расчёта материальных, тепловых и эксергетических балансов; методами оценки энергетической эффективности технологических процессов и оборудования; навыками выявления энергетических потерь и резервов энергосбережения; приёмами разработки и обоснования мероприятий по снижению энергопотребления и повышению эффективности производства.
--	--	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Эксергетический анализ химико-технологических процессов» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Основы проектной деятельности», «Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика», «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	60	60
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение	1	2							Тест
2	Основы технической термодинамики	2	8			1, 2	4	1, 2, 3	14	Отчет
3	Процессы сжатия газов и паров	3	4			3	2	1, 2, 3	14	Отчет
4	Циклические процессы	4	8			4	2	1, 2, 3	16	Отчет
5	Энерготехнология химико- технологических систем (ХТС)	5	10			5, 6, 7, 8	8	1, 2, 3	16	Отчет
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32				16		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение	Предмет технической термодинамики, место дисциплины в общей системе наук и в системе подготовки инженеров. Основные понятия и определения
2	Основы технической термодинамики	Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Термодинамические процессы. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.
3	Процессы сжатия газов и паров	Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Поршневые компрессоры, вентиляторы и турбокомпрессоры
4	Циклические процессы	Циклы газотурбинных установок (ГТУ) и двигателей внутреннего сгорания. Циклы холодильных машин
5	Энерготехнология химико-технологических систем (ХТС)	Общие сведения об энерготехнологии. Источники генерирования теплоты. Вторичные энергоресурсы (ВЭР) химических производств.

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Уравнение связи основных параметров состояния термодинамической системы. Основные параметры смеси идеальных газов (массовая и объемная доля, теплоемкость).	2
2	Теплота и работа как формы передачи энергии в изохорном, изобарном, изотермическом, адиабатном процессе.	2
3	Расчёт мощности поршневых компрессоров	2
4	Эксергетический анализ работы компрессоров, турбин и процесса дросселирования	2
5	Определение максимального и оптимального КПД цикла газотурбинной установки энтропийным методом	2
6	Эксергетический анализ циклов газотурбинных установок	2
7	Расчет горения топлива	2
8	Расчет химической эксергии газообразного топлива и топочных газов	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к сдаче и защите отчетов	8
2	Проработка разделов теоретического материала	20
3	Расчетно-графические и аналогичные работы	32

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Бассейн (swimming pool) — метод, при котором обучающиеся проходят несколько интенсивных буткемпов с целью получения новых знаний для выполнения практических заданий. Дискуссия (discussion) — разностороннее групповое обсуждение спорного вопроса, нацеленное на получение решения, устраивающего всех участников группы. Интерактивная (проблемная) лекция (interactive lecture) — выступление преподавателя перед большой аудиторией, включающее дискуссии, использование презентаций или видеоматериалов, мозговой штурм, мотивационную речь. Мастер-класс (master class) — способ передачи новых идей и концепций. На мастерклассе должны быть продемонстрированы оригинальные теории, методики, технологии. Он может включать также практические задания для закрепления полученных знаний и навыков. Просмотр и обсуждение учебных видеофильмов (film-based learning) — осуществляется для размышления над проблемными вопросами, которые озвучиваются перед началом фильма. Публичная презентация (public presentation) — представление обучающих материалов в структурированном, графическом и простом для усвоения виде. Презентация может служить дополнительной иллюстрацией учебного материала и отображать его ключевые моменты. Работа в малых группах (small group workshop) — деление коллектива на малые группы для обсуждения определенных вопросов и разработки решений учебной проблемы. Этот метод позволяет вовлекать в работу всех

учащихся, тренирует навыки сотрудничества и межличностного общения. «Дерево решений» (decision tree) — выбор оптимального решения проблемы путем построения «дерева решений» и оценки преимуществ и недостатков возможных вариантов. Преподаватель, применяющий интерактивные методы, выступает в качестве помощника и координатора процесса, передавая активную функцию обучения студентам. Он же регулирует процесс через подготовку специальных заданий, проведение консультаций, обеспечение технологической базы, оценку работ и предоставление обратной связи. Слушатели в процессе интерактивного обучения общаются и самостоятельно решают проблемы, обмениваются информацией, дают оценку результатам своей работы и работы других учащихся.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Чайка, А. А. Эксергетический анализ химико-технологических процессов : электронный учебный курс / А. А. Чайка // Электронная образовательная система Moodle ИРНИТУ. — URL: [<https://el.istu.edu/course/view.php?id=11297>](https://el.istu.edu/course/view.php?id=11297&utm_source=chatgpt.com) (дата обращения: 02.02.2026). — Режим доступа: для авторизованных пользователей.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Чайка, А. А. Эксергетический анализ химико-технологических процессов : электронный учебный курс / А. А. Чайка // Электронная образовательная система Moodle ИРНИТУ. — URL: [<https://el.istu.edu/course/view.php?id=11297>](https://el.istu.edu/course/view.php?id=11297&utm_source=chatgpt.com) (дата обращения: 02.02.2026). — Режим доступа: для авторизованных пользователей.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 3 | Отчет

Описание процедуры.

Текущий контроль для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью осуществляется при защите отчетов по практической и самостоятельной работе студента. Требования к отчетным материалам по практической и самостоятельной работе студента. Отчетные материалы оформляются на отдельных листах и должны включать:

1. Титульный лист (указать наименование дисциплины, наименование и номер практической работы, фамилию и инициалы студента, вариант работы (две последние цифры номера зачётной книжки), фамилию и инициалы преподавателя).
2. Условие задачи и исходные данные;
3. Решение задачи: необходимо сопровождать кратким пояснительным текстом с обоснованием выбора расчетных уравнений, для используемых формул дать расшифровку буквенных обозначений в той последовательности, как они приведены в уравнении вычисления производить в единицах СИ, после числового значения результата расчета

обязательно проставлять обозначение единицы величины, при записи результатов расчета использовать правила округления чисел.

Защита отчета по практической и/или самостоятельной работе

Проводится в форме устного вопроса с использованием вопросов для текущего контроля.

Критерии оценивания.

«отлично» за защиту отчета ставится студенту, обнаружившему всестороннее, систематическое и достаточно глубокое знание материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, а также оформившему отчет в соответствии с требованиями.

«хорошо» за защиту отчета ставится студенту, обнаружившему достаточно полное знание материала, успешно выполняющему предусмотренные программой задания, а также оформившему отчет в соответствии с требованиями.

«удовлетворительно» за защиту отчета ставится студенту, обнаружившему знание основного материала, в целом справляющемуся с выполнением заданий, предусмотренных программой, а также оформившему отчет в соответствии с требованиями.

«неудовлетворительно» ставится студенту, обнаружившему существенные пробелы в знании основного материала и/или допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и/или оформлении отчета не соответствующего требованиям.

6.1.2 семестр 3 | Тест

Описание процедуры.

По окончании вводной лекции демонстрируются слайды с вопросами. Каждый вопрос демонстрируется в течение 1-2 минут. За это время обучающийся должен проставить номер вопроса и вариант ответа на листе бумаги, где также указывает свою фамилию и группу.

Критерии оценивания.

Верный ответ на каждый вопрос оценивается в 1 балл. Неверный ответ – 0 баллов. Всего можно получить – 10 баллов.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПКС-1.6	Методами анализа и оптимизации технологических схем; навыками расчёта материальных, тепловых и эксергетических балансов; методами оценки энергетической эффективности	Зачет

	технологических процессов и оборудования; навыками выявления энергетических потерь и резервов энергосбережения; приёмами разработки и обоснования мероприятий по снижению энергопотребления и повышению эффективности производства.	
--	---	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Итоговая оценка по дисциплине формируется с использованием балльно-рейтинговой системы. Рейтинг по дисциплине определяется как средневзвешенный по суммарному текущему и зачетному рейтингам при коэффициенте весомости текущей аттестации в семестре 0,6 и зачета 0,4. Максимальная оценка при выполнении задания на зачете – 15 баллов. Максимальный суммарный текущий рейтинг – 100 баллов. Максимальная средневзвешенная оценка – 49 баллов.

Пример задания:

Билет для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Энерготехнология химических производств»

1. Опишите принципы работы газотурбинной установки (ГТУ) со сжиганием топлива при постоянном давлении с помощью принципиальной схемы и диаграмм в координатах P-V и T-S.

(5 баллов)

2. Решите задачу, используя уравнения термического к.п.д., внутреннего относительного к.п.д. и эффективного к.п.д. газотурбинных установок.

(5 баллов)

Определить термический и внутренний абсолютный КПД простого разомкнутого цикла ГТУ с подводом теплоты при $p = \text{const}$, для которого заданы: давление и температура воздуха перед компрессором $p_1 = 1$ бар, $t_1 = 20$ °C, температура газов на выходе из камеры сгорания $t_3 = 1000$ °C, степень повышения давления воздуха в компрессоре $\pi = 9$, коэффициент адиабатного сжатия в компрессоре $\kappa = 0,85$ и внутренний относительный КПД газовой турбины $\eta_{\text{гт}} = 0,9$. Рабочее тело обладает свойствами идеального воздуха с постоянными изобарными и изохорными теплоемкостями.

3. Сравните циклы ГТУ при различных степенях повышения давлений и одинаковых максимальных температурах. Какой из них имеет наибольший к.п.д. ?. Предложите и обоснуйте методы повышения термического к.п.д. идеального цикла газотурбинной установки.

(5 баллов)

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
---------	------------

7 Основная учебная литература

1. Чухин, И. М. Сборник задач по технической термодинамике : учебное пособие / И. М. Чухин. — 2-е перераб. и доп. — Иваново : ИГЭУ, 2018. — 248 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/154598> (дата обращения: 25.06.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

[Сайт] – URL: <https://reader.lanbook.com/book/154598>

2. Захарьева Н. Г. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие / Н. Г. Захарьева, В. А. Начигин, 2013. - 171.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-21710.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Теплотехника : учеб. для техн. специальностей вузов / [В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Камфер и др.], 2002. - 671.

2. Теплотехника : учеб. для мех. специальностей вузов / Баскаков А. П. [и др.]; под ред. А. П. Баскакова, 1982. - 264.

3. Чечеткин Александр Васильевич. Теплотехника : учеб. для хим.-технол. спец. вузов / Александр Васильевич Чечеткин, Нина Аркадьевна Занемонец, 1986. - 343.

4. Теоретические основы теплотехники. Промышленная теплотехника. Т. 1. Повышение эффективности использования газообразного и жидкого топлива / Э.И. Розенфельд, 1986. - 126.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Лицензионное программное обеспечение Системное программное обеспечение
2. Лицензионное программное обеспечение Пакет прикладных офисных программ
3. Лицензионное программное обеспечение Интернет-браузер

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных/практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: комплект учебной мебели, рабочее место преподавателя, доска. Мультимедийное оборудование (в том числе переносное): мультимедийный проектор, экран, акустическая система, компьютер с выходом в интернет.